

**SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE FOTOGRAMETRÍA CON
WINGTRAONE DRONE Y ACOMPAÑAMIENTO A CAMPO PARA ESTUDIO DE
SUELOS**

PRESENTADO POR

BRAYAN YESID PINEDA MORENO

ID: 000324394

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2021

**SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE FOTOGRAMETRÍA CON
WINGTRAONE DRONE Y ACOMPAÑAMIENTO A CAMPO PARA ESTUDIO DE
SUELOS**

BRAYAN YESID PINEDA MORENO

ID: 000324394

DIRECTOR ACADÉMICO

SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS

Ingeniero Civil

DIRECTOR EMPRESARIAL

FABIAN ANDRES GELVIS MEDINA

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2021

Nota de aceptación:

Firma presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, enero del 202

DEDICATORIA

Es un maravilloso placer el poder culminar, satisfactoriamente esta etapa dentro de mi carrera como estudiante, por ello quiero agradecer principalmente a Dios; que es el que me impulsa a buscar y lograr mis sueños.

Igualmente, quiero agradecer a mi familia, en especial a mis padres y hermana, quienes fueron mi guía, apoyo incondicional y me acompañaron en este hermoso proceso educativo, a ellos le debo este reconocimiento de educación superior como profesional y mi formación como persona.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1.	OBJETIVO GENERAL	15
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	16
3.1.	GENERALIDADES.....	16
3.4.	SERVICIOS PRESTADOS POR LA EMPRESA SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S	17
3.5.	TEMAS ESPECIALIZADOS	17
3.6.	LOGO CORPORATIVO	18
3.7.	UBICACIÓN DE SEDE ADMINISTRATIVA.....	18
4.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS.....	19
4.1.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO FINCA LOS LEONES	19
4.2.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PTAR-BARRANCABERMEJA.....	21
4.3.	ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA FAMILIAR DE DOS PISOS TIPO CAMPESTRE, EN LA FINCA VILLA LUPITA DEL MUNICIPIO LEBRIJA, SANTANDER.....	22
4.4.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO SAHAGUN-CORDOBA.....	23
4.5.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO APARTADÓ-ANTIOQUIA	24
4.6.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PARA VÍA ANILLO VIAL – ZAPATOCA	26
4.7.	CONTROL DE DENSIDADES DE CAMPO EN ALTOS DEL BOSQUE, PIEDECUESTA	27
5.	DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	28

5.1.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO FINCA LOS LEONES	28
5.2.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PTAR-BARRANCABERMEJA.....	39
5.3.	ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA FAMILIAR DE DOS PISOS TIPO CAMPESTRE, EN LA FINCA VILLA LUPITA DEL MUNICIPIO LEBRIJA, SANTANDER.....	47
5.4.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO SAHAGUN-CORDOBA.....	57
5.5.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO APARTADÓ-ANTIOQUIA	65
5.6.	LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PARA VÍA ANILLO VIAL – ZAPATOCA	72
5.7.	CONTROL DE DENSIDADES DE CAMPO EN ALTOS DEL BOSQUE, PIEDECUESTA	80
6.	APORTE AL CONOCIMIENTO	89
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Resultado Informe de Calidad Pix4dMapper Fuente: Pix4DMapper.....	31
Tabla 2. Calidad de Georreferenciación Fuente: Pix4DMapper	31
Tabla 3. Resultado informe de Calidad PTAR-Barranca, Fuente: Pix4DMapper.....	42
Tabla 4. Informe de Calidad de georreferenciación proyecto PTAR-Barranca, Fuente: Pix4DMapper.....	42
Tabla 5. Ubicaciones coordenadas de Sondeos, Fuente: Propia.....	48
Tabla 6. Datos recolectados del Sondeo#1 Fuente: Propia	49
Tabla 7. Datos recolectados del Sondeo#2 Fuente: Propia	50
Tabla 8. Datos recolectados del Sondeo#3 Fuente: Propia	51
Tabla 9. Calculo capacidad portante para cada Sondeo, Fuente: Correlaciones libro DAS.....	55
Tabla 10. Cálculo de asentamientos para Sondeo 1,2 y 3 respectivamente	56
Tabla 11. Resultado Informe de calidad, Fuente:Pix4DMapper	60
Tabla 12. Informe de calidad georreferenciación, Fuente:Pix4DMapper	60
Tabla 13. Resultado informe de calidad, Fuente:Pix4DMapper	68
Tabla 14. informe de calidad georreferenciación, Fuente:Pix4DMapper	68
Tabla 15. Resultado informe de Calidad Fuente:Pix4DMapper.....	75
Tabla 16. informe de Calidad georreferenciación Fuente:Pix4DMapper.....	75
Tabla 17. Análisis de Humedad mínima y máxima para material de Compactación.....	82
Tabla 18. Datos obtenidos en campo de ensayo de cono de arena en Altos del Bosque.....	84
Tabla 19. Parámetro para el grado de compactación mínimo	86
Tabla 20. Grado de compactación según las densidades obtenidas en campo.	87
Tabla 21. Estadísticas de análisis de resultados criterio de aceptación. Fuente: Propia.....	88

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Logo de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S	18
Imagen 2. Ubicación empresa Suelos y Geotecnia. Fuente: Google Maps	19
Imagen 3. Ubicación finca Los Leones. Fuente: Ortomosaico generado por Pix4DMapper	20
Imagen 4. Ubicación proyecto PTAR-Barrancabermeja, Barrio San Silvestre y vía Barrancabermeja- Yondó.....	21
Imagen 5. Ubicación Finca Villa Lupita Fuente: Modificado GoogleEarth Pro	22
Imagen 6. Ubicación de Vuelo Sahagún-Córdoba Fuente: Ortomosaico Generado Pix4DMapper.....	24
Imagen 7. Ubicación Vuelos en Apartadó-Antioquia Fuente: Modificado GoogleEarth pro	25
Imagen 8. Ubicación vuelo Anillo Vial-Zapatoca Fuente: Modificado GoogleEarth Pro	26
Imagen 9. Ubicación Altos del Bosque-Piedecuesta Fuente: GoogleEarth Pro	28
Imagen 10. Plan de vuelo finca Los Leones Fuente: Pix4DMapper	29
Imagen 11. Ubicación GPS-RTK X900 para finca Los Leones, Fuente: Propia	30
Imagen 12. Ortomosaico Generado por Pix4DMapper – Zona de vuelo finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper	33
Imagen 13. Modelo Digital de Superficie de Finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper.....	34
Imagen 14. Curvas de nivel cada 2 metros para vuelo finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper – Civil3D	35
Imagen 15. Reducción área de procesamiento enfocado a finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper	36
Imagen 16. Curvas de nivel cada 2 metros enfocada al área Finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper – Civil 3D	37
Imagen 17. Plano elaborado a base de información generada en Pix4DMapper, Fuente: Civil3D - Propia	38
Imagen 18. Ubicación WingtraOne Drone en proyecto PTAR-Barrancabermeja Fuente: Propia	39
Imagen 19. Plan de vuelo para proyecto PTAR-Barranca, Fuente: Pix4DMapper – GoogleEarth pro	40

Imagen 20. Ubicación GPS-RTK X900 en mojón proyecto PTAR-Barranca Fuente: Propia.....	41
Imagen 21. Ortomosaico georreferenciado proyecto PTAR-Barranca, Fuente: Civil 3D-Pix4DMapper...	43
Imagen 22. Curvas de nivel cada 2 metros Proyecto PTAR-Barranca, fuente: Pix4DMapper – Civil3D..	44
Imagen 23. Plano elaborado a base de información generada en Pix4DMapper, Fuente: Propia, Civil3D	45
Imagen 24. Modelo digital 3D en zona de descapote proyecto PTAR- Barranca Fuente: Pix4DMapper ..	46
Imagen 25. Ubicación sondeos en Finca Villa Lupita.....	47
Imagen 26. Modelación perfil estratigráfico para cada sondeo, Fuente: Propia	52
Imagen 27. Modelación cimentación en Software Geo5.....	57
Imagen 28. Plan de vuelo para Lote Sahagún-Córdoba, Fuente:Pix4DMapper.....	58
Imagen 29. Ubicación GPS-RTK X900 en lote Sahagún, fuente: Propia	59
Imagen 30. Ortomosaico lote Sahagún-Córdoba Fuente:Pix4DMapper	62
Imagen 31 Modelo digital de superficie de lote Sahagún-Córdoba Fuente:Pix4DMapper.....	63
Imagen 32. Plano elaborado con curvas de nivel cada 2 metros Fuente:Pix4DMapper – Civil3D.....	64
Imagen 33. Ubicación WingtraOne Drone proyecto vuelo Río Apartadó, Fuente: Propia	65
Imagen 34. Plan de vuelo Río Apartadó. Fuente:Pix4DMapper	66
Imagen 35. Ubicación GPS-RTK X900 para proyecto Río Apartadó, Fuente: Propia	67
Imagen 36. Ortomosaico georreferenciado Río Carepa Fuente:Pix4DMapper.....	70
Imagen 37. MDS de Río Carepa Fuente:Pix4DMapper.....	71
Imagen 38. Ubicación drone proyecto Anillo Vial-Zapatoca, fuente: Propia.....	72
Imagen 39. Plan de vuelo Anillo Vial-Zapatoca Fuente:Pix4DMapper.....	73
Imagen 40. Ubicación GPS-RTK X900 para vuelo Anillo Vial-Zapatoca, Fuente Propia	74
Imagen 41. Ortomosaico área completa vuelo Anillo Vial- Zapatoca Fuente:Pix4DMapper.....	77
Imagen 42. Modelo Digital de Superficie vuelo Anillo Vial-Zapatoca Fuente:Pix4DMapper.....	78
Imagen 43. Generación de Superficie basada en Curvas de nivel cada 2 metros Fuente:Pix4DMapper – Civil3D.....	79

Imagen 44. Zona de compactación Altos del Bosque – Piedecuesta, Fuente: Propia	80
Imagen 45. Gráfica valor de la Densidad Máxima seca y Humedad Óptima para Material de Compactación.....	81
Imagen 46. Ejecución In-Situ de ensayo de cono de arena en obra Altos del Bosque.....	83

LISTADO DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Ecuación General de la Capacidad de Carga por Terzaghi.....</i>	53
Ecuación 2. Ecuación para material sin sobre tamaños Fuente: Especificaciones Técnicas INVIAS.	85
Ecuación 3. Ecuación para material con sobre tamaños Fuente: Especificaciones Técnicas INVIAS.	86
Ecuación 4. Ecuación para el Límite inferior de criterio de aceptación Fuente: INVIAS	88

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE FOTOGRAMETRÍA CON WINGTRAONE DRONE Y ACOMPAÑAMIENTO A CAMPO PARA ESTUDIO DE SUELOS
AUTOR(ES):	BRAYAN YESID PINEDA MORENO
PROGRAMA:	Facultad de Ingeniería Civil
DIRECTOR(A):	SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS

RESUMEN

El presente documento contiene el desarrollo del trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial, denominado Supervisión y Ejecución de Actividades de Fotogrametría con WingtraOne Drone y Acompañamiento a Campa para Estudios de Suelos, realizada en la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S. En él se describen las actividades que el practicante realizó y supervisó durante el periodo de práctica, destacando la ejecución e implementación del WingtraOne Drone (UAV) como herramienta de mapeo, perimetraje aéreo y topografía, también se exponen otras actividades de estudios geotécnicos bajo la normatividad NSR-10 e INVIAS correspondientes, finalizando con los aportes al conocimiento y conclusiones aportadas por la experiencia del practicante en su ejercicio de Ingeniero Civil.

PALABRAS CLAVE:

WingtraOne, Drone, UAV, NSR-10, INVIAS, Fotogrametría, Perimetraje, Topografía, Geotecnia.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: SUPERVISION AND EXECUTION OF PHOTOGRAMMETRY WITH WINGTRAONE DRONE AND FIELD ACCOMPANIMENT SOIL SURVEY

AUTHOR(S): BRAYAN YESID PINEDA MORENO

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS

ABSTRACT

This document contains the development of the graduate work in business practice mode, called Supervision and Implementation of Photogrammetry Activities with WingtraOne Drone and Field Accompaniment for Soil Surveys, conducted in the company Suelos y Geotecnia S.A.S. It describes the activities that the intern performed and supervised during the internship period, highlighting the execution and implementation of WingtraOne Drone (UAV) as a tool for mapping, aerial perimetry and topography, also exposing other activities of geotechnical studies under the NSR-10 and INVIAS regulations, ending with the contributions to knowledge and conclusions provided by the experience of the intern in his practice as a Civil Engineer

KEYWORDS:

WingtraOne, Drone, UAV, NSR-10, INVIAS, Photogrammetry Perimetración, Topography, Geotechnics

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe tiene como objeto presentar de manera clara y detallada el proceso de aprendizaje y actividades ejecutadas durante el desarrollo de la práctica empresarial en Suelos y Geotecnia S.A.S.

Inicialmente, los drones o UAV se crearon con la finalidad de uso militar y/o seguridad, como principal objetivo el espionaje e identificación de objetivos a partir de imágenes aéreas. Con el pasar del tiempo y el avance (desarrollo) tecnológico, los drones han sido modificados para poder ser utilizados en múltiples campos de acción, como viene siendo este caso de estudio, enfocado a la Ingeniería Civil. (Fundación de Energía y Comunidad de Madrid, 2015, pág. 15)

El WingtraOne Drone es como su nombre lo indica, un drone de última generación y único en calidad, rendimiento y avance en proyectos de estudios en Ingeniería Civil por su diseño y características. Su metodología de estudio en campo se basa en la fotogrametría o levantamiento fotogramétrico, que consiste en tomar imágenes aéreas, georreferenciarlas con el GPS, RTK y módulo PPK para post-procesamiento y generar los resultados los cuales son; Modelo 3D, Ortoimagen georreferenciada, nube de puntos, curvas de nivel y anexos solicitados por el cliente según lo requerido; utilizando Software de post-proceso tales como AutoCAD, Civil 3D, ReCAP, Pix4DMapper, Global Mapper y ArcGIS.

A partir de los datos recolectados en las actividades ejecutadas con el WingtraOne Drone y visitas a campo con objeto de estudios geotécnicos, se desempeñaron las tareas de realizar y entregar informes como avance de los proyectos ejecutados, soportado por la supervisión constante del Ingeniero Fabian Andrés Gelvis Medina.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Participar en la recopilación, organización y entrega de la información obtenida basado en las ejecuciones de vuelos del dron WingtraOne y ensayos de suelos realizados, para los proyectos que soliciten los servicios de estudios geotécnicos, mapeo o fotogrametría aérea de alta precisión.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información del Drone y puntos de georreferencia por medio de GPS RTK X900, para elaborar MDT (Modelo Digital del Terreno), DSM (Modelo Digital de Superficie), Curvas de nivel, ortomosaicos (Con precisión al milímetro a coordenadas de origen MAGNA-SIRGAS), cálculos de áreas y volúmenes, utilizando el software Pix4dMapper, GlobalMapper y Google Earth Pro para utilizar el avance de la tecnología en la ingeniería, demostrando sus capacidades de optimización y reducción de costo en obra.
- Hacer acompañamientos a campo cuando sea requerido para tomar análisis y muestras del terreno que serán usados para estudios de laboratorio y posteriormente análisis con la finalidad de dar respuesta al cliente, según el servicio solicitado.
- Revisar los resultados del laboratorio para interpretar un buen mejoramiento del suelo y cimientos, teniendo en cuenta la norma NSR-10 y otros libros, como parámetros de estudio.
- Generar informes por cada proyecto para ser evaluados por el director de obra, tomar decisiones y entregar resultados para proyectos.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1. GENERALIDADES

Suelos y Geotecnia SAS es una empresa fundada en el año 2017 proyectada para la prestación de servicios integrales de consultoría en ingeniería, enfocada en el área de la geotecnia y con su nueva adquisición, la fotogrametría, prestando soluciones integrales a los problemas ingenieriles en todo tipo de proyectos, siempre considerando la economía, practicidad y el medio ambiente en las soluciones a diseñar. La empresa cuenta con personal calificado y profesional al mando de estos proyectos, que se mantienen a la vanguardia de los avances en el campo de la ingeniería civil.

3.2. MISIÓN

Suelos y Geotecnia S.A.S es una empresa especializada en la consultoría geotécnica, brinda servicios de consultoría y asesoría en el área de la geotecnia y los pavimentos, propone soluciones técnicas y económicamente viables en el área de la geotecnia y los pavimentos para el sector de la construcción, transporte, crudo y gas.

Nuestra empresa formula proyectos de ingeniería geotécnica de la mano con la academia y la investigación como pilares de innovación empresarial, damos acompañamiento durante las fases de estudios, diseños y construcción de cualquier proyecto de ingeniería que necesite de la experticia de área de la geotecnia, contamos con personal calificado para brindar atención personalizada a los clientes y aliados, quienes en corto plazo han generado confianza en nuestro trabajo.

3.3. VISIÓN

La empresa Suelos y Geotecnia S.A.S para el año 2025 tiene como visión ser una empresa líder, reconocida en la región como una organización con altas capacidades humanas, éticas y técnicas dando apoyo y asesoría técnica en diferentes tipos de proyectos de ingeniería.

3.4. SERVICIOS PRESTADOS POR LA EMPRESA SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S

- Diseños geotécnicos de cimentaciones.
- Análisis, diseños y supervisión de obras de estabilización de taludes.
- Simulación numérica de problemas geotécnicos y estructurales.
- Supervisión y control de calidad en obra.
- Monitoreo Geotécnico
- Análisis de inundación, diseños de control de cuerpos de agua.
- Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo geotécnico.
- Estudios hidráulicos e hidrológicos
- Servicios de fotogrametría de alta precisión enfocados en la topografía, modelaciones 3D, mapeos, control de obras, limitación y cubicación de áreas y volúmenes.
- Diseño de pavimentos y derechos de vía.

3.5. TEMAS ESPECIALIZADOS

- Geotecnia
- Estabilidad de Taludes
- Control de Erosión

- Cimentaciones
- Pavimentos
- Excavaciones
- Compactación
- Rellenos
- Perforación
- Exploración y Materiales
- Fotogrametría
- Planos topográficos

3.6. LOGO CORPORATIVO



Imagen 1. Logo de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S

3.7. UBICACIÓN DE SEDE ADMINISTRATIVA

La sede administrativa de la empresa queda ubicada en la Avenida 88 # 23 -70, Barrio Diamante 2, en el departamento de Santander-Bucaramanga, Colombia.



Imagen 2. Ubicación empresa Suelos y Geotecnia. Fuente: Google Maps

4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS

4.1. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO FINCA LOS LEONES

El ingeniero Jorge Enrique León Ardila solicitó el servicio de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S., para el levantamiento fotogramétrico aéreo de una finca de propiedad de él, la cual se le entregará un informe con su respectiva área digitalizada mediante software Pix4DMapper, MDT (Modulo Digital del Terreno), imagen a base de ortomosaicos y curvas de nivel de alta precisión. El área de estudio se localiza en la zona urbana de Piedecuesta, en el departamento de Santander, Finca Los Leones, en la vía principal que comunica Piedecuesta con la vereda Los Curos, sentido Sur-Norte; sus coordenadas son: $06^{\circ}55'55.85''$ Norte y $73^{\circ}0'53.72''$ Oeste, Altitud aproximada de 1185.84 metros sobre el nivel del mar. (ubicado en el punto del RTK)



Imagen 3. Ubicación finca Los Leones. Fuente: Ortomosaico generado por Pix4DMapper

El levantamiento fotogramétrico de la finca Los Leones nace a causa del desconocimiento del área total del predio, nuestro cliente optó por emplear la avanzada técnica de levantamiento topográfico y medición, que se está utilizando vía aérea, la fotogrametría aérea por medio del WingtraOne, el cual es un dron especializado en ejecutar esta técnica, la cual posee la empresa Suelos y Geotecnia, y el software Pix4DMapper especializado en el proceso de desarrollo de los datos obtenidos por el dron. Este software nos permite conocer muchas características de la zona, como modelos digitales 3D, Modelos Digitales del Terreno y Superficie, curvas de nivel, y un Ortomosaico generado por la nube de puntos, todo esto es un rendimiento y precisión de rapidez y alta calidad respectivamente.

4.2. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PTAR-BARRANCABERMEJA

La obra PTAR-Barrancabermeja Construcciones solicitó el servicio a la empresa para realizar un levantamiento fotogramétrico aéreo elaborado con el WingtraOne Drone y digitalizado por Pix4DMapper que nos generó un MDT (Modulo Digital del Terreno) e imagen a base de ortomosaicos georreferenciada, su ubicación se encuentra en el municipio de Barrancabermeja, Santander, en el barrio San Silvestre, vía Barrancabermeja-Yondó, sus coordenadas son: 07°05'08.80172" Norte y 73°50'28.68609" Oeste, Altitud de 99.9 metros sobre el nivel del mar, (ubicado en el mojón dentro del proyecto PTAR).

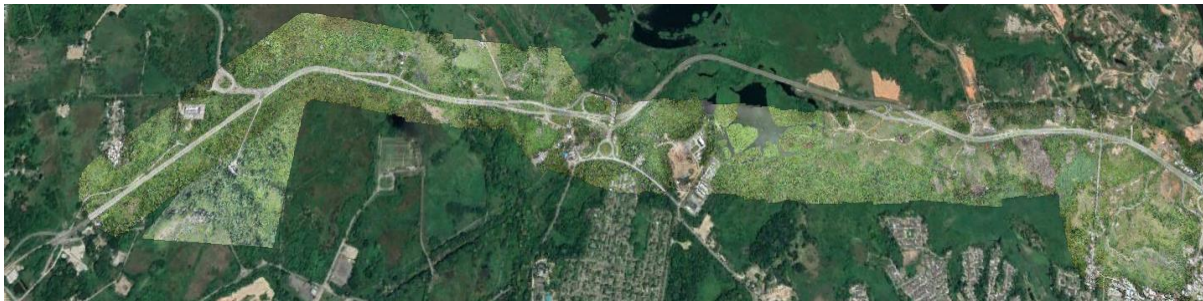


Imagen 4. Ubicación proyecto PTAR-Barrancabermeja, Barrio San Silvestre y vía Barrancabermeja-Yondó

Fuente: Modificado por GoogleEarth Pro

El levantamiento fotogramétrico de PTAR de Barrancabermeja nace con una iniciativa de generar un conocimiento del WingtraOne Drone y su funcionalidad, para obtener datos de relevancia como control, rendimiento de obra y anexos. El WingtraOne es un dron especializado en ejecutar esta técnica de levantamiento aéreo, la cual posee la empresa Suelos y Geotecnia; y el software Pix4DMapper especializado en el proceso de desarrollo de los datos obtenidos por el dron. Este software nos permite conocer muchas características de la zona, como modelos digitales 3D, Modelos Digitales del Terreno y Superficie, curvas de nivel, y un Ortomosaico generado por la nube de puntos, todo esto es un rendimiento y precisión de rapidez y alta calidad respectivamente.

4.3. ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA FAMILIAR DE DOS PISOS TIPO CAMPESTRE, EN LA FINCA VILLA LUPITA DEL MUNICIPIO LEBRIJA, SANTANDER

El señor Hernando Uribe Moreno ha solicitado el servicio de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S para la ejecución de un estudio geotécnico para la construcción de una vivienda familiar, ubicada en zona rural de Lebrija, en dirección este del aeropuerto Palonegro, en el departamento de Santander, Finca Villa Lupita. Por consiguiente, se debe conocer el estado del suelo, las propiedades, características y comportamientos presentes de este para el diseño de la estructura que se desea construir (vivienda campestre de dos pisos). El área de estudio se localiza en zona rural del municipio de Lebrija, en el departamento de Santander, Finca Villa Lupita; sus coordenadas son: 07°08'13.10" Norte y 73°11'00.07" Oeste, Altitud aproximada de 1055 metros sobre el nivel del mar (msnm), en dirección este del aeropuerto Palonegro.



Imagen 5. Ubicación Finca Villa Lupita Fuente: Modificado GoogleEarth Pro

El alcance consiste en la ejecución de las exploraciones del suelo de fundación de la obra proyectada, mediante tres sondeos o perforaciones tipo SPT (Ensayo de Penetración estándar), para la recolección de muestras en puntos distribuidos en el área total del lote, con el fin de conocer la clasificación y las propiedades geomecánicas del subsuelo, para luego ser analizadas en laboratorio. Estos resultados de laboratorio permitirán conocer los parámetros del suelo y recomendar el tipo de cimentación más adecuado para la estructura que se tiene planeado construir (vivienda familiar tipo campestre de dos pisos).

4.4. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO SAHAGUN-CORDOBA

El topógrafo Tomás Lozano solicitó el servicio de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S., para el levantamiento fotogramétrico aéreo de un lote de propiedad privada, de la cual se le entregó un informe con su respectiva área digitalizada mediante software Pix4DMapper, MDT (Modulo Digital del Terreno), imagen a base de ortomosaicos y curvas de nivel de alta precisión. El área de estudio se localiza en la zona rural de Sahagún, en el departamento de Córdoba, el lote colinda con un corregimiento llamado El Roble, cercano a la vía principal que comunica Sahagún con Montería; sus coordenadas son: 08°51'51.8344" Norte y 75°29'46.54652" Oeste, Altitud aproximada de 58.4437 metros sobre el nivel del mar. (ubicado en el punto del RTK)



Imagen 6. Ubicación de Vuelo Sahagún-Córdoba Fuente: Ortomosaico Generado Pix4DMapper

El levantamiento fotogramétrico nace de un proyecto cerca al municipio de Sahagún, departamento de Córdoba, el cual consiste en hacer un levantamiento topográfico a una finca para posible intervención a futuro enfocado en una cantera, debido a que el tamaño del lote es de aproximadamente 125 hectáreas y requerían un resultado óptimo y de gran rendimiento, los clientes optaron por solicitar los servicios de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S con la finalidad de ejecutar un plan de vuelo de alta precisión con el WingtraOne Drone y obtener la topografía del terreno en el menor tiempo posible.

4.5. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO APARTADÓ-ANTIOQUIA

El topógrafo Tomás Lozano volvió a solicitar el servicio a la empresa después del levantamiento realizado en Sahagún-Córdoba, con la finalidad de realizar cuatro levantamientos fotogramétricos aéreo elaborados con el WingtraOne Drone y digitalizado por Pix4DMapper, solicitando un MDT (Modulo Digital del Terreno) e imagen a base de ortomosaicos

georreferenciada, su ubicación se encuentra dentro de la subregión del Urabá, dentro del departamento de Antioquia, en el municipio Apartadó, y sus otros municipios aledaños. Sus coordenadas son: 07°53'41.27629" Norte y 76°37'45.80428" Oeste, Altitud de 40.2745 metros sobre el nivel del mar (ubicado en el punto del RTK)



Imagen 7. Ubicación Vuelos en Apartadó-Antioquia Fuente: Modificado GoogleEarth pro

El levantamiento fotogramétrico nace de un proyecto cerca al municipio de Apartadó, departamento de Antioquia, el cual consiste en hacer un levantamiento topográfico a tres ríos que pasan cerca de las poblaciones aledañas de Apartadó y el mismo río de Apartadó con la finalidad de obtener las imágenes ortomosaicas y poder comenzar un análisis de riesgo propiamente de los ríos, debido a que el tamaño de cada polígono de vuelo fueron de aproximadamente 50, 150, 180 y 200 hectáreas, se requería un resultado óptimo y de gran rendimiento, por lo siguiente, los clientes optaron por solicitar los servicios de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S con la

finalidad de ejecutar un plan de vuelo de alta precisión con el WingtraOne Drone y obtener la topografía del terreno en el menor tiempo posible y con una calidad de GSD menor a 5cm/pixel.

4.6. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PARA VÍA ANILLO VIAL – ZAPATOCA

El ingeniero Darío Ovalle ha solicitado el servicio de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S para realizar un levantamiento fotogramétrico aéreo de una zona urbana para futura intervención vial, de la cual se le entregó un informe con su respectiva área digitalizada mediante software Pix4DMapper, MDT (Modulo Digital del Terreno), imagen a base de ortomosaicos y curvas de nivel de alta precisión. El área de estudio se localiza en la zona urbana, en el departamento de Santander, municipio Girón, cercano al anillo vial; sus coordenadas son: 07°02'19.09538" Norte y 73°09'45.82672" Oeste, Altitud de 807.6398 metros sobre el nivel del mar (ubicado en el punto del RTK).

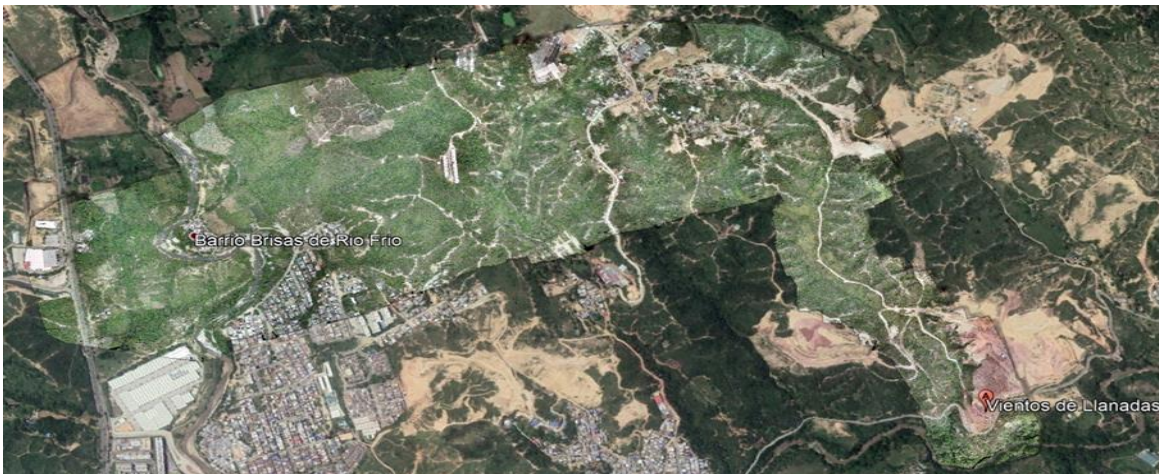


Imagen 8. Ubicación vuelo Anillo Vial-Zapatoca Fuente: Modificado GoogleEarth Pro

El levantamiento fotogramétrico nace de un proyecto en el municipio de Girón, departamento de Santander, el cual consiste en hacer un levantamiento topográfico para posible intervención a futuro enfocado en una vía nueva de acceso entre el anillo vial y el municipio de Zapatoca,

debido a que requerían un resultado óptimo y de gran rendimiento, los clientes optaron por solicitar los servicios de la empresa Suelos y Geotecnia S.A.S con la finalidad de ejecutar un plan de vuelo de alta precisión con el WingtraOne Drone y obtener la topografía del terreno en el menor tiempo posible.

4.7. CONTROL DE DENSIDADES DE CAMPO EN ALTOS DEL BOSQUE, PIEDECUESTA

La empresa RC Construcciones y en su representación el ingeniero Julián Rueda, ha solicitado y contratado los servicios de Suelos y Geotecnia S.A.S., para la ejecución de ensayos de campo, específicamente la determinación de densidades y peso unitario del suelo en el terreno por el método de cono y arena para la construcción de un sector urbanístico en la vereda pajonales, zona rural del municipio de Piedecuesta, con el fin de verificar y aceptar la compactación del suelo a una densidad especificada para la conformación de capas inferiores de pavimento o Subrasante, sobre el cual se proyectan viviendas multifamiliares, una zona recreativa y una vía que atraviesa el sector, esto en el departamento de Santander, parte Nororiental de Colombia.

Se dará a conocer la ubicación del sitio de estudio donde fue realizado el ensayo de campo y de laboratorio, la descripción de la metodología empleada conforme a el procedimiento que la norma INVIAS estipula para obtener el menor margen de error posible, la presentación y análisis de los resultados que se obtengan para dar la aceptación de la conformación de las capas del subsuelo.



Imagen 9. Ubicación Altos del Bosque-Piedecuesta Fuente: GoogleEarth Pro

5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

5.1. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO FINCA LOS LEONES

En el plan de vuelo se analizó todo el terreno que debíamos abarcar para cubrir toda la zona del lote donde se está construyendo la PTAR y la zona del tramo donde irá la conexión de desembocadura, con la finalidad de generar un archivo KML base para el mapeo densificado con la calidad de la zona a identificar, este archivo KML que generamos es desde la oficina o en campo y luego procedemos a editar las opciones del vuelo; parámetros de seguridad, orientación de despegue y aterrizaje, dirección de vuelo, porcentaje de traslapo o sobreposición de fotos, verificación de lista de chequeo para vuelo seguro y posteriormente despegue.

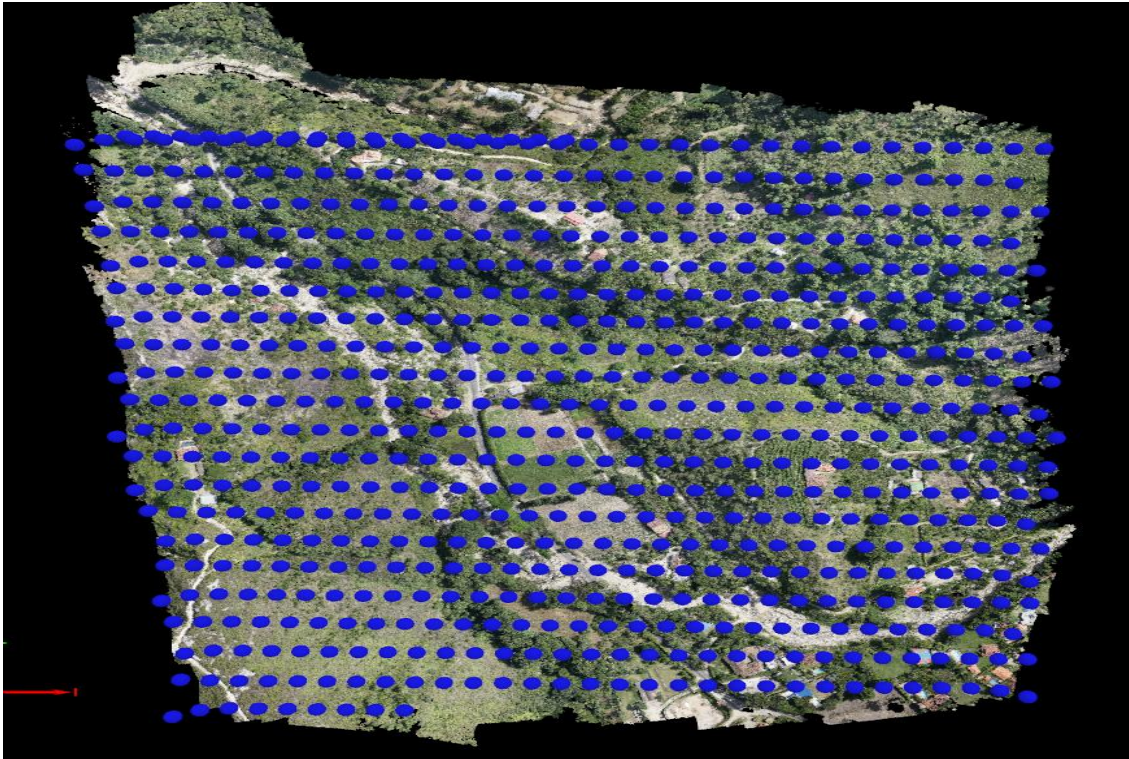


Imagen 10. Plan de vuelo finca Los Leones Fuente: Pix4DMapper

Un parámetro importante que nos define la calidad del mapeo es la altura correspondiente de vuelo en la zona a trabajar, este parámetro es el que me indica el factor del GSD o calidad de imagen. Para nuestro vuelo tomamos una altura sobre el terreno de 190 metros, lo cual nos indica un GSD lineal aproximado de 3 cm/píxel o área de 9 cm² /píxel.

En la siguiente imagen podemos identificar la instalación de un módulo GPS-RTK X900 que nos genera un punto con coordenadas en crudo y coordenadas específicas (basadas en internet), la cual nos permite aumentar la calidad de georreferenciación de las imágenes que toma el drone utilizando como soporte el módulo de procesamiento PPK.



Imagen 11. Ubicación GPS-RTK X900 para finca Los Leones, Fuente: Propia

Ya obteniendo todos los resultados del drone que son las imágenes correspondientes por vuelo y el enlace de las imágenes con el módulo PPK y el GPS-RTK X900 para la georreferenciación de imágenes con coordenadas satelitales, procedemos a utilizar el software Pix4DMapper para la generación de todos los procesos (3 Macroprocesos) respectivos para obtener la información requerida del terreno a estudiar, todo esta información queda procesada en el software y me genera un informe de control de calidad que nos muestra los resultados con exactitud del proceso en totalidad.

Proyecto	Los Leones	
Tiempo de vuelo	00:29:31	
Modelo de Cámara	DSC-RX1RM2_35.0_7952x5304 (RGB)	
Distancia Promedio Lineal (GSD)	2.99 cm / 1.18 in	
Área de Trabajo	0.682 km ² / 68.1907 ha / 0.26 sq. mi. / 168.5901 acres	
Imágenes	Promedio de 48102 puntos clave por imagen	✔
Datos	662 de 662 calibración de imágenes (100%), todas las imágenes permitidas	✔
Optimización de	0.06% diferencia relativa entre parámetros iniciales y optimizados de la cámara	✔
Emparejamiento	Promedio de 14663 uniones por imagen calibrada	✔
Georreferencia	Completa, no 3D GCP	✔

Tabla 1. Resultado Informe de Calidad Pix4dMapper Fuente: Pix4dMapper

La siguiente tabla me indica el RMS Error, este valor nos permite conocer la diferencia que hay en el plano de coordenadas real (ejerce sobre el planeta tierra), y el plano de coordenadas que genera el software con la nube de puntos generada por este mismo, es decir la exactitud de la georreferenciación.

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	3.32	0.00	0.45
-3.00	0.00	46.68	54.68	48.19
0.00	3.00	46.98	45.32	48.79
3.00	6.00	3.02	0.00	2.57
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.000000	0.000000	-0.000000
Sigma [m]		0.303171	0.317941	0.220590
RMS Error [m]		0.303171	0.317941	0.220590

Tabla 2. Calidad de Georreferenciación Fuente: Pix4dMapper

Las siguientes imágenes son resultados del total de procesamiento; las curvas de nivel generadas son de gran exactitud, en algunas zonas puede afectar la vegetación alta si no es modificado manualmente en la nube de puntos, los planos entregados fueron elaborados manualmente con la georreferenciación que nos entrega el resultado del Drone y el Pix4DMapper.



Imagen 12. Ortomosaico Generado por Pix4DMapper – Zona de vuelo finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper

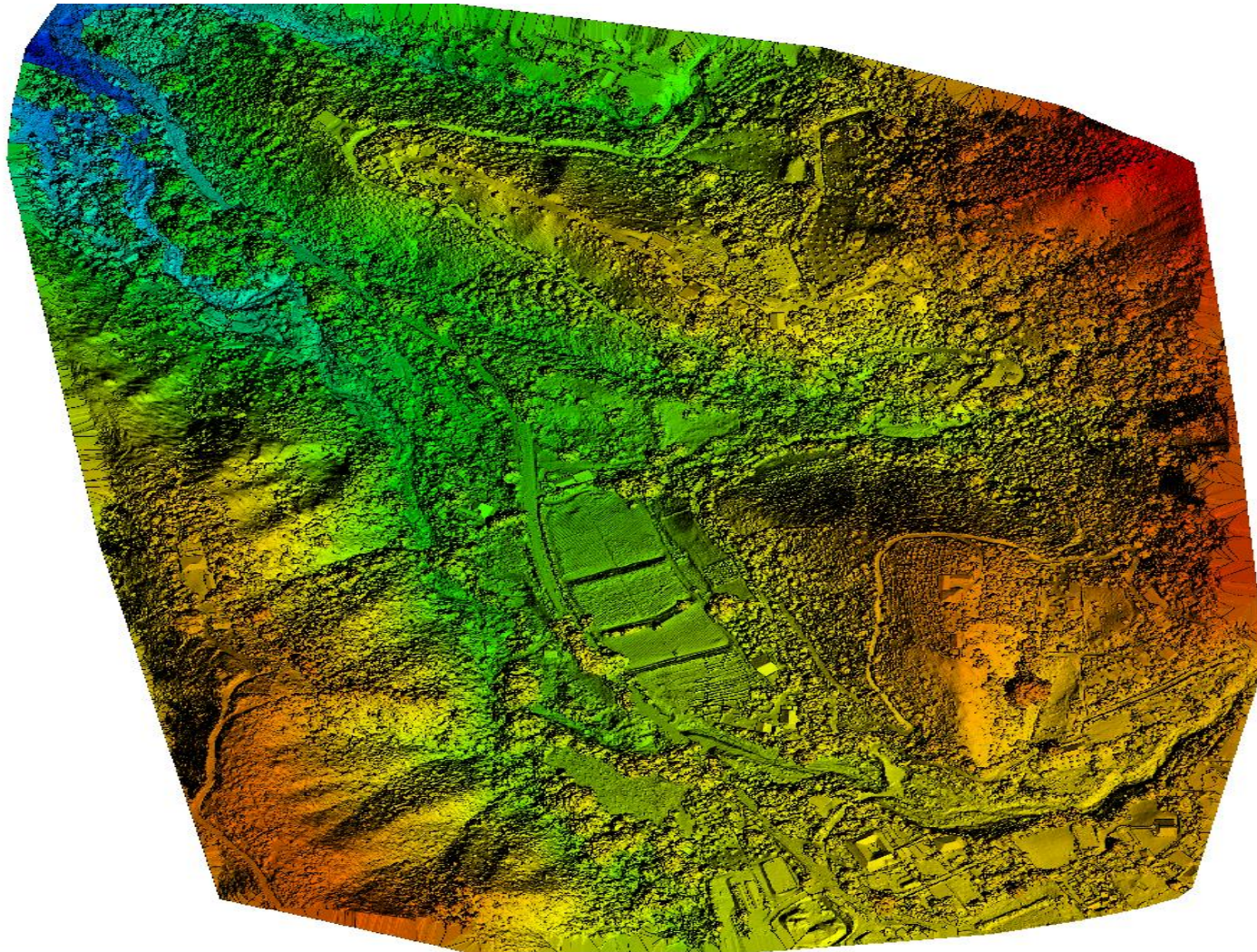


Imagen 13. Modelo Digital de Superficie de Finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper

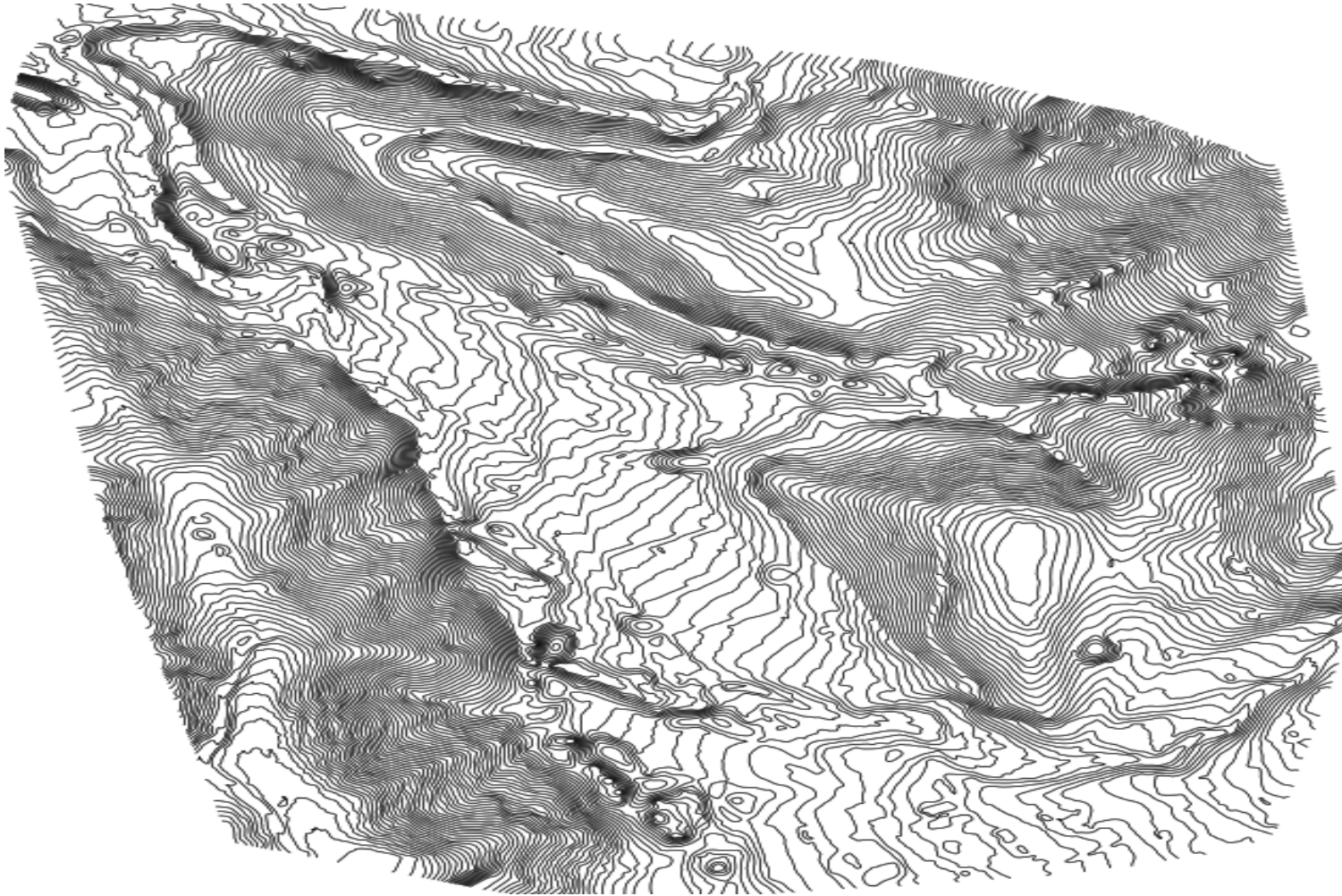


Imagen 14. Curvas de nivel cada 2 metros para vuelo finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper – Civil3D



Imagen 15. Reducción área de procesamiento enfocado a finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper

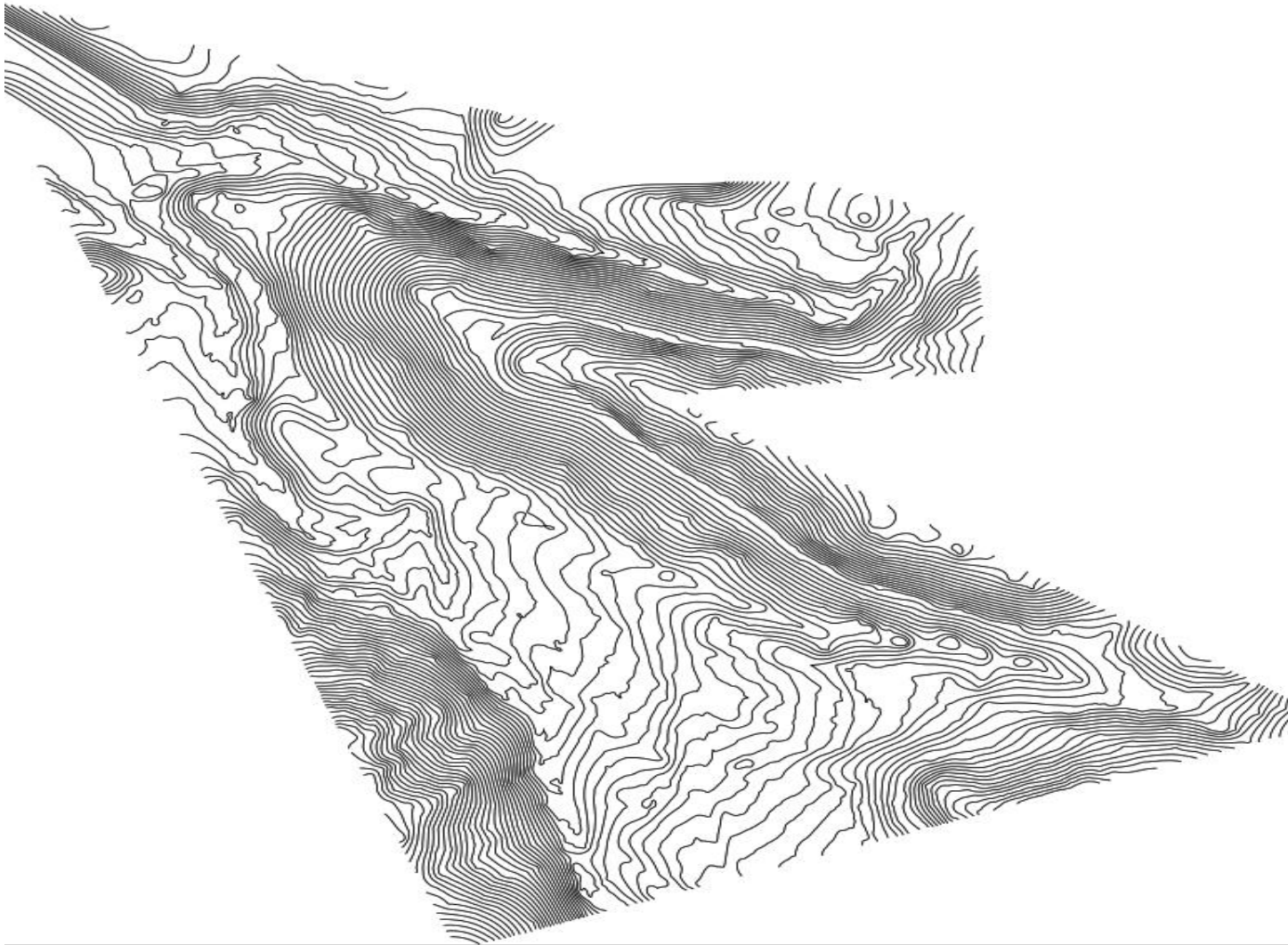


Imagen 16. Curvas de nivel cada 2 metros enfocada al área Finca Los Leones, Fuente: Pix4DMapper – Civil 3D

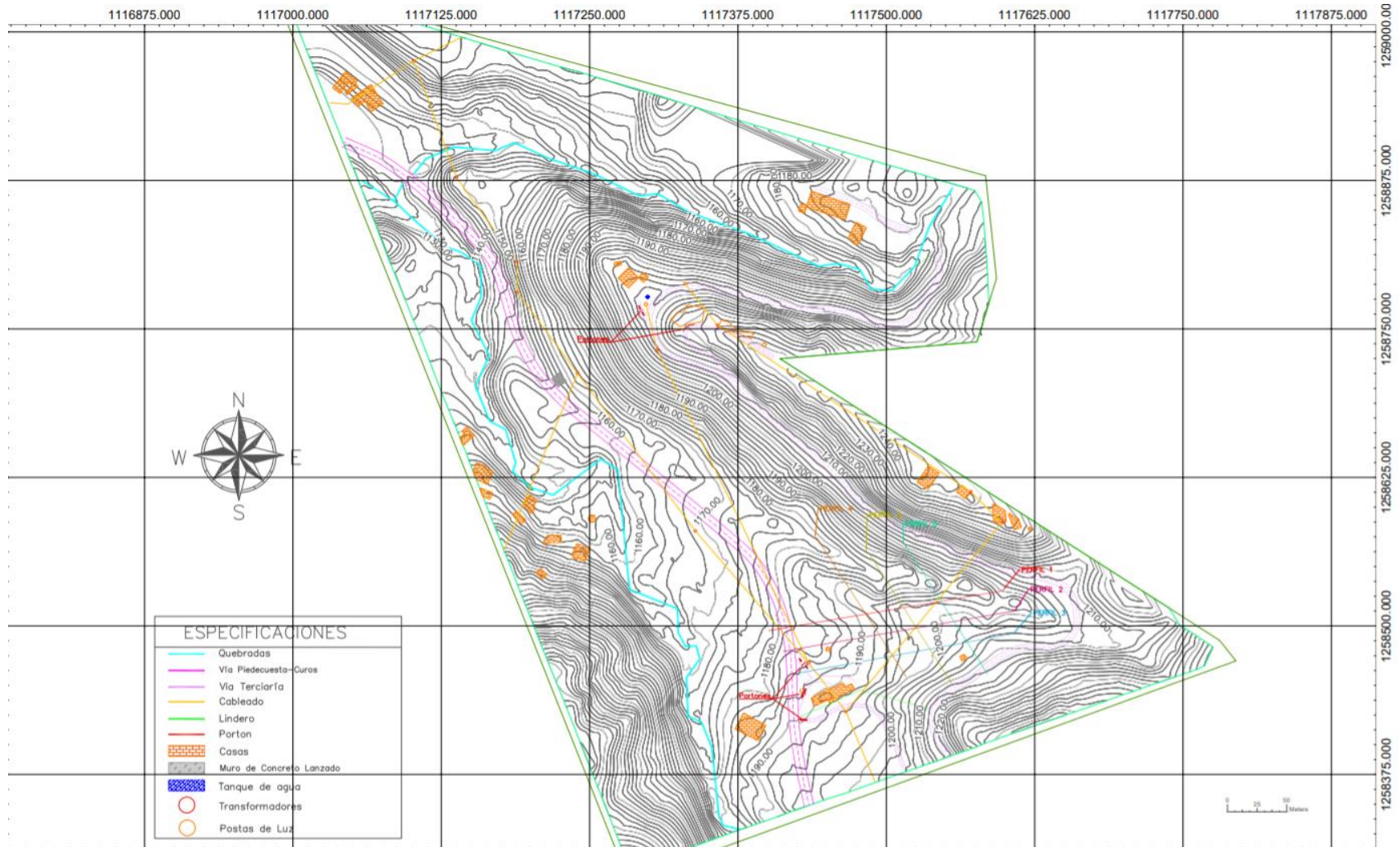


Imagen 17. Plano elaborado a base de información generada en Pix4DMapper, Fuente: Civil3D - Propia

5.2. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PTAR-BARRANCABERMEJA

En el plan de vuelo se analizó todo el terreno que debíamos abarcar para cubrir toda la zona del lote donde se está construyendo la PTAR y la zona del tramo donde irá la conexión de desembocadura, con la finalidad de generar un archivo KML base para el mapeo densificado con la calidad de la zona a identificar, este archivo KML que generamos es desde la oficina o en campo y luego procedemos a editar las opciones del vuelo; parámetros de seguridad, orientación de despegue y aterrizaje, dirección de vuelo, porcentaje de traslapo o sobreposición de fotos, verificación de lista de chequeo para vuelo seguro y posteriormente despegue.



Imagen 18. Ubicación WingtraOne Drone en proyecto PTAR-Barrancabermeja Fuente: Propia

Un parámetro importante que nos define la calidad del mapeo es la altura correspondiente de vuelo en la zona a trabajar, este parámetro es el que me indica el factor del GSD o calidad de imagen. Para nuestro vuelo tomamos una altura sobre el terreno de 190 metros, lo cual nos indica un GSD lineal aproximado de 3.18 cm/píxel o área de 10.112 cm² /píxel.

En la siguiente imagen se podrá identificar como fue el recorrido del drone sobre el terreno que volamos, esta proyección sobre el terreno proviene del software Pix4DMapper en la cual nos indica cada punto rojo como un momento exacto de cada ráfaga de fotos. En el fondo se puede identificar la nube de puntos ya densificada por el procesamiento del software y las imágenes georreferenciadas.



Imagen 19. Plan de vuelo para proyecto PTAR-Barranca, Fuente: Pix4DMapper – GoogleEarth pro

En la siguiente imagen podemos identificar la instalación de un módulo GPS-RTK X900 que nos genera un punto con coordenadas en crudo y coordenadas específicas (basadas en internet), la cual nos permite aumentar la calidad de georreferenciación de las imágenes que toma el drone utilizando como soporte el módulo de procesamiento PPK.



Imagen 20. Ubicación GPS-RTK X900 en mojón proyecto PTAR-Barranca Fuente: Propia

Ya obteniendo todos los resultados del drone que son las imágenes correspondientes por vuelo y el enlace de las imágenes con el módulo PPK y el GPS-RTK X900 para la georreferenciación de imágenes con coordenadas satelitales, procedemos a utilizar el software Pix4DMapper para la generación de todos los procesos (3 Macroprocesos) respectivos para obtener la información requerida del terreno a estudiar, toda esta información queda procesada en el software y me genera un informe de control de calidad que nos muestra los resultados con exactitud del proceso en totalidad.

Proyecto	PTAR-Barrancabermeja	
Tiempo de vuelo	01:12:18	
Modelo de Cámara	DSC-RX1RM2_35.0_7952x5304 (RGB)	
Distancia Promedio Lineal (GSD)	3.18 cm / 1.25 in	
Área de Trabajo	2.785 km ² / 278.5270 ha / 1.08 sq. mi. / 688.6115 acres	
Imágenes	Promedio de 37873 puntos clave por imagen	✓
Datos	706 de 706 calibración de imágenes (100%), todas las imágenes permitidas	✓

Optimización de	0.1% diferencia relativa entre parámetros iniciales y optimizados de la cámara	✓
Emparejamiento	Promedio de 16352.6 uniones por imagen calibrada	✓
Georreferencia	Completa, no 3D GCP	✓

Tabla 3. Resultado informe de Calidad PTAR-Barranca, Fuente: Pix4DMapper

La siguiente tabla me indica el RMS Error, este valor nos permite conocer la diferencia que hay en el plano de coordenadas real (ejerce sobre el planeta tierra), y el plano de coordenadas que genera el software con la nube de puntos generada por este mismo, es decir la exactitud de la georreferenciación.

Min Error	Max Error	Geolocation Error	Geolocation Error	Geolocation Error Z
-	-0.19	0.00	0.00	0.00
-0.19	-0.16	0.00	0.00	0.00
-0.16	-0.12	0.00	0.00	0.00
-0.12	-0.08	0.00	0.00	0.00
-0.08	-0.04	0.00	0.00	0.28
-0.04	0.00	50.28	50.99	49.58
0.00	0.04	49.72	49.01	49.15
0.04	0.08	0.00	0.00	0.99
0.08	0.12	0.00	0.00	0.00
0.12	0.16	0.00	0.00	0.00
0.16	0.19	0.00	0.00	0.00
0.19	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.000380	0.000026	0.000144
Sigma [m]		0.006768	0.007317	0.014544
RMS Error [m]		0.006779	0.007317	0.014545

Tabla 4. Informe de Calidad de georreferenciación proyecto PTAR-Barranca, Fuente: Pix4DMapper

Las siguientes imágenes son resultados del total de procesamiento; las curvas de nivel generadas son de gran exactitud, en algunas zonas puede afectar la vegetación alta si no es modificado manualmente en la nube de puntos, los planos entregados fueron elaborados manualmente con la georreferenciación que nos entrega el resultado del Drone y el Pix4DMapper.



Imagen 21. Ortomosaico georreferenciado proyecto PTAR-Barranca, Fuente: Civil 3D-Pix4DMapper



Imagen 22. Curvas de nivel cada 2 metros Proyecto PTAR-Barranca, fuente: Pix4DMapper – Civil3D

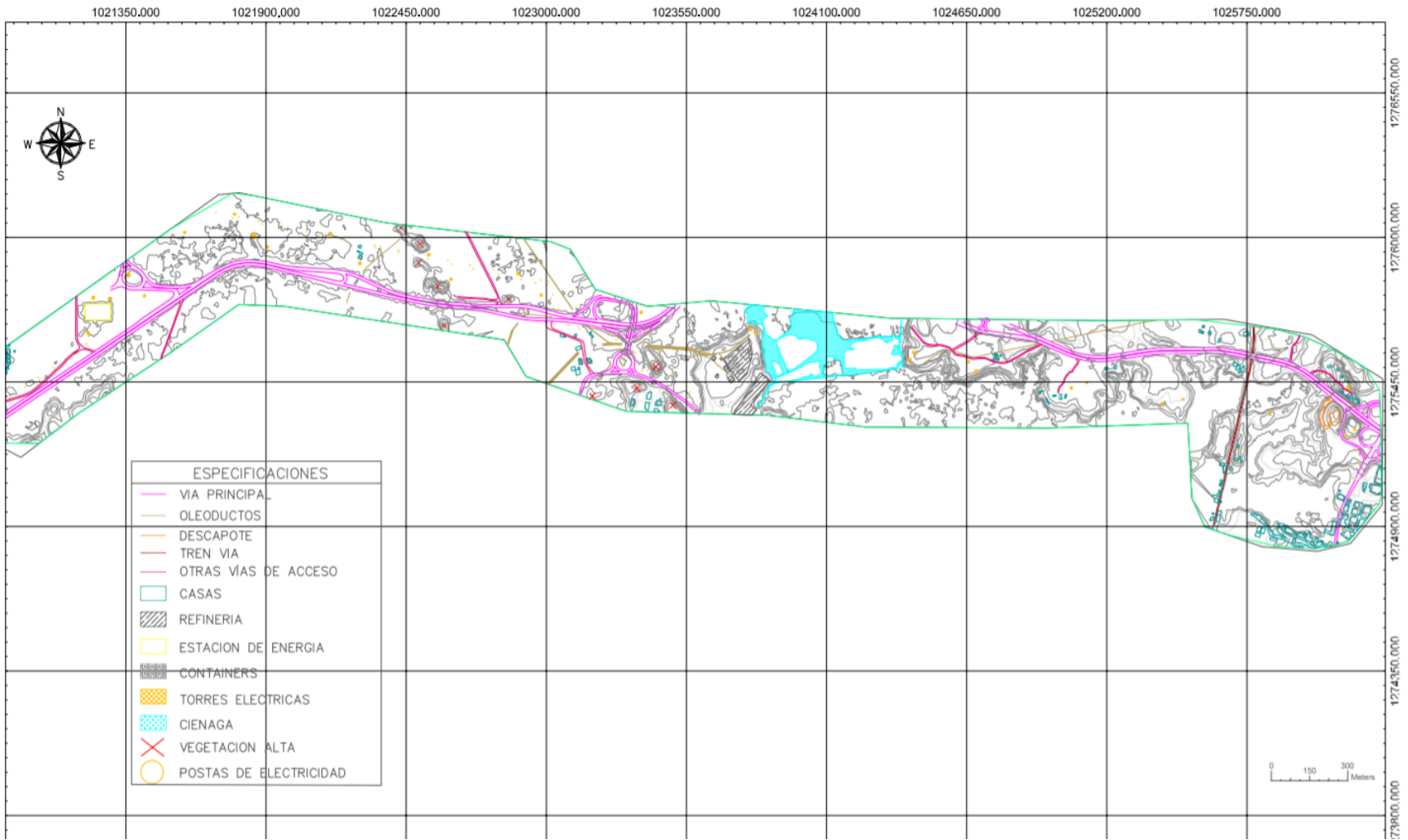


Imagen 23. Plano elaborado a base de información generada en Pix4DMapper, Fuente: Propia, Civil3D



Imagen 24. Modelo digital 3D en zona de descapote proyecto PTAR- Barranca Fuente: Pix4DMapper

5.3. ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA FAMILIAR DE DOS PISOS TIPO CAMPESTRE, EN LA FINCA VILLA LUPITA DEL MUNICIPIO LEBRIJA, SANTANDER

Se realizaron tres (3) sondeos, con profundidades finales de 3.90 m (Sondeo 1), 5.0 m (Sondeo 2), 3.30 m (Sondeo 3), todos dentro del área del proyecto, estas exploraciones se realizaron con recuperación de muestra en cada cambio de material con la herramienta de cuchara partida para ensayo de penetración estándar (SPT) del cual se obtiene la información de la resistencia a la penetración del material y bolsas envueltas en aluminio y vinipel para toma de muestras lo más inalterado posible.

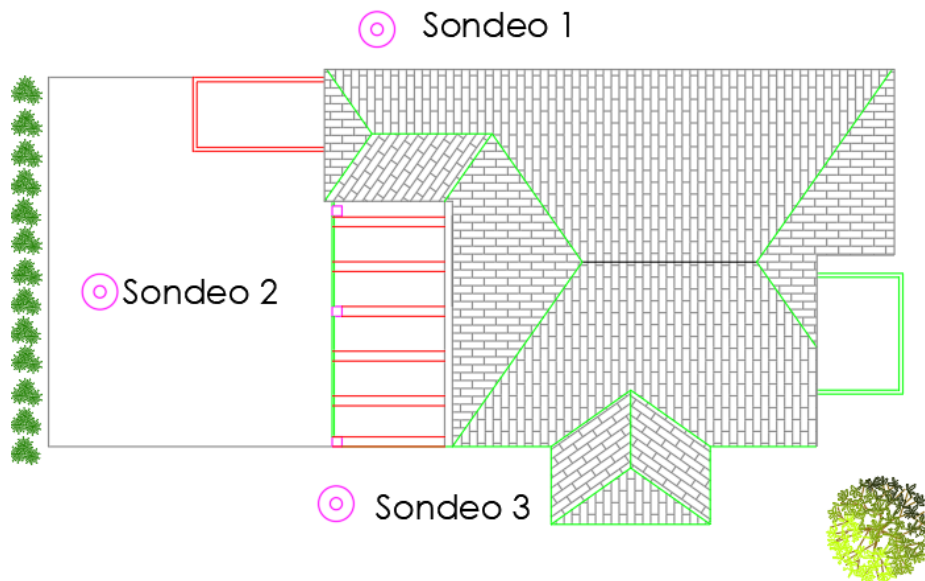


Imagen 25. Ubicación sondeos en Finca Villa Lupita

Sondeo	Norte	este	Profundidad (m)
Sondeo 1	1281036	1098763	3.90
Sondeo 2	1281021	1098777	5.00
Sondeo 3	1281034	1098784	3.30

Tabla 5. Ubicaciones coordenadas de Sondeos, Fuente: Propia

Así mismo, se pudo proponer un diseño de cimentación conforme a las propiedades conocidas bajo la supervisión y aprobación del ingeniero especializado en geotecnia, aclarando que este diseño podría estar sujeto a modificaciones del especialista estructural de ser necesario.

Los datos de campo y el cálculo de algunas variables por correlación para complementar la caracterización de fueron registradas en las siguientes tablas:

REGISTRO DE SONDEO									
Proyecto:		VIVIENDA FAMILIAR, VILLA LUPITA, LEBRIJA SANTANDER					Sondeo: S1		
Fecha Trabajos:		29/08/2020					Profundidad: 0.0-3.90 (metros)		
Coordenadas:		Norte: 1281036					Este: 1098763		
Profundidad		Muestra #	#Golpes(Cm)			N SPT	Descripción Visual	Tipo Muestra	
De	Hasta		15	15	15				
0,00	0,45	M1	3	4	5	9	Arena limosa color marrón claro humeado media-baja	SS	
0,45	0,90		6	7	9	16	Arena limosa color marrón claro humeado media-baja	SS	
0,90	1,00	AVANCE	10				Avance para completar 1,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
1,00	1,45	M2	14	14	11	25	Arena limosa color marrón claro humeado media-baja	SS	
1,45	1,90		14	14	7	21	Arena limosa color marrón claro humeado media-baja	SS	
1,90	2,00	AVANCE	6				Avance para completar 2,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
2,00	2,45	M3	11	11	11	22	Arena arcillosa color gris de humedad y plasticidad baja	SS	
2,45	2,90		18	18	24	42	Arena arcillosa color gris de humedad y plasticidad baja	SS	
2,90	3,00	AVANCE	15				Avance para completar 3,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
3,00	3,45	M4	30	38	33	71	Arena limosa color marrón claro humeado media-baja	SS	
3,45	3,90		33	28	28	56	Arena limosa color marrón claro humeado media-baja	SS	
3,90	Observacion:								

Tabla 6. Datos recolectados del Sondeo#1 Fuente: Propia

REGISTRO DE SONDEO									
Proyecto:		VIVIENDA FAMILIAR, VILLA LUPITA, LEBRIJA SANTANDER				Sondeo: S2			
Fecha Trabajos:		29/08/2020				Profundidad: 0.0-5.0 (metros)			
Coordenadas:		Norte: 1281021				Este: 1098777			
Profundidad		Muestra #	#Golpes(Cm)			NSPT	Descripción Visual	Tipo Muestra	
De	Hasta		15	15	15				
0,00	0,45	M1	7	6	4	10	Arena arcillosa color marron claro de humedad y plasticidad baja	SS	
0,45	0,90		3	7	7	14	Arena arcillosa color marron claro de humedad y plasticidad baja	SS	
0,90	1,00	AVANCE	4				Avance para completar 1,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
1,00	1,45	M2	6	5	5	10	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
1,45	1,90		7	6	9	15	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
1,90	2,00	AVANCE	10				Avance para completar 2,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
2,00	2,45	M3	11	16	13	39	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
2,45	2,90		15	20	20	40	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
2,90	3,00	AVANCE	15				Avance para completar 3,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
3,00	3,45	M4	18	15	18	33	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
3,45	3,90		19	23	27	50	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
3,90	4,00	AVANCE	25				Avance para completar 4,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
4,00	4,45	M5	16	19	17	36	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
4,45	4,90		23	39	48	87	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
4,90	5,00	AVANCE	25				Avance para completar 5,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
5,00	Observacion:								

Tabla 7. Datos recolectados del Sondeo#2 Fuente: Propia

REGISTRO DE SONDEO									
Proyecto:		VIVIENDA FAMILIAR, VILLA LUPITA, LEBRIJA SANTANDER					Sondeo: S3		
Fecha Trabajos:		29/08/2020					Profundidad: 0.0-3.30 (metros)		
Coordenadas:		Norte: 1281034					Este: 1098784		
Profundidad De	Hasta	Muestra #	#Golpes(Cm)			N SPT	Descripción Visual	Tipo Muestra	
			15	15	15				
0,00	0,45	M1	6	13	10	23	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
0,45	0,90		14	15	5	20	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
0,90	1,00	AVANCE	4				Avance para completar 1,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
1,00	1,45	M2	4	5	6	11	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
1,45	1,90		3	2	3	5	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
1.90	2,00	AVANCE	9				Avance para completar 2,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
2,00	2,45	M3	12	14	15	29	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
2,45	2,90		19	25	28	53	Arena limosa color marrón claro humead baja	SS	
2,90	3,00	AVANCE	24				Avance para completar 3,0m de profundidad	N.A	
								N.A	
3,00	3.30	M4	27	44	R	44	Arena arcillosa color marrón claro humead media-baja	SS	
3.30	Observacion:								

Tabla 8. Datos recolectados del Sondeo#3 Fuente: Propia

Tras la ejecución de la exploración en campo, se genera el perfil estratigráfico con base a los registros de perforación del sondeo y las muestras tomadas durante la ejecución de esta, a continuación, se presenta la estratigrafía del sitio del proyecto.

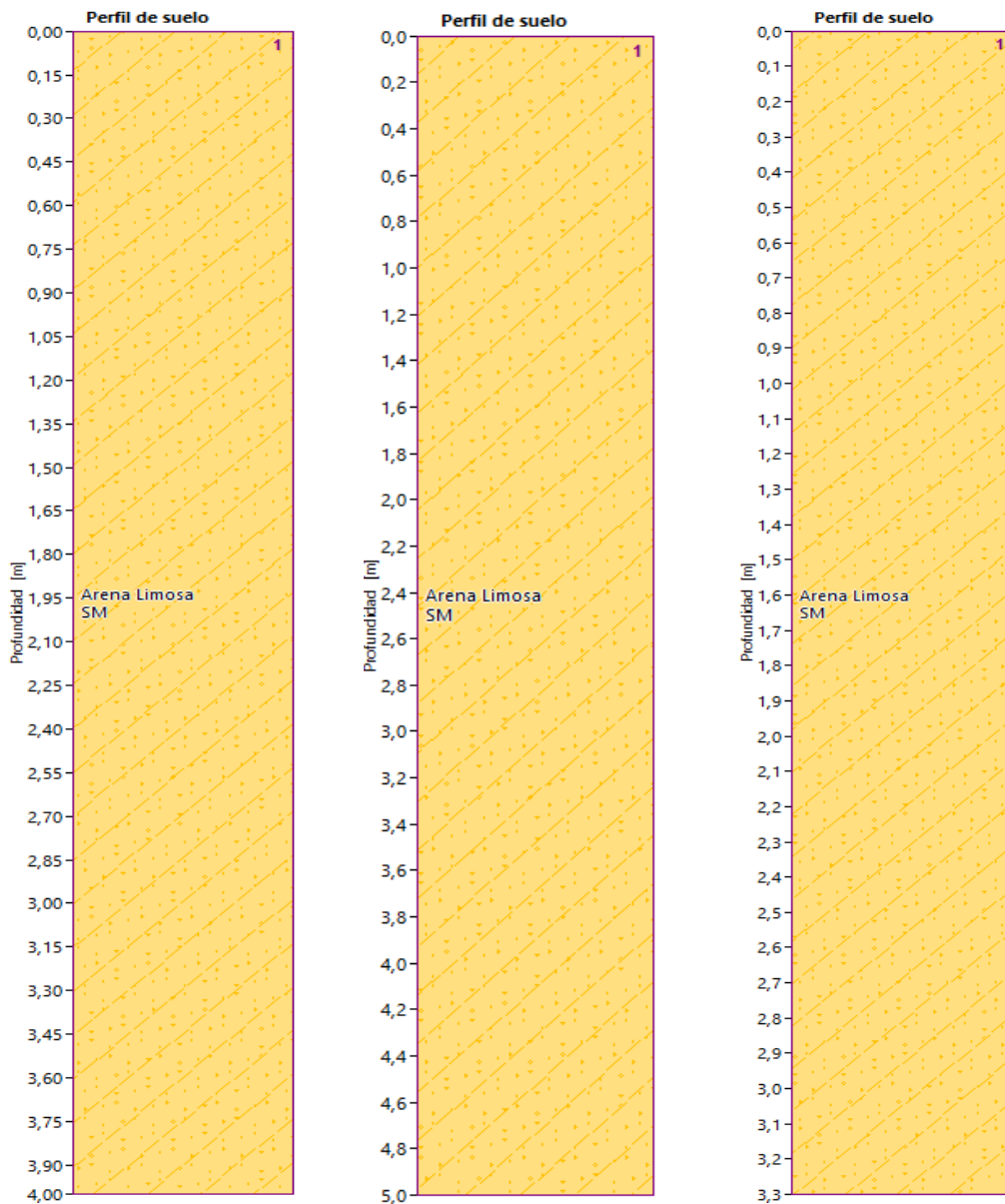


Imagen 26. Modelación perfil estratigráfico para cada sondeo, Fuente: Propia

Ya obtenido los resultados de laboratorio, se realiza el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación empleando cimentación superficial aislada sobre suelos areno-limosos y arcillosos (SM-SC). No se evidenció nivel freático durante la exploración a 5.0 metros de profundidad, la implantación mínima recomendada es a 1.20 metros desde el nivel actual, tomando como la cota 0.0 m la rasante existente, esta profundidad puede variar siempre y cuando se observen condiciones no aptas para la implantación de la cimentación.

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Ecuación 1. Ecuación General de la Capacidad de Carga por Terzaghi

Dónde: c = cohesión.

q =Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

γ =Peso específico del suelo.

B = Ancho de la cimentación.

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = Factores de forma.

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ =Factores de profundidad.

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = Factores de inclinación de carga.

$N_c N_q N_\gamma$ = Factores de capacidad de carga.

SONDEO 1									
C (KN/m²)	□ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	□□ (KN/m³)	□□ (KN/m³)	Qu (KN/m²)	Qadm (KN/m²)	Qadm (Ton/m²)
122,58	0,0 0	0,3 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1174,95	391,65	39,94
122,58	0,0 0	0,4 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1151,83	383,94	39,15
122,58	0,0 0	0,5 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1129,84	376,61	38,40
122,58	0,0 0	0,6 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1109,11	369,70	37,70
122,58	0,0 0	0,7 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1089,72	363,24	37,04
122,58	0,0 0	0,9 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1054,97	351,66	35,86
122,58	0,0 0	1,0 0	1,0 0	1,2 0	19,30	19,30	1039,54	346,51	35,33

SONDEO 2									
C (KN/m²)	□ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	□□ (KN/m³)	□□ (KN/m³)	Qu (KN/m²)	Qadm (KN/m²)	Qadm (Ton/m²)
93,00	0,0 0	0,3 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	895,83	298,61	30,45
93,00	0,0 0	0,4 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	878,29	292,76	29,85
93,00	0,0 0	0,5 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	861,61	287,20	29,29
93,00	0,0 0	0,6 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	845,88	281,96	28,75
93,00	0,0 0	0,7 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	831,17	277,06	28,25
93,00	0,0 0	0,9 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	804,80	268,27	27,36
93,00	0,0 0	1,0 0	1,0 0	1,2 0	18,32	18,32	793,10	264,37	26,96

SONDEO 3									
C (KN/m ²)	□ (°)	B (m)	B/ L	Df (m)	□□ (KN/m ³)	□□ (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Qadm (Ton/m ²)
0,00	30,0 0	0,3 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	943,78	314,59	32,08
0,00	30,0 0	0,4 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	941,90	313,97	32,02
0,00	30,0 0	0,5 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	940,73	313,58	31,98
0,00	30,0 0	0,6 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	940,35	313,45	31,96
0,00	30,0 0	0,7 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	940,80	313,60	31,98
0,00	30,0 0	0,9 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	944,26	314,75	32,10
0,00	30,0 0	1,0 0	1,0 0	1,2 0	18,81	18,81	947,21	315,74	32,20

Tabla 9. Calculo capacidad portante para cada Sondeo, Fuente: Correlaciones libro DAS

Tomando como referencia las cargas máximas del sondeo representativo anteriormente calculada, se determina el asentamiento inmediato bajo el cimiento. Los asentamientos esperados en el caso hipotético que la cimentación se encuentre bajo carga admisible máxima son (Se en mm):

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	\square s	L/B	\square r	Se (mm)
0,30	391,65	80000	0,35	1,00	0,988	1,27
0,40	383,94	80000	0,35	1,00	0,988	1,66
0,50	376,61	80000	0,35	1,00	0,988	2,04
0,60	369,70	80000	0,35	1,00	0,988	2,40
0,70	363,24	80000	0,35	1,00	0,988	2,75
0,90	351,66	80000	0,35	1,00	0,988	3,43
1,00	346,51	80000	0,35	1,00	0,988	3,75

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	\square s	L/B	\square r	Se (mm)
0,30	298,61	80000	0,35	1,00	0,988	0,97
0,40	292,76	80000	0,35	1,00	0,988	1,27
0,50	287,20	80000	0,35	1,00	0,988	1,56
0,60	281,96	80000	0,35	1,00	0,988	1,83
0,70	277,06	80000	0,35	1,00	0,988	2,10
0,90	268,27	80000	0,35	1,00	0,988	2,62
1,00	264,37	80000	0,35	1,00	0,988	2,86

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	\square s	L/B	\square r	Se (mm)
0,30	314,59	80000	0,35	1,00	0,988	1,02
0,40	313,97	80000	0,35	1,00	0,988	1,36
0,50	313,58	80000	0,35	1,00	0,988	1,70
0,60	313,45	80000	0,35	1,00	0,988	2,04
0,70	313,60	80000	0,35	1,00	0,988	2,38
0,90	314,75	80000	0,35	1,00	0,988	3,07
1,00	315,74	80000	0,35	1,00	0,988	3,42

Tabla 10. Cálculo de asentamientos para Sondeo 1,2 y 3 respectivamente

Por medio del Software Geo 5 fue posible proponer el siguiente diseño de Cimentación:

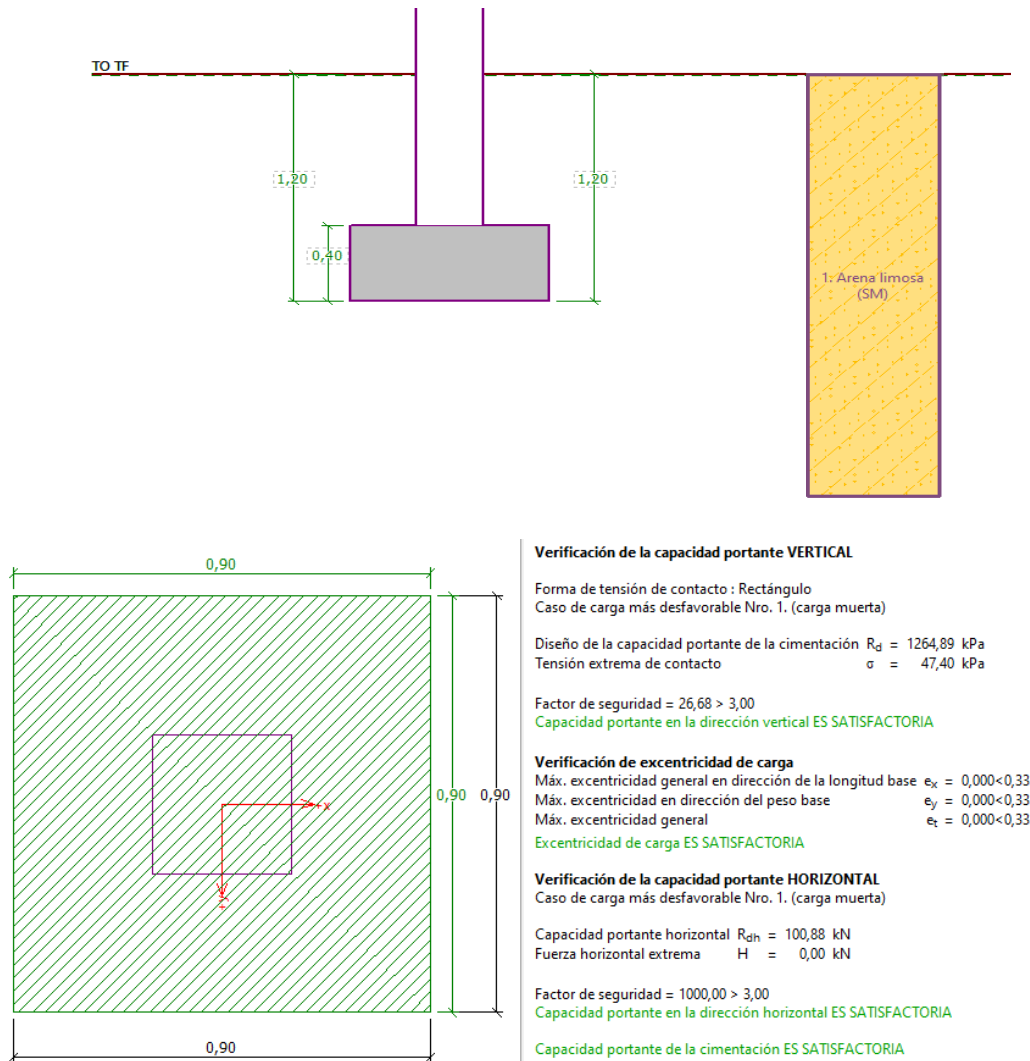


Imagen 27. Modelación cimentación en Software Geo5

5.4. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO SAHAGUN-CORDOBA

En el plan de vuelo se analizó todo el terreno que debíamos abarcar para cubrir toda la zona del lote donde posiblemente se intervendrá para hacer una cantera abierta en Sahagún, con la finalidad de generar un archivo KML base para el mapeo densificado con la calidad de la zona a identificar, este archivo KML que generamos es desde la oficina o en campo y

luego procedemos a editar las opciones del vuelo; parámetros de seguridad, orientación de despegue y aterrizaje, dirección de vuelo, porcentaje de traslapo o superposición de fotos, verificación de lista de chequeo para vuelo seguro y posteriormente despegue. Cada punto azul nos indica la zona donde el dron tomo la foto según el plan de vuelo o trayectoria propuesta dentro de la aplicación WingraPilot.

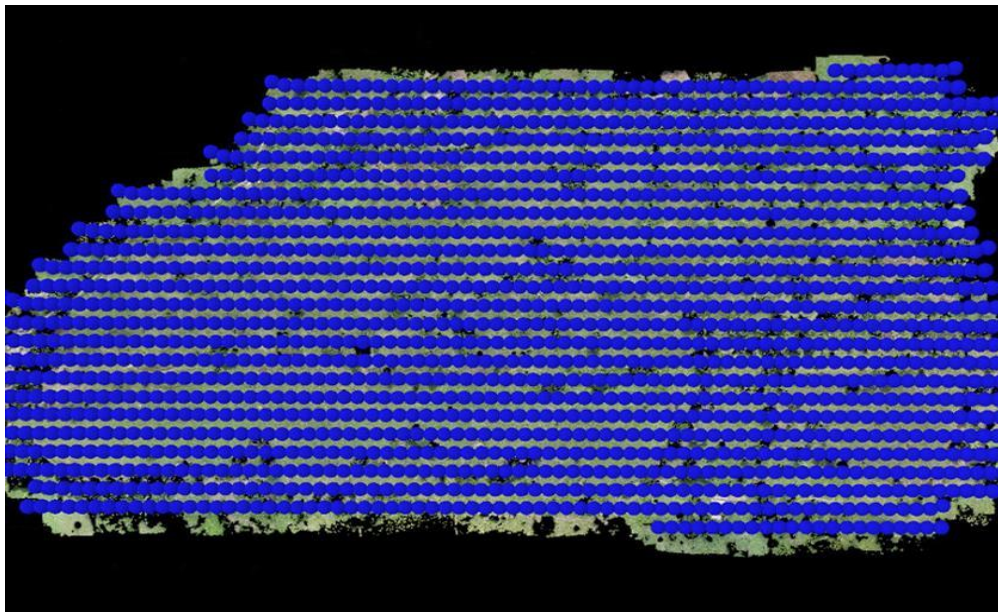


Imagen 28. Plan de vuelo para Lote Sahagún-Córdoba, Fuente: Pix4DMapper

Un parámetro importante que nos define la calidad del mapeo es la altura correspondiente de vuelo en la zona a trabajar, este parámetro es el que me indica el factor del GSD o calidad de imagen. Para nuestro vuelo tomamos una altura sobre el terreno de 135 metros, lo cual nos indica un GSD lineal aproximado de 1.8 cm/píxel o área de 3.24 cm² /píxel.

En la siguiente imagen podemos identificar la instalación de un módulo GPS-RTK X900 que nos genera un punto con coordenadas en crudo y coordenadas específicas

(basadas en internet), la cual nos permite aumentar la calidad de georreferenciación de las imágenes que toma el drone utilizando como soporte el módulo de procesamiento PPK.



Imagen 29. Ubicación GPS-RTK X900 en lote Sahagún, fuente: Propia

Ya obteniendo todos los resultados del drone que son las imágenes correspondientes por vuelo y el enlace de las imágenes con el módulo PPK y el GPS-RTK X900 para la georreferenciación de imágenes con coordenadas satelitales, procedemos a utilizar el software Pix4DMapper para la generación de todos los procesos (3 Macroprocesos) respectivos para obtener la información requerida del terreno a estudiar, todo esta información queda procesada en el software y me genera un informe de control de calidad que nos muestra los resultados con exactitud del proceso en totalidad.

Proyecto	Sahagún
Procesado Modelo de Cámara	2020-09-14 18:02:49
Modelo de Cámara	DSC-RX1RM2_35.0_7952x5304 (RGB)
Distancia Promedio Lineal (GSD)	1.87 cm / 0.73 in

Área de Trabajo		1.747 km ² / 174.6585 ha / 0.67 sq. mi. / 431.8139 acres
Imágenes	Promedio de 35863 puntos clave por imagen	✓
Datos	1694 de 1694 calibración de imágenes (100%), todas las imágenes	✓
Optimización de	0.1% diferencia relativa entre parámetros iniciales y optimizados de la	✓
Emparejamiento	Promedio de 8408.08 uniones por imagen calibrada	✓

Tabla 11. Resultado Informe de calidad, Fuente: Pix4DMapper

La siguiente tabla me indica el RMS Error, este valor nos permite conocer la diferencia que hay en el plano de coordenadas real (ejerce sobre el planeta tierra), y el plano de coordenadas que genera el software con la nube de puntos generada por este mismo, es decir la exactitud de la georreferenciación.

Min Error	Max Error	Geolocation Error X	Geolocation Error Y	Geolocation Error Z
-	-3.16	0.00	0.00	0.00
-3.16	-2.53	0.00	0.00	0.00
-2.53	-1.90	0.00	0.00	0.06
-1.90	-1.27	0.00	0.00	0.00
-1.27	-0.63	0.00	0.00	0.00
-0.63	0.00	50.24	49.06	49.65
0.00	0.63	49.76	50.89	50.30
0.63	1.27	0.00	0.00	0.00
1.27	1.90	0.00	0.00	0.00
1.90	2.53	0.00	0.00	0.00
2.53	3.16	0.00	0.00	0.00
3.16	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.000296	0.000592	-0.000984
Sigma [m]		0.012530	0.024424	0.049853
RMS Error [m]		0.012533	0.024432	0.049863

Tabla 12. Informe de calidad georreferenciación, Fuente: Pix4DMapper

Las siguientes imágenes son resultados del total de procesamiento; las curvas de nivel generadas son de gran exactitud, en algunas zonas puede afectar la vegetación alta si no es modificado manualmente en la nube de puntos, los planos entregados fueron elaborados

manualmente con la georreferenciación que nos entrega el resultado del Drone y el Pix4DMapper.



Imagen 30. Ortomosaico lote Sahagún-Córdoba Fuente: Pix4DMapper

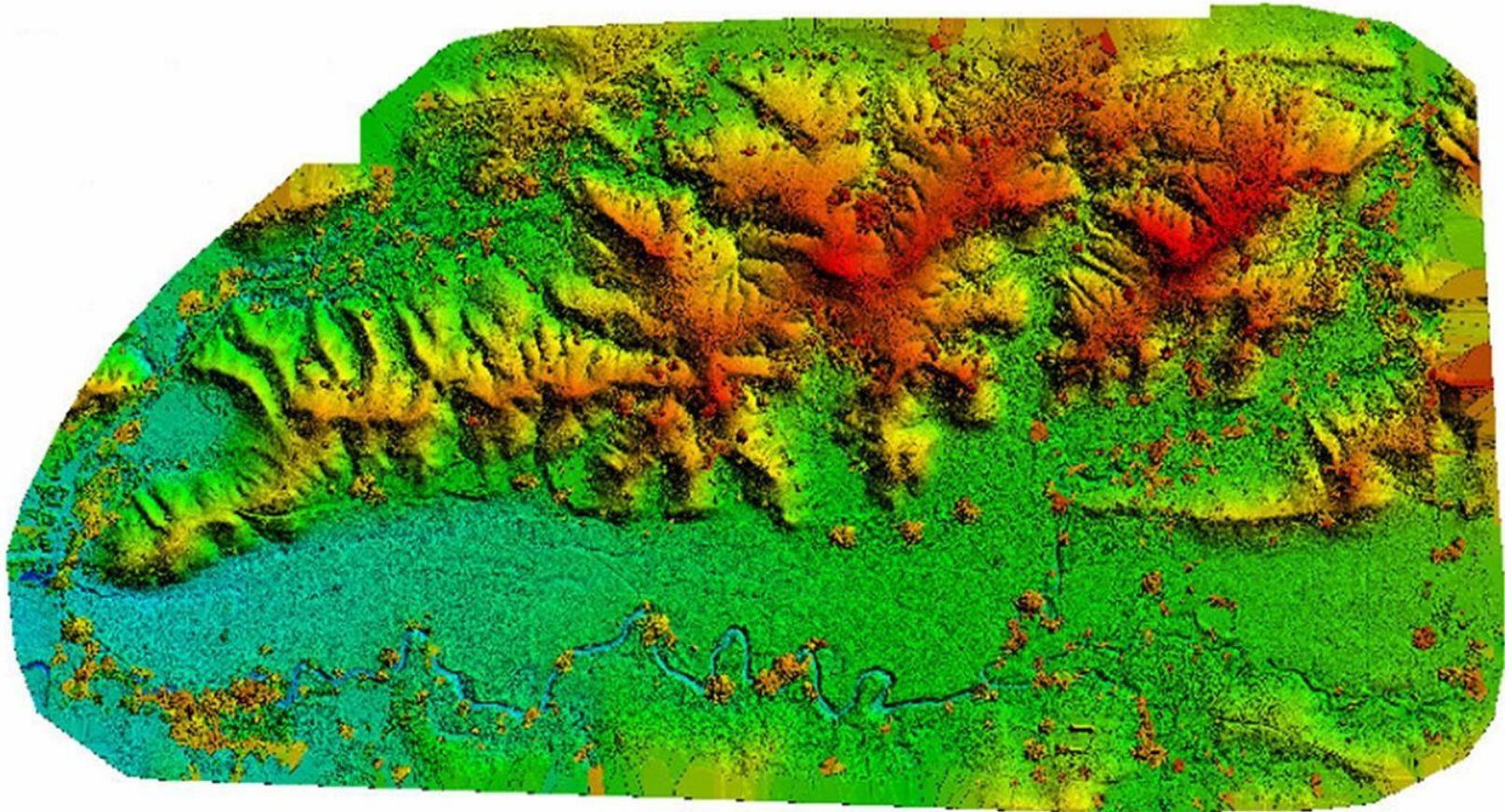


Imagen 31 Modelo digital de superficie de lote Sahagún-Córdoba Fuente: Pix4DMapper

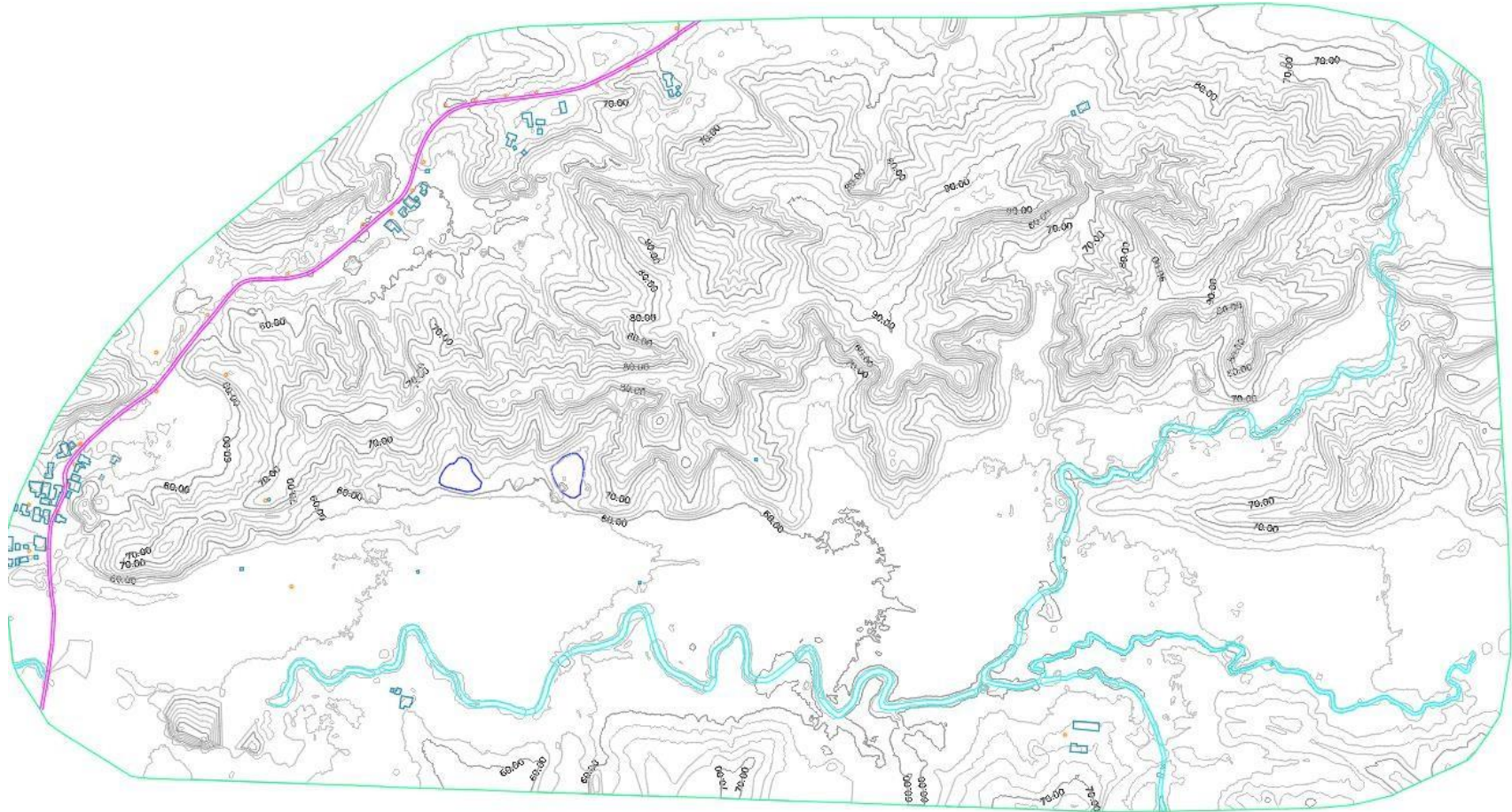


Imagen 32. Plano elaborado con curvas de nivel cada 2 metros Fuente: Pix4DMapper – Civil3D

5.5. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO APARTADÓ-ANTIOQUIA

En el plan de vuelo se analizó todo el terreno que debíamos abarcar para cubrir todos los ríos a estudiar que son; Río Grande, Río Apartadó, Río Vijagual, Río Carepa. Con la finalidad de generar los archivos KML base para el mapeo densificado con la calidad de la zona a identificar, estos archivos KML que generamos es desde la oficina o en campo y luego procedemos a editar las opciones del vuelo; parámetros de seguridad, orientación de despegue y aterrizaje, dirección de vuelo, porcentaje de traslapeo o sobreposición de fotos, verificación de lista de chequeo para vuelo seguro y posteriormente despegue.



Imagen 33. Ubicación WingtraOne Drone proyecto vuelo Río Apartadó, Fuente: Propia

Un parámetro importante que nos define la calidad del mapeo es la altura correspondiente de vuelo en la zona a trabajar, este parámetro es el que me indica el factor del GSD o calidad de imagen. Para todos los vuelos tomamos una altura sobre el terreno de 225 metros, lo cual nos indica un GSD lineal aproximado de 3.1 cm/píxel o área de 9.61 cm² /píxel.

En la siguiente imagen se podrá identificar como fue el recorrido del drone sobre el terreno que volamos, esta proyección sobre el terreno proviene del software Pix4DMapper en la cual nos indica cada punto azul como un momento exacto de cada ráfaga de fotos. En el fondo se puede identificar la nube de puntos ya densificada por el procesamiento del software y las imágenes georreferenciadas. Cada punto azul nos indica la zona donde el drone tomo la foto según el plan de vuelo o trayectoria propuesta dentro de la aplicación WingraPilot.

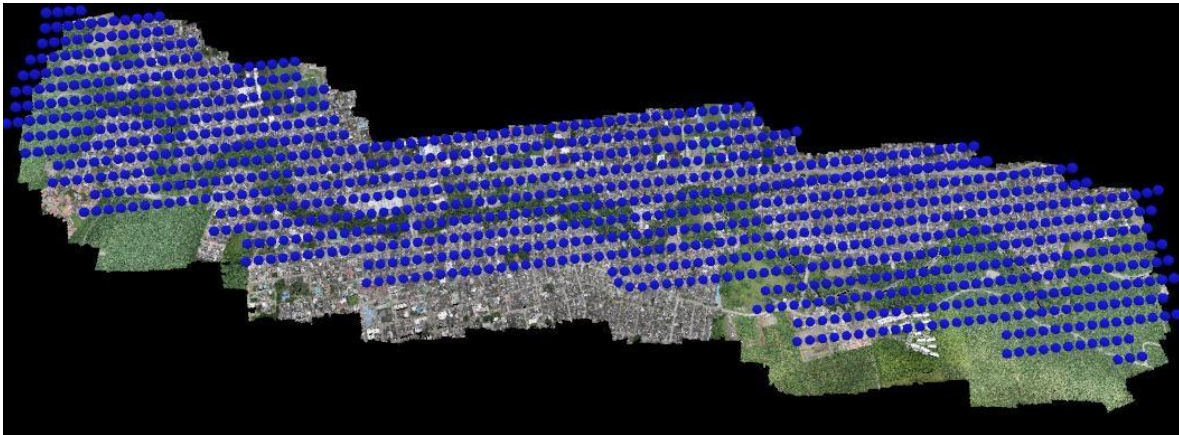


Imagen 34. Plan de vuelo Río Apartadó. Fuente: Pix4DMapper

En la siguiente imagen podemos identificar la instalación de un módulo GPS-RTK X900 que nos genera un punto con coordenadas en crudo y coordenadas específicas (basadas en internet), la cual nos permite aumentar la calidad de georreferenciación de las imágenes que toma el drone utilizando como soporte el módulo de procesamiento PPK.



Imagen 35. Ubicación GPS-RTK X900 para proyecto Río Apartadó, Fuente: Propia

Ya obteniendo todos los resultados del dron que son las imágenes correspondientes por vuelo y el enlace de las imágenes con el módulo PPK y el GPS-RTK X900 para la georreferenciación de imágenes con coordenadas satelitales, procedemos a utilizar el software Pix4DMapper para la generación de todos los procesos (3 Macroprocesos) respectivos para obtener la información requerida del terreno a estudiar, toda esta información queda procesada en el software y me genera un informe de control de calidad que nos muestra los resultados con exactitud del proceso en totalidad.

Proyecto	Río Carepa
Procesado Modelo de Cámara	2020-10-03 12:09:49
Modelo de Cámara	DSC-RX1RM2_35.0_7952x5304 (RGB)
Distancia Promedio Lineal (GSD)	3.18 cm / 1.37 in

Área de Trabajo	3.686 km ² / 368.5885 ha / 1.42 sq. mi. / 911.2736 acres	
Imágenes	Promedio de 39445 puntos clave por imagen	✓
Datos	1037 de 1037 calibración de imágenes (100%), todas las imágenes permitidas	✓
Optimización de	0.44% diferencia relativa entre parámetros iniciales y optimizados de la cámara	✓
Emparejamiento	Promedio de 10894.5 uniones por imagen calibrada	✓
Georreferencia	Completa, no 3D GCP	✓

Tabla 13. Resultado informe de calidad, Fuente: Pix4DMapper

La siguiente tabla me indica el RMS Error, este valor nos permite conocer la diferencia que hay en el plano de coordenadas real (ejerce sobre el planeta tierra), y el plano de coordenadas que genera el software con la nube de puntos generada por este mismo, es decir la exactitud de la georreferenciación.

Min Error	Max Error	Geolocation Error X	Geolocation Error Y	Geolocation Error Z
-	-2.81	0.00	0.10	0.00
-2.81	-2.24	0.00	0.10	0.00
-2.24	-1.68	0.19	0.00	3.05
-1.68	-1.12	0.00	0.00	0.00
-1.12	-0.56	0.00	0.00	0.00
-0.56	0.00	39.05	46.00	56.55
0.00	0.56	60.75	53.81	40.12
0.56	1.12	0.00	0.00	0.29
1.12	1.68	0.00	0.31	0.00
1.68	2.24	0.00	0.00	0.00
2.24	2.81	0.00	0.00	0.00
2.81	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.008467	-0.004884	-0.132637
Sigma [m]		0.095600	0.133487	0.166621
RMS Error [m]		0.095974	0.133576	0.189499

Tabla 14. informe de calidad georreferenciación, Fuente: Pix4DMapper

Las siguientes imágenes son resultados del total de procesamiento; las curvas de nivel generadas son de gran exactitud, en algunas zonas puede afectar la vegetación alta si

no es modificado manualmente en la nube de puntos, los planos entregados fueron elaborados manualmente con la georreferenciación que nos entrega el resultado del Drone y el Pix4DMapper.

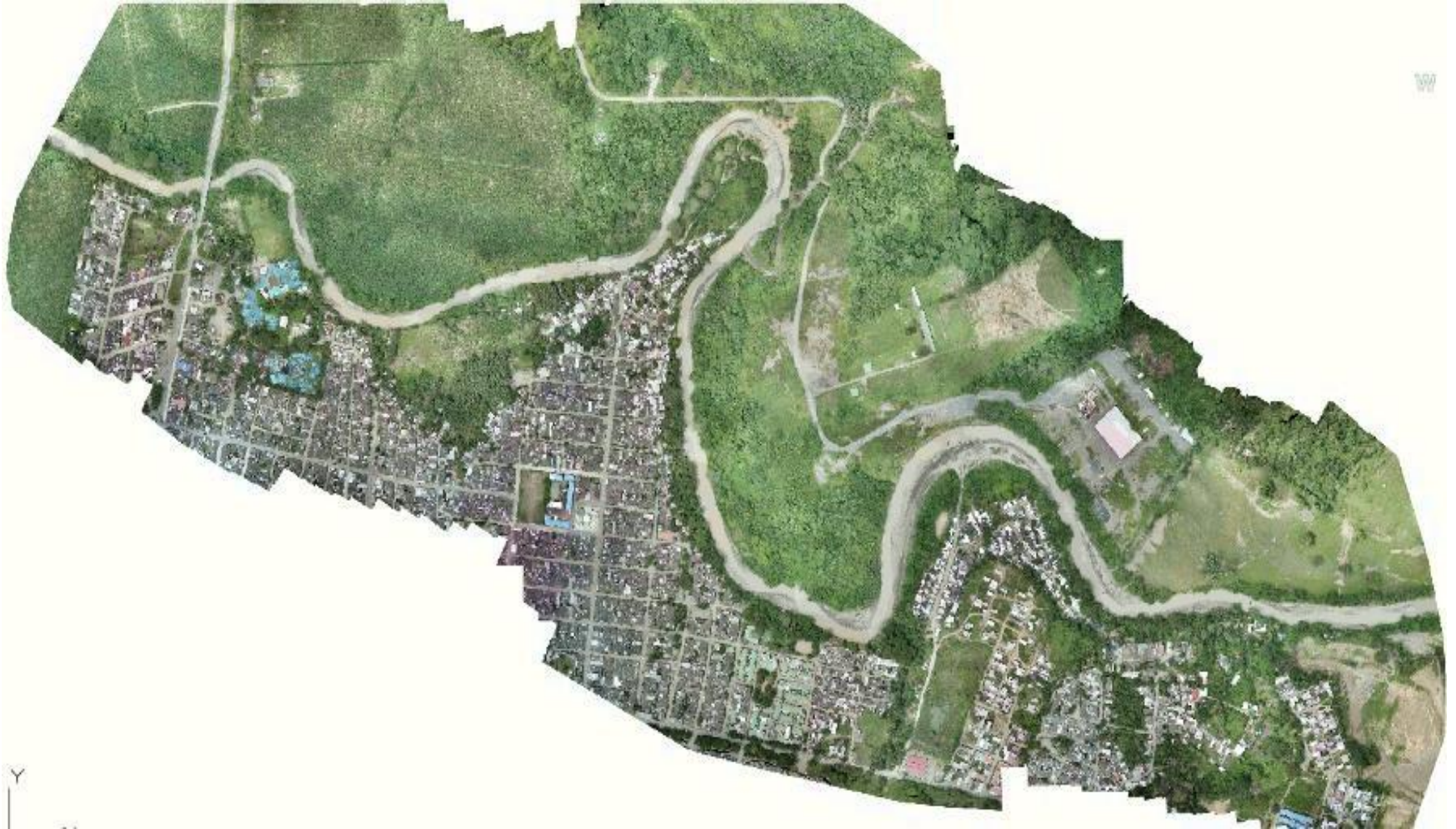


Imagen 36. Ortomosaico georreferenciado Río Carepa Fuente: Pix4DMapper



Imagen 37. MDS de Río Carepa Fuente: Pix4DMapper

5.6. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO PARA VÍA ANILLO VIAL – ZAPATOCA

En el plan de vuelo se analizó todo el terreno que debíamos abarcar para cubrir el tramo indicado entre el Anillo Vial y la vía que comunica Girón-Zapatoca, con la finalidad de generar los archivos KML base para el mapeo densificado con la calidad de la zona a identificar, estos archivos KML que generamos es desde la oficina o en campo y luego procedemos a editar las opciones del vuelo; parámetros de seguridad, orientación de despegue y aterrizaje, dirección de vuelo, porcentaje de traslapo o sobreposición de fotos, verificación de lista de chequeo para vuelo seguro y posteriormente despegue.



Imagen 38. Ubicación drone proyecto Anillo Vial-Zapatoca, fuente: Propia

Un parámetro importante que nos define la calidad del mapeo es la altura correspondiente de vuelo en la zona a trabajar, este parámetro es el que me indica el factor del GSD o calidad de imagen. Para todos los vuelos tomamos una altura sobre el terreno de

190 metros, lo cual nos indica un GSD lineal aproximado de 2.8 cm/píxel o área de 7.84 cm² /píxel.

En la siguiente imagen se podrá identificar como fue el recorrido del drone sobre el terreno que volamos, esta proyección sobre el terreno proviene del software Pix4DMapper en la cual nos indica cada punto azul como un momento exacto de cada ráfaga de fotos. En el fondo se puede identificar la nube de puntos ya densificada por el procesamiento del software y las imágenes georreferenciadas. Cada punto azul nos indica la zona donde el drone tomo la foto según el plan de vuelo o trayectoria propuesta dentro de la aplicación WingraPilot

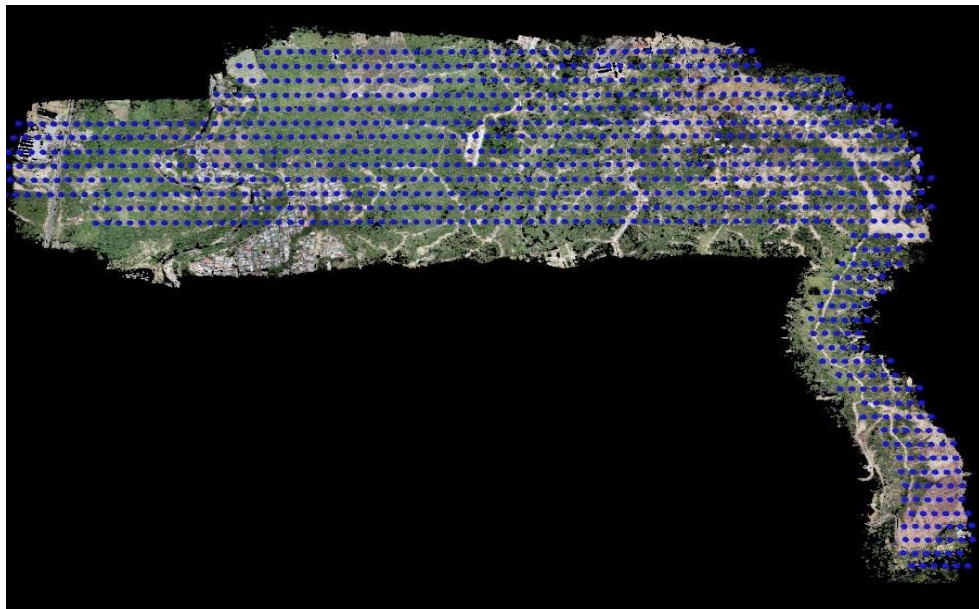


Imagen 39. Plan de vuelo Anillo Vial-Zapatoca Fuente:Pix4DMapper

En la siguiente imagen podemos identificar la instalación de un módulo GPS-RTK X900 que nos genera un punto con coordenadas en crudo y coordenadas específicas (basadas en internet), la cual nos permite aumentar la calidad de georreferenciación de las imágenes que toma el drone utilizando como soporte el módulo de procesamiento PPK.



Imagen 40. Ubicación GPS-RTK X900 para vuelo Anillo Vial-Zapatoca, Fuente Propia

Ya obteniendo todos los resultados del drone que son las imágenes correspondientes por vuelo y el enlace de las imágenes con el módulo PPK y el GPS-RTK X900 para la georreferenciación de imágenes con coordenadas satelitales, procedemos a utilizar el software Pix4DMapper para la generación de todos los procesos (3 Macroprocesos) respectivos para obtener la información requerida del terreno a estudiar, todo esta información queda procesada en el software y me genera un informe de control de calidad que nos muestra los resultados con exactitud del proceso en totalidad.

Proyecto	Nueva vía Anillo Vial-Zapatoca
Procesado Modelo de Cámara	2020-10-16 18:02:49
Modelo de Cámara	DSC-RX1RM2_35.0_7952x5304 (RGB)
Distancia Promedio Lineal (GSD)	2.87 cm / 1.13 in

Área de Trabajo	2.537 km ² / 253.6785 ha	
Imágenes	Promedio de 44118 puntos clave por imagen	✓
Datos	1036 de 1036 calibración de imágenes (100%), todas las imágenes permitidas	✓
Optimización de Cámara	0.11% diferencia relativa entre parámetros iniciales y optimizados de la cámara	✓
Emparejamiento	Promedio de 19668.3 uniones por imagen calibrada	✓
Georreferencia	Completa, no 3D GCP	✓

Tabla 15. Resultado informe de Calidad Fuente: Pix4DMapper

La siguiente tabla me indica el RMS Error, este valor nos permite conocer la diferencia que hay en el plano de coordenadas real (ejerce sobre el planeta tierra), y el plano de coordenadas que genera el software con la nube de puntos generada por este mismo, es decir la exactitud de la georreferenciación.

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-0.08	0.00	0.00	0.00
-0.08	-0.06	0.00	0.00	0.00
-0.06	-0.05	0.00	0.00	0.10
-0.05	-0.03	0.00	0.00	1.93
-0.03	-0.01	0.00	0.00	12.55
-0.01	0.00	49.71	49.71	34.85
0.00	0.01	50.29	50.29	37.36
0.01	0.03	0.00	0.00	12.45
0.03	0.05	0.00	0.00	0.68
0.05	0.06	0.00	0.00	0.10
0.06	0.08	0.00	0.00	0.00
0.08	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.000001	-0.000005	-0.000324
Sigma [m]		0.001783	0.001440	0.013998
RMS Error [m]		0.001783	0.001440	0.014002

Tabla 16. informe de Calidad georreferenciación Fuente: Pix4DMapper

Las siguientes imágenes son resultados del total de procesamiento; las curvas de nivel generadas son de gran exactitud, en algunas zonas puede afectar la vegetación alta si no es modificado manualmente en la nube de puntos, los planos entregados fueron elaborados manualmente con la georreferenciación que nos entrega el resultado del Drone y el Pix4DMapper



Imagen 41. Ortomosaico área completa vuelo Anillo Vial- Zapatoa Fuente: Pix4DMapper

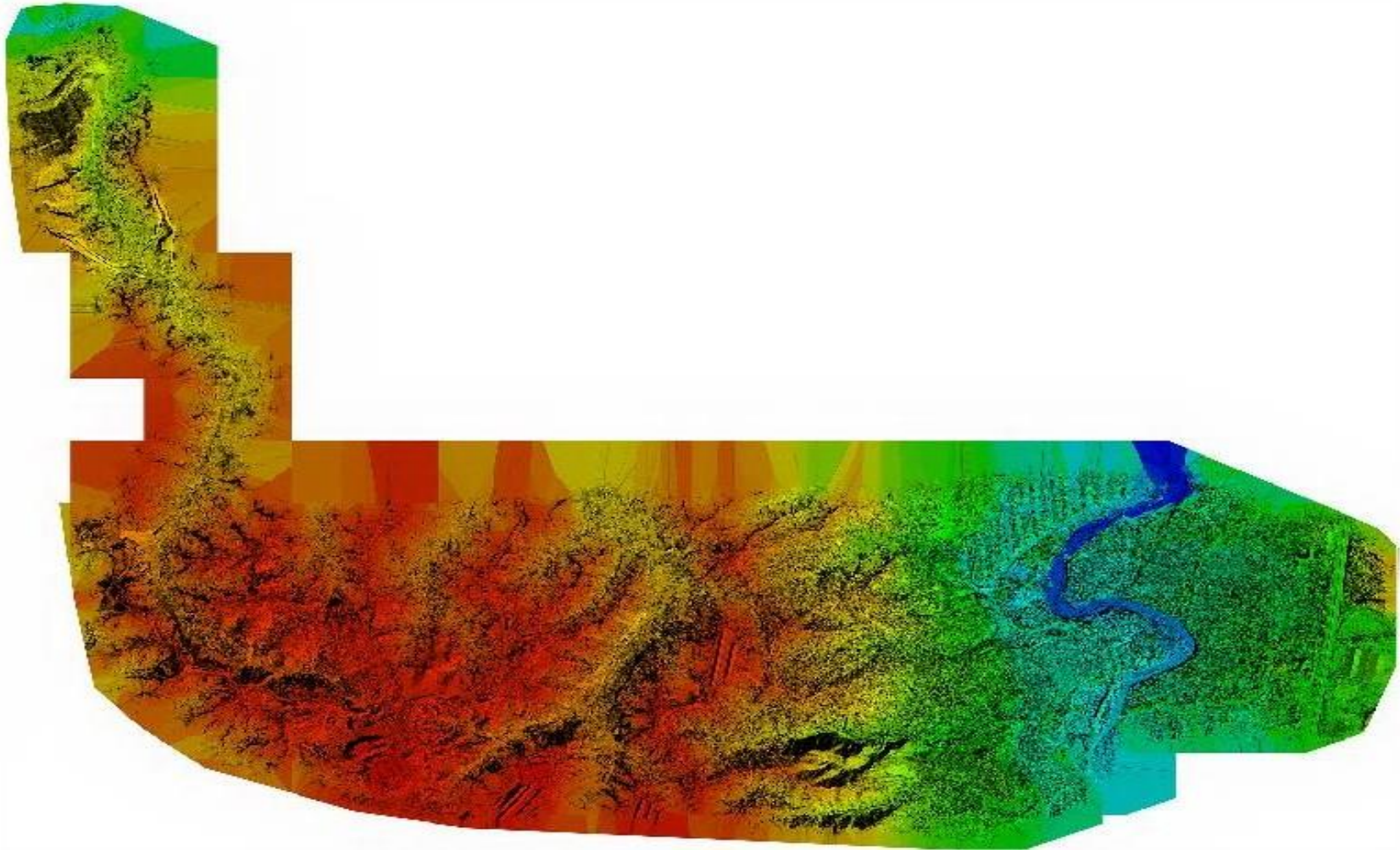


Imagen 42. Modelo Digital de Superficie vuelo Anillo Vial-Zapatoca Fuente: Pix4DMapper



Imagen 43. Generación de Superficie basada en Curvas de nivel cada 2 metros Fuente: Pix4DMapper – Civil3D

5.7. CONTROL DE DENSIDADES DE CAMPO EN ALTOS DEL BOSQUE, PIEDECUESTA

El proyecto consiste en la construcción del conjunto residencial campestre Altos del Bosque, con lotes de un área desde 252 m² para viviendas multifamiliares de hasta dos (2) pisos como el inicio de la urbanización en la vereda Pajonales, se planteó mejoramiento en el transporte terrestre en el acceso al lugar que se podrá comunicar con el municipio de Piedecuesta y en el futuro con los municipios aledaños que involucren el paso en esta zona. No se observó alguna otra intervención constructiva alrededor del sitio de estudio a considerar. Las viviendas existentes en áreas aferentes a la zona de estudio no son cuantiosas.



Imagen 44. Zona de compactación Altos del Bosque – Piedecuesta, Fuente: Propia

La exploración empleada para este estudio de suelos, se basó cumpliendo lo establecido en las Normas de Ensayo de materiales para carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el objetivo principal de este estudio de suelos fue analizar la conformación de las capas del terreno mediante el ensayo de campo de densidad con el cono y la arena y el

ensayo modificado de compactación para establecer el grado de compactación que presentan las capas.

La primera etapa consiste en la realización del ensayo Modificado de Compactación (Proctor) INV E-142-13 en el laboratorio. Se decide el método con el que se va a realizar el ensayo, método (A tamiz No. 4, B tamiz 3/8, C tamiz 3/4) dependiendo de la masa de sobre tamaños que está presente se decide el método. Se toma el material, se comienza a tamizar y se registra el material pasante. Obtenido el resultado de laboratorio para este respectivo ensayo Proctor, se obtiene la siguiente gráfica:

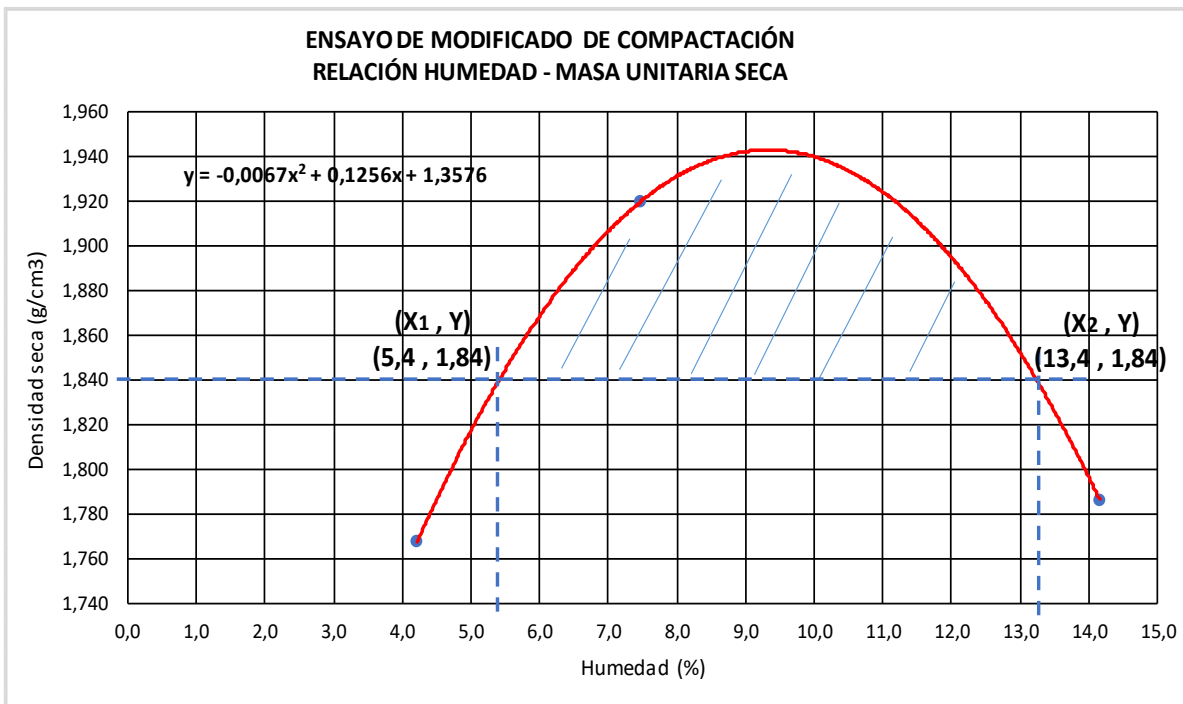


Imagen 45. Gráfica valor de la Densidad Máxima seca y Humedad Óptima para Material de Compactación

Esto indica que, si el contenido de humedad obtenido está entre el 5,4% y el 13,4%, el grado de compactación (GC_i) estará entre el 95% y el 100% en los puntos donde las densidades de campo fueron tomadas para el suelo que posea las propiedades del material 1.

Rango de Humedad mínima y máxima			
	Humedad Mínima	Humedad Óptima	Humedad Máxima
	($GC_i=95\%$) ($\gamma_{d,i}=1,84 \text{ g/cm}^3$)	($GC_i=100\%$) ($\gamma_{d,i}=1,94 \text{ g/cm}^3$)	($GC_i=95\%$) ($\gamma_{d,i}=1,84 \text{ g/cm}^3$)
Material 1	5,4%	9,3%	13,4%

Tabla 17. Análisis de Humedad mínima y máxima para material de Compactación

La segunda etapa consiste en la realización del ensayo INV E-161-13 en el sitio del Proyecto, que consiste en buscar una zona que este nivelado para poder realizar el ensayo. Se proyectan previamente los puntos dónde se realizará el ensayo una vez en campo, se prepara el sitio de tal forma que la superficie del suelo esté plano y nivelado, si es necesario nivelarlo se usa la placa base como herramienta. Una vez nivelado, se ubica la placa y se verifica que esté en contacto con la superficie del suelo alrededor del orificio central de la placa y después se limpia la pestaña del orificio. Se lleva a cabo la fase de calibración del equipo en donde se conocerá el peso de la arena en el cono, para eso se coloca la base en el sitio ya nivelado, se pesa el equipo primero para registrarlo en el formato de campo. Una vez registrado se ubica el equipo a la placa base y se abre la válvula para que la arena llene el cono. Cuando se vea que la arena ya no baje más, se cierra la válvula, se retira el equipo y se pesa, se hace el cálculo correspondiente para conocer el peso de la arena en el cono.



Imagen 46. Ejecución In-Situ de ensayo de cono de arena en obra Altos del Bosque

Luego de hacer la calibración del equipo se procede a excavar manualmente un hueco en el suelo, teniendo cuidado de no alterar o deformar el suelo alrededor del hueco. Se coloca todo el material en un recipiente, se pesa y se conserva para realizar la humedad de campo (in-situ) por medio del ensayo el cual consiste en tomar una porción del material extraído para colocar dentro del humidómetro, se le añade carburo de calcio junto con una esfera de acero, se cierra el equipo se procede a sacudir en un movimiento rotatorio que hace que el carburo entre en contacto con el agua del suelo, generando un gas en cantidad proporcional al agua. Por medio de manómetro adaptado al equipo se lee el contenido de agua de la masa del suelo. Se pone el equipo de cono y arena sobre el hueco para llenarlo con una arena de densidad conocida que fluirá libremente. Es importante que, durante la realización del ensayo, evitar en el área aledaña las vibraciones causadas por la maquinaria de construcción y del personal. Finalmente se calcula la densidad húmeda del suelo en el lugar dividiendo la masa del material húmedo removido por el volumen del hueco. Se determina el contenido de humedad del material extraído del hueco y se calcula su masa seca y su densidad seca in-situ, usando la masa húmeda del suelo, la humedad y el volumen del hueco. El grado de

compactación debe ser igual o superior al parámetro presente en el INVÍAS para la conformación del pavimento.


	SUELOS Y GEOTECNIA S.A.S					
	NIT: 900922834-7					
	FORMATO TOMA DE DENSIDADES DE CAMPO CON EL CONO DE ARENA INV E-161-13					Versión
						DC-01-2018
Cliente:	R.C. CONSTRUCCIONES				Tramo:	
Proyecto:	Urbanización Altos del Bosque					
Fecha Trabajos:	25-nov-20					
Ubicación:						
Número de Ensayo:	1	2	3	4	5	6
Capa Ensayada:	-	-	-	-	-	-
Fase Calibración						
Peso Cono + Arena antes (gr):	5936	5936	5936	5936	5936	5936
Peso Cono + Arena después (gr):	4227	4227	4227	4227	4227	4227
Densidad de la arena del cono (gr/cm ³):	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Fase Ensayo						
Peso del suelo extraído de excavación (gr):	3071	2914	2800	3272	3006	3005
Peso Cono + Arena antes de ensayo (gr):	5804	5799	5791	5786	5783	5777
Peso Cono + Arena después de ensayo (gr):	2143	2062	2214	2015	2151	2213
Peso Arena en cono (gr):	1709	1709	1709	1709	1709	1709
Peso arena en excavación (gr):	1952	2028	1868	2062	1923	1855
Vol excavación (cm ³):	1446	1502	1384	1527	1424	1374
Densidad húmeda del material (gr/cm ³):	2,12	1,94	2,02	2,14	2,11	2,19
Humedad de campo (Humedometro %):	11,6	13,8	12,6	12,4	11,8	12,2
Densidad seca del material (gr/cm ³):	1,90	1,70	1,80	1,91	1,89	1,95
Densidad seca Máxima del material (Proctor) (gr/cm ³):	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Compactación mínima según NORMA Gc%:	95	95	95	95	95	95
Grado de Compactación Gi%:	98,1	87,9	92,6	98,2	97,3	100

Tabla 18. Datos obtenidos en campo de ensayo de cono de arena en Altos del Bosque

En el Capítulo 2 de las Especificaciones Generales de Construcción de carreteras otorgado por el INVIAS, se indican los parámetros mínimos que se requieren cumplir para la conformación de un terraplén o las capas inferiores compactadas de un pavimento.

Definición de “Lote”, consiste en el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes casos:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total del terraplén;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) en el caso de las capas de la “corona” o cinco mil metros cuadrados (5000 m²) en el resto de las capas;
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Como mínimo 5 ensayos de densidad con el cono y arena debieron ser ejecutados por el lote, según para este proyecto se haya especificado por el laboratorista o 1 prueba por hectómetro. Para calcular el grado de compactación en la capa evaluada, se toman los resultados de la densidad seca máxima en campo y del Proctor en el laboratorio:

- Para material sin sobre tamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} * 100$$

Ecuación 2. Ecuación para material sin sobre tamaños Fuente: Especificaciones Técnicas INVIAS.

- Para material con sobre tamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x}} * 100$$

Ecuación 3. Ecuación para material con sobre tamaños Fuente: Especificaciones Técnicas INVIAS.

Donde:

- GC_i = Grado de Compactación
- $\gamma_{d,i}$ = Peso unitario seco del material en el terreno (Campo)
- $\gamma_{d,m\acute{a}x}$ = Peso unitario seco máximo del material (Proctor)
- $C\gamma_{d,m\acute{a}x}$ = Peso unitario seco máximo del material (Proctor) y corregido por sobre tamaños

Según la clasificación del material que conforman las capas del Terraplén por debajo de la estructura del pavimento, el valor del peso unitario seco en campo y el grado de compactación en el área del lote se acepta si se cumple el grado de compactación mínimo:

- **Para capa de Subrasante:** Tomando como referencia el artículo 220-13, para Terraplén:

Parte del Terraplén	Clasificación del Material	
	A-1, A-2-4 o A-3	Otros materiales
Cimiento y Núcleo	$GC_i(90) \geq 90\%$	$GC_i(90) \geq 95\%$
Corona	$GC_i(95) \geq 95\%$	$GC_i(90) \geq 100\%$

Tabla 19. Parámetro para el grado de compactación mínimo

A continuación, se presentan los resultados de las densidades que se ejecutó en el sitio del Proyecto, se ejecutaron 7 ensayos en campo, esto con el fin de revisar el trabajo que se está realizando en obra sobre los puntos donde fueron determinadas las densidades del terreno, que corresponden al cuerpo de un terraplén o capas inferiores de pavimento para la

construcción de una de las vías planificadas por la constructora a cargo del Proyecto, el control de compactación se realiza con base en el cumplimiento de las especificaciones del INVIAS 2013 anteriormente mencionadas.

VERIFICACIÓN DEL GRADO DE COMPACTACIÓN			
DENSIDADES	FECHA DE REALIZACIÓN	CAPA	GRADO DE COMPACTACIÓN [%]
1	25/11/2020	-	98.1
2	25/11/2020	-	87.9
3	25/11/2020	-	92.6
4	25/11/2020	-	98.2
5	25/11/2020	-	97.3
6	25/11/2020	-	100

Tabla 20. Grado de compactación según las densidades obtenidas en campo.

Los criterios de la aprobación de la capa compactada que conforma el terraplén o estructura del pavimento, se basan en las especificaciones técnicas INVIAS capítulo 1- Aspectos Generales, la metodología se desarrolla a través de herramientas estadísticas de análisis de resultados. La norma plantea una evaluación por “Lotes”, teniendo en cuenta las posibles definiciones de un lote anteriormente mencionadas, para este caso se consideró evaluar por las capas donde las densidades ya fueron tomadas. Cabe destacar que, para el análisis de los resultados de compactación, la información fue obtenida de una misma capa sin identificar, de acuerdo a la fecha de ejecución de las densidades tomadas en campo, ya que para el cálculo del límite inferior del intervalo de confianza es necesario que los datos no sean numerosos al determinar con mayor seguridad el factor k en la Tabla 107-1 de la Especificación Técnica.

Teniendo en cuenta el capítulo 1 de las especificaciones técnicas INVIAS, este es el resultado de criterio de aceptación basado la ecuación de límite inferior como la norma lo indica:

Límite Inferior, $V_I(p)$: Con el valor de k:

$$V_I(p) = V_m - k(p) * s$$

Ecuación 4. Ecuación para el Límite inferior de criterio de aceptación Fuente: INVIAS

Donde:

- ✓ $V_i(p) = G_{ci}(90)$ = Límite Inferior del intervalo de confianza para una probabilidad dada (p)
- ✓ P= Probabilidad, en %
- ✓ K(p)= Factor para establecer los límites del intervalo de confianza
- ✓ V_m = Valor Promedio de la muestra
- ✓ n= Número de resultados (tamaño de la muestra)

ENSAYO #	Grado de Compactación (G _{ci} , %)
1	98
2	88
3	93
4	98
5	97
6	100
7	-
8	-
9	-
10	-
G_{Cm}, %	95,68
n	6
s	4.56
K(90)	0.603
G_{Ci} (90) Lote, %	92,93
G_{Ci} (90) Min, %	90,00

Tabla 21. Estadísticas de análisis de resultados criterio de aceptación. Fuente: Propia

En el análisis de los resultados de compactación se organizaron las densidades en un (1) lotes, de acuerdo a la fecha de ejecución en campo, ya que para el cálculo del límite inferior del intervalo de confianza es necesario que los datos no sean numerosos para determinar con mayor seguridad el factor k.

Como resultado podemos ver que el 90% del ensayo nos arroja un valor del 92,93% de grado de compactación, superando el mínimo para esta clasificación según la norma y el interventor que viene siendo el 90% de grado de compactación.

6. APORTE AL CONOCIMIENTO

La ejecución de la práctica empresarial fue una experiencia totalmente enriquecedora para mi desarrollo como profesional y persona, aportándome espacios de aprendizaje práctico-teórico y reforzando las bases ya cimentadas de los estudios previos realizados en la universidad.

La práctica empresarial que ejecute se dividió en dos etapas; La práctica-desarrollo en ejecución del WingtraOne drone que me permitió abarcar un nuevo tema de acción dentro de la ingeniería civil, que viene siendo la fotogrametría con usos de nuevas tecnologías, aprendiendo a usar nuevas herramientas software y desarrollos prácticos en campo para solución de problemáticas que se generaron in-situ; La segunda etapa fue el ejercicio práctico-teórico de estudios geotécnicos, enfocados en estudios de cimentación para viviendas familiares y controles de compactación en campo, manteniéndonos siempre al margen de las normas NSR-10 e INVIAS; estas etapas me permitieron mantenerme en investigación para reforzar mis conocimientos y ejercerlos en práctica a la ejecución del WingtraOne Drone y los estudios geotécnicos, ajustando los resultados y conocimientos en informes plasmados con la información requerida para cumplir con nuestros objetivos como empresa y como practicante de ingeniería civil.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante la elaboración de los informes se ha podido adoptar y manejar metodologías de la fotogrametría aérea, la cual nunca pensé tener en cuenta en vida profesional, pero los tiempos van cambiando y hay que adaptarse al uso de las nuevas herramientas y tecnologías presentes, con el fin de mejorar la entrega de resultados y precisiones en obra.

La fotogrametría aérea es una técnica bastante compleja y delicada si no se tienen en cuenta los parámetros de seguridad y de calidad para cada proyecto, pues de tomar en cuenta una referencia mal para su elaboración y vuelo, los valores obtenidos pueden ser erróneos y con mala precisión, perdiendo la calidad de la herramienta en uso.

Se redujeron los trabajos en campo que se tenía previsto realizar, debido a las medidas de aislamiento que por la emergencia sanitaria a nivel nacional causada por el COVID-19, ha causado limitar el trabajo en grupo y general de la empresa.

Se recomienda ser muy observador y cuidadoso al momento de recolectar información obtenida en campo, puesto que cualquier proceso geotécnico es de alta precisión e inalterabilidad de la muestra, cualquier error puede causar altos índices de margen de desviación y error, generando resultados no favorables para los proyectos y clientes que han solicitado este servicio.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bartle, P. (2007). *Manual de Supervisión*. Uganda.

Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. México: Cengage Learning.

Fundación de Energía y Comunidad de Madrid. (2015). *Los drones y sus aplicaciones en Ingeniería Civil*. Madrid.

PPK, D. E. (2019). *HISPANODRONES*. Obtenido de <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/diferencia-posicionamiento-rtk-ppk/>

Rosado, E. Q. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía a la Ingeniería Civil*. Cáceres: Universidad de Extremadura.

Sismica, A. C. (2010). *NSR-10 Titulo H*. Bogota.

Transporte, M. d. (2013). Instituto Nacional de Vias(INVIAS) Sección 100. En *Especificaciones técnicas INVIAS*.

Wingtra. (s.f.). *Wingtra*. Obtenido de <https://wingtra.com/es/dron-mapeo-wingtraone/camaras-fotogrametria/>