

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**TECNOLOGÍA GPS Y SENSORES REMOTOS PARA
PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL**

**LEVANTAMIENTO CATASTRAL DE LA ZONA
CENTRAL DEL MUNICIPIO DE SAN ISIDRO,
DEPARTAMENTO DE CABAÑAS, APLICANDO
FOTOGRAMETRÍA CON DRONES, TECNOLOGÍA GPS
Y UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

PRESENTADO POR:

UBALDO ANTONIO ALVARENGA GUARDADO

NÉSTOR ALDAHIR ÁVALOS BONILLA

SOFÍA ABIGAIL ORDOÑEZ TORRES

EVER JOSUÉ URQUILLA FLORES

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO(A) CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCIA

SECRETARIO:

ARQ. RAUL ALEXANDER FABIAN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

ING. CARLOS ALBERTO ESCOBAR FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Curso de Especialización previo a la opción al Grado de:

INGENIERO(A) CIVIL

Título:

**TECNOLOGÍA GPS Y SENSORES REMOTOS PARA
PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL**

**LEVANTAMIENTO CATASTRAL DE LA ZONA
CENTRAL DEL MUNICIPIO DE SAN ISIDRO,
DEPARTAMENTO DE CABAÑAS, APLICANDO
FOTOGRAMETRÍA CON DRONES, TECNOLOGÍA GPS
Y UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Presentado por:

**UBALDO ANTONIO ALVARENGA GUARDADO
NÉSTOR ALDAHIR ÁVALOS BONILLA
SOFÍA ABIGAIL ORDOÑEZ TORRES
EVER JOSUÉ URQUILLA FLORES**

Curso de Especialización Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. WILFREDO AMAYA ZELAYA

San Salvador, noviembre 2023.

Curso de Especialización Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. WILFREDO AMAYA ZELAYA

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....	XIX
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.	8
1.3 Objetivos.	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Alcances.	14
1.5 Limitaciones.	15
1.6 Justificación.	16
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	17
2.1 Sistema de Referencia Geodésico.....	17
2.1.1 Sistema de Referencia Local.	17
2.1.2 Sistema de Referencia Global.	19
2.1.3 Elipsoide.	20
2.1.4 Datum.	23
2.1.4.1 Datum Horizontal.....	24
2.1.4.2 Datum Vertical.....	25
2.1.5 Proyecciones Cartográficas.	26
2.1.5.1 Proyección Cilíndrica.....	27
2.1.5.2 Proyección Cónica.	29
2.1.5.3 Proyecciones acimutales o azimutales.....	30
2.1.6 Sistema de Referencia Geodésico Lambert SIRGAS-ES2007.8.....	31
2.1.7 Levantamiento Geodésico con GNSS.	33
2.1.7.1 Método Estático.....	33
2.1.7.2 Método Estático Rápido.	35
2.1.7.3 Método Cinemático.	36

2.1.7.4	Método Cinemático en Tiempo Real (RTK).....	37
2.2	Fotogrametría con drones.....	39
2.2.1	¿Qué es la fotogrametría?	39
2.2.1.1	Los pros de la fotogrametría.	40
2.2.1.2	Los contras de la fotogrametría.....	41
2.2.2	¿Cómo funciona la fotogrametría?	42
2.2.3	Productos derivados de la fotogrametría.	44
2.2.3.1	Ortomosaicos.....	44
2.2.3.2	Modelo digital de superficie.....	45
2.2.3.3	Modelo digital de elevaciones.	46
2.2.3.4	Modelo digital del terreno.	47
2.2.3.5	Contornos.....	49
2.2.4	Principales aplicaciones de la fotogrametría.....	49
2.2.5	Software para fotogrametría con drones.....	51
2.3	Global Mapper.....	53
2.3.1	Creación de la proyección LAMBERT SIRGAS 2007 en un archivo PRJ en Global Mapper.	54
2.4	GDS y altura de vuelo.....	63
2.5	Calibración de un dron DJI Phantom 4.	68
2.5.1	Calibración de sensores de visión.	68
2.5.2	Calibración de la IMU y la brújula.	83
2.5.3	Calibración del gimbal.....	96
2.5.4	Regreso al punto de origen por batería baja.....	101
2.6	Softwares de planificación y control para el vuelo de un dron.	105
2.6.1	DJI GO 4.....	105
2.6.2	PIX4D Capture.....	107
2.6.2.1	Tipos de misiones en PIX4D Capture.	110
	CAPITULO III: OBTENCIÓN DE DATOS EN CAMPO.	115
3.1	Reconocimiento de campo.....	115

3.2	Ubicación de los puntos de control fotogramétricos (PCF).	117
3.3	Levantamiento de los PCF con la técnica de medición RTK.....	119
3.3.1	Instalación de receptor base.....	120
3.3.2	Configuración del colector.	122
3.3.3	Medición de los puntos de control fotogramétricos.....	135
3.4	Plan de vuelo.	138
3.4.1	Software DJI GO 4.....	138
3.4.2	Software PIX4D Capture.....	141
3.5	Corrección perimetral de viviendas.	145
	CAPITULO IV: PROCESAMIENTO DE DATOS EN PIX4D MAPPER.	147
4.1	Pasos previos al procesamiento de las fotografías áreas.	147
4.2	Paso 1: Procesamiento Inicial.	155
4.2.1	Creación de Puntos de paso.....	161
4.2.2	Importación de Puntos de Control Fotogramétricos.....	167
4.3	Paso 2: Nube de Puntos y Malla.	173
4.4	Paso 3: MDS, Ortomosaico e Índices.	180
	CAPITULO V: RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA DE LA ORTOFOTO....	187
5.1	¿En qué consiste una Restitución?.....	187
5.2	Procesamiento del Ortomosaico en Civil 3D.....	187
5.2.1	Aplicaciones de Civil 3D.	188
5.2.2	Exportación del Ortomosaico a Civil 3D.....	190
5.2.3	Creación de plano catastral en Civil 3D.	194
	CAPITULO VI: PROCESAMIENTO DE DATOS EN UN SISTEMA DE	
	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	199
6.1	Fundamentos teóricos respecto a QGIS.	199
6.1.1	Sistema de información geográfico.....	199
6.1.2	Software QGIS.....	201
6.2	Manejo de información en QGIS.....	202
6.2.1	Descarga, Instalación e Interfaz de QGIS.....	202

6.2.2	Abrir y guardar el proyecto nuevo.....	203
6.2.3	Configuración del Sistema de Referencia de Coordenadas.	205
6.2.4	SRC para Capas.....	206
6.2.5	Formatos de archivos de un SIG.	208
6.2.6	Añadir archivos ráster del proyecto.	209
6.2.7	Crear archivos vectoriales del proyecto.	211
6.2.8	Añadir archivos vectoriales del proyecto.....	213
6.2.9	Configuración de campos para insertar hipervínculos PDF.	220
6.2.10	Configuración de campos para insertar hipervínculos PNG.	221
6.2.11	Edición de tabla de atributos, ingreso de información obtenida en campo.	222
6.2.12	Visualización de información desde QGIS.....	226
	CAPITULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	231
	CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	235
8.1	Conclusiones.....	235
8.2	Recomendaciones.	237
	BIBLIOGRAFÍA.....	238
	ANEXOS.....	240
10.1	Informe de calidad de procesamiento en PIX4D MAPPER.....	240
10.2	Anotaciones para las correcciones de las dimensiones de cada propiedad.....	248
10.3	Tablas de recolección de información de cada propiedad.	250
10.4	Descripciones técnicas y planos topográficos por inmueble.	253
10.5	Plano Catastral.....	318

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 2 - 1 Sistema de referencia local “Datum local”.	18
Imagen 2 - 2 Sistema de referencia global “Datum geocéntrico”.	19
Imagen 2 - 3 Aproximación gráfica del geoide y elipsoide.	21
Imagen 2 - 4 Representación del geoide y elipsoide.	21
Imagen 2 - 5 Elementos del elipsoide.	22
Imagen 2 - 6 Esquema Datum horizontal.	24
Imagen 2 - 7 Materialización Datum vertical.	26
Imagen 2 - 8 Proyección cilíndrica.	28
Imagen 2 - 9 Proyección cónica.	29
Imagen 2 - 10 Proyección azimutal.	31
Imagen 2 - 11 Vértices de la red geodésica de El Salvador.	32
Imagen 2 - 12 Método de medición estático.	34
Imagen 2 - 13 Método de medición estático rápido.	35
Imagen 2 - 14 Método de medición cinemático.	36
Imagen 2 - 15 Método de medición RTK.	38
Imagen 2 - 16 Procesamiento de un levantamiento fotogramétrico.	43
Imagen 2 - 17 Ortomosaico.	45
Imagen 2 - 18 Modelo digital de superficie.	46
Imagen 2 - 19 Modelo digital de elevación.	47
Imagen 2 - 20 Modelo digital del terreno.	48
Imagen 2 - 21 Contorno.	49
Imagen 2 - 22 GLOBAL MAPPER.	53
Imagen 2 - 23 Interfaz del software Global Mapper.	54
Imagen 2 - 24 Configuración de proyección en Global Mapper.	55
Imagen 2 - 25 Configuración de proyección en Global Mapper.	56
Imagen 2 - 26 Configuración de proyección en Global Mapper.	57

Imagen 2 - 27 Configuración de proyección Lambert SIRGAS 2007 en Global Mapper.	58
Imagen 2 - 28 Parámetros por defecto de proyección en Global Mapper.....	59
Imagen 2 - 29 Parámetros ingresados de proyección en Global Mapper.	60
Imagen 2 - 30 Guardar archivo PRJ Global Mapper.....	61
Imagen 2 - 31 Archivo PRJ generado.	62
Imagen 2 - 32 Diagrama de planos y distancia de vuelo	64
Imagen 2 - 33 Proceso de instalación del software en el ordenador.	69
Imagen 2 - 34 Finalización de instalación del software en el ordenador.....	69
Imagen 2 - 35 Representación del Dron Phantom 4 sin hélices.	70
Imagen 2 - 36 Conexión (ordenador – Phantom 4) por cable USB.....	71
Imagen 2 - 37 Proceso de encender el Dron Phantom 4.....	71
Imagen 2 - 38 Verificación de encendido del Dron Phantom 4.....	72
Imagen 2 - 39 Dispositivo disponible para conexión.....	72
Imagen 2 - 40 Opción Calibración en el software DIJ Assistant 2.....	73
Imagen 2 - 41 Interfaz de Calibración en el software DIJ Assistant 2.....	74
Imagen 2 - 42 Colocación del Phantom 4 adelante del ordenador.	75
Imagen 2 - 43 Interfaz del cuadrático en el software DIJ Assistant 2.	76
Imagen 2 - 44 Representación del movimiento para calibración (adelante y hacia atrás).....	76
Imagen 2 - 45 Representación del movimiento para calibración (arriba y hacia abajo).....	77
Imagen 2 - 46 Representación del movimiento para calibración (izquierda a derecha).	78
Imagen 2 - 47 Posición de Dron Phantom 4 para calibración de fondo.....	79
Imagen 2 - 48 Representación del movimiento para calibración (arriba y hacia abajo).....	80
Imagen 2 - 49 Representación del movimiento para calibración (izquierda a derecha).	81

Imagen 2 - 50 Calibración del VPS finalizada.....	82
Imagen 2 - 51 Dron DJI Phantom 4.	84
Imagen 2 - 52 Interfaz del Dron DJI Phantom 4.	85
Imagen 2 - 53 Calibración del IMU para el Dron DJI Phantom 4.....	86
Imagen 2 - 54 Ventana de indicaciones antes de la calibración.....	87
Imagen 2 - 55 Indicaciones de calibración para el dron.	88
Imagen 2 - 56 Indicaciones de calibración para el dron.	88
Imagen 2 - 57 Indicaciones de calibración para el dron.	89
Imagen 2 - 58 Indicaciones de calibración para el dron.	89
Imagen 2 - 59 Indicaciones de calibración para el dron.	90
Imagen 2 - 60 Indicaciones de calibración para el dron.	90
Imagen 2 - 61 Se finaliza la calibración para el dron.	91
Imagen 2 - 62 Interfaz para calibrar la brújula.	92
Imagen 2 - 63 Interfaz para calibrar la brújula.	93
Imagen 2 - 64 Indicaciones para la calibración de la brújula.....	93
Imagen 2 - 65 Indicaciones para la calibración de la brújula.....	94
Imagen 2 - 66 Indicaciones para la calibración de la brújula.....	94
Imagen 2 - 67 Finalización de la calibración del dron.....	95
Imagen 2 - 68 Representación del dron phantom 4 y el gimbal.....	98
Imagen 2 - 69 Interfaz del dron Phantom 4.	99
Imagen 2 - 70 Menu principal del dron Phantom 4.	99
Imagen 2 - 71 Instrucciones del dron para su calibración.....	100
Imagen 2 - 72 Porcentaje de calibración.	100
Imagen 2 - 73 Altitud de regreso al punto de origen.	102
Imagen 2 - 74 Configuración de batería de la aeronave.	103
Imagen 2 - 75 Habilitar sistema anticolidión.	104
Imagen 2 - 76 Logo del software DJI GO 4.	105
Imagen 2 - 77 Logo del software PIX4Dcapture.....	107
Imagen 2 - 78 Tipo de misión red y esquema de vuelo.....	110

Imagen 2 - 79 Tipo de misión doble rejilla y esquema de vuelo.	111
Imagen 2 - 80 Tipo de misión polígono y esquema de vuelo.	112
Imagen 2 - 81 Tipo de misión circular y esquema de vuelo.	113
Imagen 2 - 82 Tipo de misión vuelo libre y esquema de vuelo.	114
Imagen 3 - 1 Mapa de ubicación del área del proyecto usando como base Google Earth.	115
Imagen 3 - 2 Coordenadas del vértice geodésico “BASE RTK SAN ISIDRO” proporcionada por el CNR.	116
Imagen 3 - 3 Esquema de ubicación del vértice geodésico “BASE RTK SAN ISIDRO” proporcionada por el CNR.	116
Imagen 3 - 4 Vértice geodésico “BASE RTK SAN ISIDRO”.	117
Imagen 3 - 5 Puntos de control fotogramétricos colocados en el área del proyecto.	118
Imagen 3 - 6 Componentes del equipo GNSS de la marca Carlson.	120
Imagen 3 - 7 Centrado y nivelado del trípode sobre el punto “BASE RTK SAN ISIDRO”.	121
Imagen 3 - 8 Colocación de receptor base sobre el punto “BASE RTK SAN ISIDRO”.	121
Imagen 3 - 9 Activación del bluetooth en la aplicación SurvCE.	122
Imagen 3 - 10 Selección del trabajo nuevo en la aplicación SurvCE.	123
Imagen 3 - 11 Asignación del nombre al proyecto en la aplicación SurvCE.	123
Imagen 3 - 12 Verificación de unidades métricas y angulares del proyecto en la aplicación SurvCE.	124
Imagen 3 - 13 Configuración del sistema de proyección local en la aplicación SurvCE.	125
Imagen 3 - 14 Configuración del sistema de proyección local en la aplicación SurvCE.	125
Imagen 3 - 15 Configuración de parámetros del sistema de proyección local.	126
Imagen 3 - 16 Asignación de datum y selección del elipsoide.	126

Imagen 3 - 17 Verificación de parámetros del sistema local.	127
Imagen 3 - 18 Sistema local de proyección creado.....	127
Imagen 3 - 19 Selección de Base GNSS.	128
Imagen 3 - 20 Selección del tipo de conexión entre el receptor base y el colector.	129
Imagen 3 - 21 Introducción de altura de antena de receptor y mascara de elevación.....	130
Imagen 3 - 22 Selección del tipo de antena.	130
Imagen 3 - 23 Introducción de coordenadas geográficas y elevación elipsoidal.	131
Imagen 3 - 24 Coordenadas geográficas y elevación elipsoidal de “BASE RTK SAN ISIDRO”.	131
Imagen 3 - 25 Introducción nombre estación de referencia.	132
Imagen 3 - 26 Selección del móvil GNSS.	132
Imagen 3 - 27 Selección del tipo de conexión entre el receptor móvil y el colector.	133
Imagen 3 - 28 Introducción de altura de antena de receptor y mascara de elevación.....	133
Imagen 3 - 29 Selección del tipo de antena del Rover.....	134
Imagen 3 - 30 Selección de opción levantamiento.....	134
Imagen 3 - 31 Colocación de receptor móvil en el PCF1.	135
Imagen 3 - 32 Colocación de receptor móvil en el PCF2.	136
Imagen 3 - 33 Coordenadas y elevaciones ortométricas de los PCF obtenidos de la aplicación SurvCE.....	136
Imagen 3 - 34 Mapa de ubicación de los PCF en el área del proyecto usando como base Google Earth.	137
Imagen 3 - 35 Logo del software DJI GO 4.....	138
Imagen 3 - 36 Parámetros altitud de regreso al punto de origen y altitud máxima de vuelo.	139
Imagen 3 - 37 Parámetro advertencia de batería baja.	140
Imagen 3 - 38 Mensaje de validación para despegar.....	140

Imagen 3 - 39 Logo del software PIX4Dcapture.....	141
Imagen 3 - 40 Interfaz del software PIX4Dcapture para selección del tipo de dron.	142
Imagen 3 - 41 Dron DJI Phantom 4 utilizado en campo.....	142
Imagen 3 - 42 Delimitación del área del proyecto con la misión de vuelo GRID.	143
Imagen 3 - 43 Medición con cinta y plomada.	146
Imagen 4 - 1 Carpeta “PROYECTO DE SAN ISIDRO”	147
Imagen 4 - 2 Interfaz inicial de PIX4D MAPPER.....	148
Imagen 4 - 3 Ventana de creación de proyecto.....	149
Imagen 4 - 4 Ventana de selección de imágenes.	150
Imagen 4 - 5 Ventana de importación de imágenes.	151
Imagen 4 - 6 Ventana de selección de imágenes.	151
Imagen 4 - 7 Ventana de propiedades de imagen.	152
Imagen 4 - 8 Menú de selección de sistema de coordenadas de salida.....	153
Imagen 4 - 9 Menú de plantillas de opciones procesamiento.	154
Imagen 4 - 10 Interfaz principal de Procesamiento.....	155
Imagen 4 - 11 Selección de Procesamiento inicial.	156
Imagen 4 - 12 Configuración de opciones para el procesamiento inicial.	157
Imagen 4 - 13 Selección de Inicio para el procesamiento inicial.	157
Imagen 4 - 14 Procesamiento inicial de las fotografías.....	158
Imagen 4 - 15 Informe de calidad del procesamiento inicial.	159
Imagen 4 - 16 Informe de calidad del procesamiento inicial.	159
Imagen 4 - 17 Nube de puntos generada.	160
Imagen 4 - 18 Punto marcado mostrando todas las imágenes que lo vinculan....	162
Imagen 4 - 19 Creación de puntos de paso.	163
Imagen 4 - 20 Enfoque y selección de puntos de paso sobre las fotografías.	164
Imagen 4 - 21 Creación de puntos de paso.	165

Imagen 4 - 22 Creación del último punto de paso y ventana de capas
conteniéndolos a todos los puntos creados. 165

Imagen 4 - 23 Reemparejar y optimizar puntos de paso. 166

Imagen 4 - 24 Gestor GCP/MPT. 168

Imagen 4 - 25 Importación de puntos de control fotogramétricos. 169

Imagen 4 - 26 Importación de puntos de control fotogramétricos. 169

Imagen 4 - 27 Importación de puntos de control fotogramétricos. 170

Imagen 4 - 28 Puntos de control añadidos. 170

Imagen 4 - 29 Coordenada de navegación con respecto al punto de interés. 172

Imagen 4 - 30 Enfocar y marcar puntos de control sobre las fotografías. 172

Imagen 4 - 31 Reemparejar y optimizar PCF. 173

Imagen 4 - 32 Procesamiento de la nube de puntos. 174

Imagen 4 - 33 Configuración de opciones para el procesamiento de la nube de
puntos. 175

Imagen 4 - 34 Configuración de opciones para el procesamiento de la malla 3D.
..... 176

Imagen 4 - 35 Inicio del procesamiento de la nube de puntos y malla 3D. 177

Imagen 4 - 36 Informe de calidad. 178

Imagen 4 - 37 Capas derivadas del procesamiento de la nube de puntos y malla
3D. 178

Imagen 4 - 38 Nube de puntos dispersa. 179

Imagen 4 - 39 Nube de puntos densificada. 179

Imagen 4 - 40 Procesamiento de MDS, ortomosaico e índices. 180

Imagen 4 - 41 Configuración de opciones de la pestaña de MDS y Ortomosaico.
..... 181

Imagen 4 - 42 Configuración de opciones de la pestaña Resultados Adicionales.
..... 182

Imagen 4 - 43 Inicio del procesamiento del MDS, ortomosaico e índices. 183

Imagen 4 - 44 Menú de productos resultantes del procesamiento del proyecto... 183

Imagen 4 - 45 Ortofoto.....	184
Imagen 4 - 46 Modelo digital de superficie.....	185
Imagen 4 - 47 Modelo digital del terreno.	186
Imagen 5 - 1 Interfaz de Civil 3D.....	188
Imagen 5 - 2 Interfaz de CIVIL 3D	190
Imagen 5 - 3 Ventana de planificación y análisis	191
Imagen 5 - 4 Menú para insertar ortomosaico	191
Imagen 5 - 5 Ventana para insertar ortomosaico “San Isidro”.....	192
Imagen 5 - 6 Parámetros relacionados al levantamiento “San Isidro”	192
Imagen 5 - 7 Ortomosaico del levantamiento “San Isidro”.....	193
Imagen 5 - 8 Ortomosaico del levantamiento “San Isidro”	194
Imagen 5 - 9 Construcción del plano catastral de “San Isidro”	195
Imagen 5 - 10 Construcción del plano catastral de “San Isidro”	195
Imagen 5 - 11 Sistema de referencia SIRGAS-ES2007.....	196
Imagen 5 - 12 Sistema de referencia SIRGAS-ES2007.....	196
Imagen 5 - 13 Levantamiento de San Isidro cargado en GLOBAL MAPPER	197
Imagen 5 - 14 Exportar documento a KMZ	197
Imagen 5 - 15 Interfaz de Google Earth.....	198
Imagen 5 - 16 Ortofoto procesada sobre la plataforma de Google Earth.	198
Imagen 6 - 1 Sistema de Información Geográfica.....	201
Imagen 6 - 2 Logo de software QGIS	202
Imagen 6 - 3 QGIS, pantalla inicial.	203
Imagen 6 - 4 QGIS, crear un proyecto nuevo.	204
Imagen 6 - 5 Configuración SRC proyecto.....	205
Imagen 6 - 6 Creación SRC de El Salvador, Lambert Sirgas-Es2007.....	207
Imagen 6 - 7 Añadir capas ráster, QGIS.	209

Imagen 6 - 8 Ortofoto cargada como capa ráster, QGIS.....	210
Imagen 6 - 9 Transformar capa a SRC Lambert Sirgas-ES2007.	211
Imagen 6 - 10 Archivo de CAD con división de lotes del proyecto.	212
Imagen 6 - 11 Guardar archivo DXF de la planimetría del proyecto.....	213
Imagen 6 - 12 Pasos para añadir capa vectorial al proyecto.....	214
Imagen 6 - 13 Crear capa vectorial polígonos de lotes del Proyecto.	215
Imagen 6 - 14 Configuración de estilo de capa del Proyecto.	216
Imagen 6 - 15 Creación capa de puntos CATASTRO.....	216
Imagen 6 - 16 Ingresar y guardar campos de información de la tabla de atributos de la capa CATASTRO.....	217
Imagen 6 - 17 Configuración de campo para ingreso de hipervínculo de archivo PDF del directorio a QGIS.	220
Imagen 6 - 18 Configuración de campo para ingreso de hipervínculo de archivo PNG del directorio a QGIS.....	221
Imagen 6 - 19 Habilitar edición de capa para añadir puntos.	222
Imagen 6 - 20 Formulario que se despliega al ingresar el punto sobre un Lote. ..	224
Imagen 6 - 21 Formulario con información completa del punto ingresado sobre el lote.....	224
Imagen 6 - 22 Ordenamiento de archivos por capeta en el directorio, según Manzanas y Lotes en la base de datos.....	225
Imagen 6 - 23 Selección de archivo PDF en su ubicación para generar hipervínculo.	225
Imagen 6 - 24 Selección de archivo JPG en su ubicación para generar hipervínculo.	226
Imagen 6 - 25 Información desplegada al seleccionar el objeto identificado.....	227
Imagen 6 - 26 Archivo PDF de descripción técnica en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.	227
Imagen 6 - 27 Archivo PDF de memoria descriptiva en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.	228

Imagen 6 - 28 Archivo PDF de rumbos y distancias en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.	228
Imagen 6 - 29 Archivo PDF de porción de plano del Lote en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.	229
Imagen 6 - 30 Archivo JPG de Fotografía tomada en campo en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.	230
Imagen 7 - 1 Plano catastral de la zona central del municipio de San Isidro.....	233
Imagen 7 - 2 Plano catastral de la zona central del municipio de San Isidro cargado junto con el ortomosaico procesado.	234

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Elipsoides de referencia más comunes.....	22
Tabla 2 Características de los sensores de cámara DJI Phantom 4 Pro	65
Tabla 3 Tabulación de las coordenadas y elevaciones ortométrica obtenidas del levantamiento de los PCF.....	137

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1 Determinación del GSD.....	65
---------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN.

La precisión y la actualización de la información catastral son elementos críticos para la gestión eficiente de un municipio en constante evolución. En este contexto, la tecnología fotogramétrica ha emergido como una herramienta esencial para la actualización y mejora de los registros catastrales, permitiendo una representación geoespacial precisa y detallada de la infraestructura urbana y rural. El presente proyecto de restitución fotogramétrica se desarrolla en respuesta a la creciente necesidad del municipio de San Isidro de contar con datos catastrales actualizados y confiables que sirvan como base para la toma de decisiones en áreas que van desde la planificación urbana hasta la gestión de recursos municipales.

Esta iniciativa tiene como objetivo principal llevar a cabo un proceso exhaustivo de captura, procesamiento y actualización de datos geoespaciales mediante tecnología de sistemas de posicionamiento global como el manejo de equipos y técnicas de medición GPS, y tecnología fotogramétrica de vanguardia como el uso de un dron para ejecutar un vuelo fotogramétrico, el empleo de PIX4D MAPPER como software para el procesamiento de las fotografías y el manejo de Civil 3D/AutoCAD para realizar la restitución fotogramétrica de la ortofoto generada. El resultado será una base cartográfica precisa y detallada que refleje de manera fiel la realidad física del territorio urbano municipal, lo que, a su vez, permitirá optimizar la gestión catastral y contribuir al desarrollo sostenible de la

comunidad. Además de esto, se empleará un software de información geográfica, llamado QGIS, para añadir la información asociada a cada propiedad como, por ejemplo, nombre de propietario, uso del inmueble, dirección, la descripción técnica respectiva de cada propiedad, entre otras.

La importancia de la colaboración de la municipalidad y la participación activa de la comunidad fue muy importante en el desarrollo de todo el proceso para la generación de la base de datos catastral. El reconocimiento del terreno, la ubicación de los puntos con coordenadas conocidas, la recolección de información de cada propiedad, fueron algunas de las actividades en donde la municipalidad delegó personal para que el proceso se ejecutara de forma precisa y rápida.

En resumen, la modernización de la información catastral es un paso crucial hacia la construcción de una base de datos confiable que respalde la gestión municipal eficiente y el desarrollo ordenado del municipio de San Isidro. A través de este proyecto, aspiramos a contribuir significativamente al bienestar de los habitantes y a la proyección de un futuro más prometedor para la comunidad y las autoridades administrativas del municipio de San Isidro.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

1.1 Antecedentes.

Desde el momento en que el hombre evoluciona a una criatura pensante ha mostrado su interés por la Tierra, ¿Cuál es su forma? ¿Cuáles son sus dimensiones? ¿Causas y consecuencias de los fenómenos naturales que la rodean y condicionan su comportamiento? estas preguntas dieron origen a la Geodesia; mientras que la delimitación de tierras, la planificación de proyectos de construcción, la creación de mapas detallados y precisos de regiones y territorios fueron necesidades que llevaron al desarrollo de métodos y herramientas para la medición y representación precisa de la Topografía. La geodesia y la topografía tienen raíces históricas que se desarrollaron de manera paralela, y es difícil determinar cuál de las dos surgió primero, ya que ambas surgieron en diferentes contextos y para propósitos distintos.

La topografía, que se enfoca en la medición detallada de la superficie terrestre, se desarrolló históricamente para satisfacer las necesidades prácticas de las civilizaciones antiguas, como la delimitación de tierras agrícolas, la planificación de proyectos de construcción y la creación de mapas locales. Con el paso de los años y con el constante avance de la ciencia y las matemáticas, la topografía comenzó a desarrollarse como una disciplina más sistemática y formalizada, se introdujeron instrumentos más precisos como la brújula y el teodolito, se desarrollaron métodos más precisos de medición, como la triangulación, que

permitieron la creación de mapas topográficos detallados. Luego apareció la estación total que es un instrumento que nació de la idea de combinar la medición de ángulos y distancias electrónicamente para agilizar las tareas topográficas.

A finales del siglo XX la topografía daría un salto enorme con la llegada de tecnologías modernas como el GPS, los láseres y los sistemas de información geográfica (SIG), la topografía había experimentado avances significativos en la precisión y la eficiencia de la recopilación de datos topográficos. Los receptores GPS se crearon originalmente para proporcionar capacidades de posicionamiento global, pero se han convertido en herramientas esenciales para la topografía y la geodesia al permitir mediciones precisas, eficiencia en el trabajo de campo y la integración de datos en sistemas de información geográfica.

A pesar de todos estos avances en tan poco tiempo las nuevas tecnologías no iban a parar de actualizarse y unos años después se experimentó otro gran salto que vendría a revolucionar totalmente la metodología de un levantamiento topográfico y es la implementación de la fotogrametría con drones. El uso de drones en topografía ha revolucionado la forma en que se recopilan datos topográficos, ofreciendo ventajas significativas en términos de eficiencia, precisión y seguridad. La topografía con drones consiste en el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) equipados con cámaras u otros sensores para recopilar datos geoespaciales en la superficie de la Tierra que sirven para la

generación de ortofotos, modelos digitales del terreno y de superficie, entre otros productos.

Por otro lado, la geodesia se centró en la determinación de la forma y el tamaño de la Tierra y en la creación de sistemas de referencia geodésicos globales, los cuales son la base para establecer coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre definiéndola en términos de longitud, latitud y elevación.

Los sistemas de referencia geodésicos globales han sido desarrollados a lo largo del tiempo para proporcionar un marco de referencia común y preciso para la medición y la representación de la Tierra. Eratóstenes, por ejemplo, utilizó el Meridiano de Alejandría como referencia para medir la circunferencia de la Tierra. Muchos países comenzaron a desarrollar sus propios sistemas de referencia geodésicos nacionales para cartografía y topografía como por ejemplo Clarke 1866, Sudamericano de 1969, Hayford, entre otros. A medida que la navegación y la cartografía se volvieron más importantes en el comercio y la exploración global, se reconocieron las limitaciones de los sistemas geodésicos nacionales. Un accidente aéreo, por ejemplo, fue el detonante principal para la creación de un único sistema geodésico global el cuál fue bautizado como Sistema de Referencia Geodésico Mundial (WGS-84). El lanzamiento de constelaciones de satélite como el GPS, GLONASS, GALILEO y BEIDOU han permitido mediciones geodésicas precisas en todo el mundo. Estos sistemas proporcionaron un sistema de referencia global coherente y altamente preciso.

Años después, un sistema de referencia moderno llamado ITRS fue creado con el objetivo de proporcionar un sistema de referencia geodésico global que pudiera utilizarse para realizar mediciones precisas de la posición y el movimiento de puntos en la superficie terrestre, teniendo en cuenta los movimientos tectónicos y otros cambios en la Tierra a lo largo del tiempo a partir de estaciones de operación continua denominadas estaciones CORS.

A partir del ITRS, se creó el Sistema de Referencia Geodésico para las Américas (SIRGAS), el cual es un sistema de referencia geodésico regional diseñado para América del Sur y América Central. Su objetivo principal es proporcionar un marco de referencia geodésico común y preciso para la región, permitiendo mediciones de posición y movimiento en toda América Latina con alta precisión y coherencia, de este modo no se dependían de resultados de mediciones de un marco de referencia que perteneciera en otro continente.

A medida que avanzó la ciencia y la tecnología, estas dos disciplinas se volvieron más interconectadas. La precisión de la topografía mejoró gracias a los avances en la geodesia, y la topografía se convirtió en una parte esencial de la geodesia moderna, ya que los sistemas de referencia geodésicos globales requieren mediciones precisas de la superficie terrestre.

A lo largo de la historia de El Salvador, se han realizado diversos trabajos orientados a la determinación de la forma y dimensiones del territorio nacional. Estos trabajos dieron origen a diferentes redes materializadas como puntos sobre

el terreno con mayores o menores densidades de cobertura y de aceptables valores de precisión. Logrando que en la década de los años 50's y 60's se establecieron las primeras redes geodésicas. Estas redes tenían líneas base de longitud de 20 a 70 Km, de donde se derivaban cadenas de segundo y tercer orden, establecidas para diferentes proyectos tales como estudios de carreteras, proyectos hidroeléctricos, irrigación y drenaje, puntos de control para fotografías aéreas, etc. Esta comprende más de 1,500 vértices geodésicos de distinto orden de precisión, además de 160 líneas de nivelación con más de 3,000 Bancos de Marca, igualmente de diferente orden. Con el impulso de la tecnología satelital y los grandes avances alcanzados por países industrializados en esta área, el Centro Nacional de Registros-Instituto Geográfico Nacional, inicia a mediados de la década de los 90's un proyecto muy ambicioso, el cual consistió en establecer su primera Red Geodésica de Primer Orden con equipo satelital GPS, enmarcándolo en el Sistema Geodésico Mundial (WGS-84).

Las redes geodésicas y el catastro municipal están estrechamente relacionados y desempeñan roles complementarios en la gestión de la tierra y la información geoespacial en una jurisdicción municipal. Las redes geodésicas proporcionan una base precisa y coherente para la georreferenciación de propiedades y la gestión de la tierra en el catastro municipal. La guerra civil en El Salvador, que tuvo lugar entre 1980 y 1992, ciertamente tuvo un impacto significativo en la infraestructura y el desarrollo del país, incluyendo la gestión catastral y geodésica de la zona norte del país que hasta en la actualidad la mayor parte de ella no

posee un registro catastral, como es el caso del municipio de San Isidro. La historia de las redes geodésicas y el catastro municipal en El Salvador se remonta a varios períodos históricos y ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo:

Durante la colonización española, se llevaron a cabo los primeros levantamientos topográficos en El Salvador. Los colonizadores españoles registraron parcelas de tierra y establecieron los primeros registros catastrales en la región. Luego en el siglo XIX, El Salvador experimentó un crecimiento económico y desarrollo urbano, se llevaron a cabo levantamientos topográficos y mediciones geodésicas para planificar ciudades y gestionar la propiedad de la tierra. La información catastral se mantuvo principalmente en registros manuales.

En el siglo XX, específicamente en 1946, se creó una institución que se llamaba Oficina del Mapa, que posteriormente se llamaría Instituto Geográfico Nacional (IGN), que se encargó de la geodesia y la cartografía en el país. El IGN desempeñó un papel fundamental en la producción de mapas topográficos y la gestión de datos geodésicos. La tecnología geodésica moderna, como los sistemas de información geográfica (SIG) y el GPS, se introdujo en El Salvador para mejorar la precisión de la información catastral. En la década de 1990, se promulgó la Ley de Catastro y Registro de la Propiedad Raíz y de Vehículos, que estableció un marco legal para la administración de registros catastrales y la regulación de los procedimientos de valuación y tasación de propiedades. Esto

marcó un hito importante en la gestión catastral del país. En el siglo XXI, El Salvador ha continuado modernizando sus sistemas de catastro y registros inmobiliarios. Se ha dado prioridad a la digitalización de documentos catastrales, la implementación de sistemas de información geográfica (SIG) y la georreferenciación de propiedades utilizando tecnología GPS.

En resumen, ha habido avances significativos en la tecnología y la regulación, lo que ha llevado a la mejora de la precisión y la eficiencia en la gestión de la propiedad y la tierra en el país. Estos avances son cruciales para la seguridad jurídica, la planificación urbana y el desarrollo económico en El Salvador.

San Isidro es un municipio del departamento de Cabañas que se ubica al norte del país, el cual no cuenta con un registro catastral desarrollado. Este municipio limita al norte con Sensuntepeque; al este con Guacotecti y Sensuntepeque, al sur con Santa Clara, San Esteban Catarina y San Sebastián (todos del departamento de San Vicente) y al sur con Ilobasco. El municipio cuenta con una población de 10,533 habitantes y se registra a una altura de 370 metros sobre el nivel de mar. Este posee una extensión territorial de 78.33 km². Administrativamente el municipio se divide en siete cantones: El Amate, Izacatal, Los Jobos, Llano de la Hacienda, Potrero de Batres, Potrero y Tabla, San Francisco y 22 caseríos.

1.2 Planteamiento del problema.

La municipalidad de San Isidro actualmente carece de un sistema de catastro integral actualizado y eficiente para gestionar la información relacionada con las propiedades y terrenos dentro de su jurisdicción. La guerra civil en El Salvador ciertamente tuvo un impacto significativo en la gestión catastral y geodésica del país, especialmente en la zona norte, donde hubo una gran concentración de encuentros armados que hacían imposible continuar con los trabajos catastrales en la década de los años 80.

Posteriormente a la firma de los acuerdos de paz en 1992, se iniciaron los proyectos de entrega de tierras a los desmovilizados de la guerra, a través del Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria (ISTA) y el Instituto Libertad y Progreso (ILP) ahora conocido como Instituto de Legalización de la Propiedad; pero estas instituciones no hacían un catastro como tal, pues esta función era potestad del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a través de la Gerencia de Catastro, hasta que en 1995 se creó el Centro Nacional de Registros (CNR), anexando al IGN, con esto inicia en 1996 el Proyecto Chambita Medidor, con un proyecto piloto en el Departamento de Sonsonate; posteriormente se realizaron Proyectos de Modernización del Registro y Catastro de la zona Occidental, hasta que entre los años 2009 y 2014 se inician los trabajos de Modernización del Catastro de los Departamentos de Chalatenango, Cuscatlán y Cabañas, pero

estos fueron abandonados en su ejecución por empresas extranjeras; por lo que los departamentos de la zona norte no poseen catastro.

Por lo tanto, la ausencia de un catastro integral en la municipalidad de San Isidro genera varios desafíos y deficiencias, los cuales detallaremos a continuación:

- La municipalidad no cuenta con un registro catastral de todas las propiedades de su territorio, lo que dificulta la toma de decisiones y la planificación urbana adecuada.
- La falta de un sistema de catastro eficiente conlleva a la municipalidad a realizar procesos manuales y largos para la gestión de permisos, impuestos y evaluación de propiedades, lo que genera retrasos y costos innecesarios.
- La municipalidad enfrenta dificultades para recaudar impuestos y tarifas de manera efectiva debido a la falta de información precisa sobre las propiedades y sus propietarios y que, por ende, genera pérdida de ingresos.
- La ausencia de un catastro integral dificulta a la municipalidad la aplicación y el seguimiento de las regulaciones de zonificación, lo que puede llevar a un desarrollo urbano desordenado y problemas de planificación que se pueden traducir en problemas en el transporte, contaminación ambiental, carencia de espacios públicos e inseguridad ciudadana.

- La falta de información clara sobre la propiedad y el uso del suelo está disuadiendo a los inversores y empresas de establecerse en la municipalidad ya que no hay presencia de comercio en el municipio, por lo que esta falta de inversión está afectando negativamente el desarrollo económico local y la creación de empleo en San Isidro.
- La ausencia de un catastro confiable puede generar inseguridad jurídica para los propietarios de tierras, ya que no tienen un registro público que respalde sus derechos de propiedad. Esto puede dificultar las transacciones de bienes raíces y el acceso a créditos.
- En situaciones de emergencia, como desastres naturales, la falta de información actualizada sobre las propiedades puede obstaculizar los esfuerzos de respuesta y rescate.
- Sin información sobre áreas ecológicamente sensibles o zonas de alto valor natural, la municipalidad está teniendo dificultades para proteger el medio ambiente y tomar decisiones informadas sobre conservación.

En resumen, la ausencia de un catastro municipal está teniendo un impacto significativo en la capacidad de la municipalidad para proporcionar servicios públicos, gestionar eficazmente su territorio y promover el desarrollo económico y social. De modo que, es esencial contar con un catastro actualizado y preciso como herramienta de gestión y planificación en cualquier municipio.

Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo este proyecto para establecer un sistema de catastro que permita una gestión eficiente y precisa de la información de propiedades y terrenos en la municipalidad, beneficiando así a sus residentes y al funcionamiento general del gobierno local.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Realizar un levantamiento catastral de la zona central del municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, aplicando fotogrametría con drones, tecnología GPS y un sistema de información geográfica.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Planificar un vuelo óptimo para que se visualice la zona de interés del proyecto.
- Identificar la cantidad de puntos de control necesarios para la correcta georreferenciación del proyecto.
- Ejecutar el levantamiento de los puntos de control ubicados de manera estratégica en el área de estudio por medio de equipos GNSS mediante la técnica RTK.
- Realizar el procesamiento de las imágenes capturadas en el vuelo por medio del software Pix4DMapper.
- Generar puntos de paso para procesar las fotografías en el software Pix4DMapper y así lograr un mejor emparejamiento entre imágenes.
- Realizar la restitución de forma precisa del área en estudio del municipio de San Isidro, a partir del Ortomosaico generado en el procesamiento, mediante el uso del software de Civil 3D.

- Corregir el plano con la información complementaria de medidas tomadas en campo con la ayuda de una cinta métrica y puntos de referencia.
- Crear un archivo de información geográfica con el software QGIS que refleje la información catastral recolectada en campo de la zona de interés.

1.4 Alcances.

- Se va a utilizar tecnología como fotogrametría con dron, un sistema de información geográfica como lo es QGIS y sistemas de posicionamiento global GPS para recopilar datos con precisión.
- Se van a crear planos detallados que muestren la ubicación de los lotes y sus características físicas como sus dimensiones, límites de cada parcela, rumbos, entre otras.
- La obtención del plano catastral y de los datos de los propietarios de los diferentes lotes quedará a expensas de la Alcaldía del Municipio de San Isidro sirviendo como registro catastral y como metodología para ejecutar un levantamiento de forma general en toda su extensión municipal.
- Se van a establecer registros legales como descripciones técnicas, impresiones de planos, memorias descriptivas, en el que describan cada parcela, sus propietarios y otros datos relevantes.

1.5 Limitaciones.

- En algunos puntos donde el dron hizo una captura fotográfica no se definía el lote por la vegetación del sitio, lo que provocó que las correcciones realizadas en campo fueran más extensas, e hicieran más lento el paso posterior de obtención del plano en el programa AutoCAD.
- El levantamiento realizado con dron no abarca todo el municipio por lo cual la actualización catastral no se puede completar y el registro que se dejara a la municipalidad no ofrece la información completa que abarca las necesidades del lugar.
- Muchos propietarios de las viviendas son personas de la tercera edad, que no recuerdan con exactitud datos básicos y necesarios para la complementación de la ficha técnica de los lotes, y la municipalidad no cuenta con un registro actualizado de dichas viviendas.

1.6 Justificación.

Toda la información reflejada en un mapa catastral es de gran utilidad para las ordenanzas municipales de determinados sectores, bien sea para conocer sus características, clasificarlos por su nivel de importancia o para realizar planes estratégicos para el desarrollo urbano.

Es importante mantener actualizada la información gráfica, numérica y estadística en mapas catastrales de los bienes inmuebles de cada municipalidad en El Salvador, siendo de especial interés para el municipio de San Isidro en el departamento de Cabañas, para identificar la ubicación, distribución y linderos de cada propiedad, zonas verdes y cualquier dato de interés que puedan tomarse con más facilidad y practicidad cuando sea requerido por parte de los administradores de la municipalidad.

Se hace énfasis en que muchas veces la actualización de planos o el proceso de elaboración de mapas catastrales demanda de muchos recursos al emplear métodos poco innovadores, sin embargo, con la tecnología satelital y drones especializados presenta ventajas en tiempo y precisión en la obtención de resultados.

Los productos generados del presente proyecto serán de gran ayuda para la municipalidad. Además, la documentación de este proceso servirá de guía para futuros trabajos en este municipio y otros, implementando así el proceso de elaboración de mapas catastrales a través de fotogrametría con drones, tecnología GPS y sistemas de información geográfica.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 Sistema de Referencia Geodésico.

Un Sistema de Referencia Geodésico se puede definir como un conjunto de convenciones (constantes, modelos, parámetros, etc.), que se utilizan como base para la representación de la geometría de la superficie de la Tierra y su variación en el tiempo, también con los cuales se logran situar una tripleta de ejes coordenados en el espacio, formando un recurso matemático que permiten ubicar cualquier punto de la superficie terrestre. Sin embargo, no deja de ser un concepto o una “idea” mientras no tenga asociado un Marco de Referencia, el cual materializa el sistema a través de marcas físicas y matemáticas.

2.1.1 Sistema de Referencia Local.

Un sistema geodésico local queda definido por la elección de un elipsoide de referencia y por un punto origen (datum) donde se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra (geoide).

Concretamente, el punto datum es aquél en el que se hace coincidir la vertical del lugar con la normal al elipsoide y generalmente se establece la condición de tangencia entre el elipsoide y el geoide.

Los sistemas de referencial local han sido creados para satisfacer las necesidades geodésicas de una cierta región. Su centro de coordenadas no coincide con el centro de masas de la Tierra, este es el caso del NAD 27, que se

refiere al elipsoide Clarke de 1866, cuyo datum se encuentra en la estación de triangulación Meades Ranch (Kansas EU). La utilización de este tipo de sistemas tiene como fin primordial la elaboración de cartografía.

Los parámetros que definen un sistema geodésico local son:

- Dos de ellos son necesarios para especificar el elipsoide, usualmente el semieje mayor a y el achatamiento o aplastamiento $f = 1 - \frac{a}{b}$.
- Otros dos sirven para ubicar el punto datum. Son sus coordenadas latitud y longitud.
- Finalmente, se requiere un acimut de origen en el punto datum a fin de orientar al elipsoide.

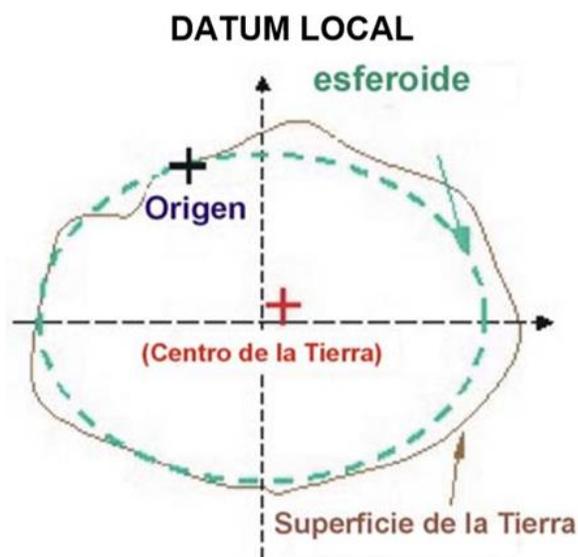


Imagen 2 - 1 Sistema de referencia local "Datum local".

Fuente: <http://www.letraherido.com/170202elementoscartografia.htm>

2.1.2 Sistema de Referencia Global.

Se define como un sistema geocéntrico aquél que especifica una terna de ejes ortogonales cartesianos X, Y, Z centrado en el centro de masas de la tierra. Estos sistemas terrestres (fijados a la Tierra) tienen el eje X solidario al meridiano origen de las longitudes y el eje Z próximo al eje de rotación, por lo tanto, este sistema “gira” juntamente con la tierra. Estos sistemas resultan imprescindibles para ubicar puntos ligados al planeta Tierra.

A diferencia de los sistemas geodésicos locales, los sistemas geocéntricos son tridimensionales y de alcance global. El concepto de punto datum desaparece, y es reemplazado por el origen y orientación de la terna de referencia. Ejemplos de sistemas geocéntricos terrestres son el WGS84 y el ITRF.

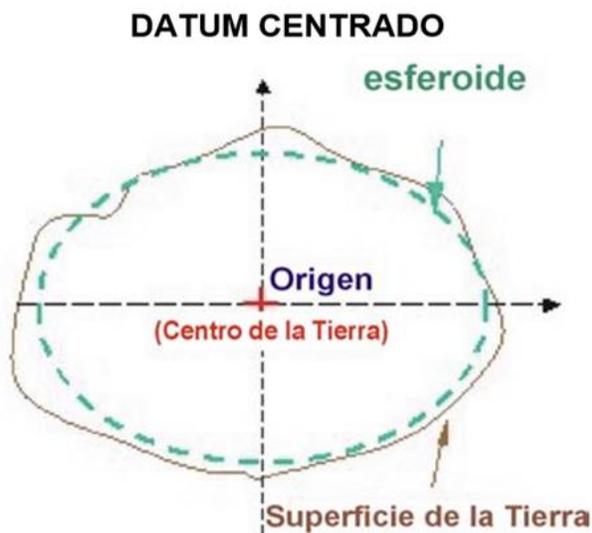


Imagen 2 - 2 Sistema de referencia global "Datum geocéntrico".

Fuente: <http://www.letraherido.com/170202elementoscartografia.htm>

2.1.3 Elipsoide.

La Tierra no es una esfera perfecta debido a que su propia rotación genera un achatamiento en los extremos o polos, la superficie más aparente para nosotros es la superficie topográfica, con sus montañas, valles y otras formas terrestres continentales y oceánicas. Esta es la superficie sobre la cual se hacen realmente las mediciones, pero debido a las irregularidades que presenta, su forma no se presta para los cálculos matemáticos.

Con el objeto de simplificar el cálculo de las posiciones sobre la superficie de la Tierra, se ha adoptado una superficie matemática simple que se parece mucho a la real de la Tierra. Podríamos escoger una esfera; pero en realidad la esfera es solo una aproximación a la figura real de la Tierra y que sólo es lo suficientemente aproximada para algunas finalidades, como, por ejemplo, cálculos astronómicos, navegación, etc.

La forma de la Tierra, debido a su achatamiento en los polos y a su abultamiento en El Ecuador se representa matemáticamente con más precisión por un elipsoide de revolución, que se genera al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor.

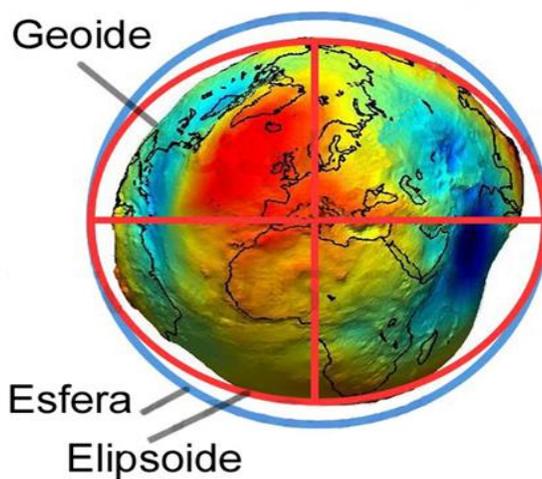


Imagen 2 - 3 Aproximación gráfica del geode y elipsoide.

Fuente: <https://www.microsiervos.com/archivo/ciencia/tierra-no-tan-esferica.html>

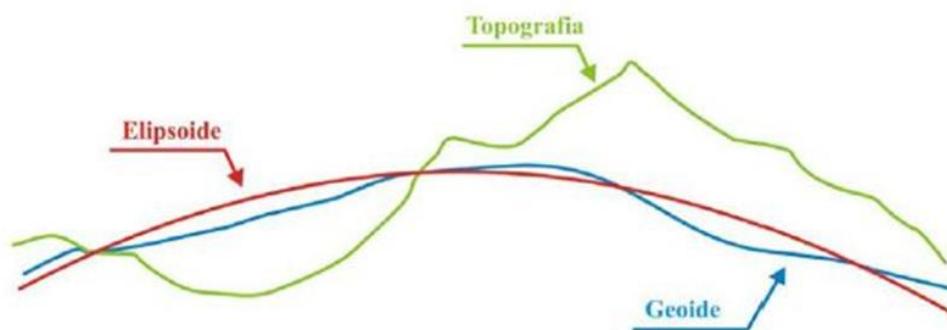


Imagen 2 - 4 Representación del geode y elipsoide.

Fuente: <https://unisigzayrao.blogspot.com/p/sistemas-de-referencia.html>

El tamaño de un elipsoide se designa generalmente por el radio del ecuador. Este radio se llama semieje mayor y se identifica con la letra a . La forma del elipsoide está dada por el achatamiento f donde $f = 1 - \frac{a}{b}$.

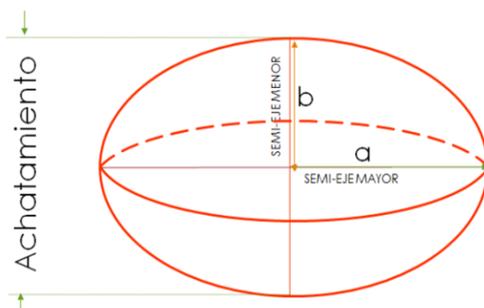


Imagen 2 - 5 Elementos del elipsoide.

Fuente: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6277/1/50107997.pdf>

En la Tabla 1 se presentan algunos de los elipsoides más empleados, generalmente conocidos por el nombre de quien los derivó y el año en que fue determinado.

Elipsoide	Radio Ecuatorial a	Achatamiento f
Airy	6.377.563,396	2.993.249.646
Bessel 1841	6.377.397,155	2.991.528.128
Clarke 1866	6.378.206,4	2.949.786.882
Clarke 1880	6.378.249,145	293,465
Everest 1830	6.377.276,345	300,8017
Fischer 1960 (Mercury)	6.378.166	298,3
Fischer 1968	6.378.150	298,3
GRS 1967	6.378.160	298,2471674
GRS 1975	6.378.140	298,257
GRS 1980	6.378.137	298,257222101
Hough 1956	6.378.270	297,0
Hayford o Internacional	6.378.388	297,0
Krassovsky 1940	6.378.245	298,3
South American 1969	6.378.160	298,25
WGS 60	6.378.165	298,3
WGS 66	6.378.145	298,25
WGS 72	6.378.135	298,26
WGS 84	6.378.137	298,257223563

Tabla 1 Elipsoides de referencia más comunes.

Fuente: Ing. Wilfredo Amaya Zelaya (Módulo 4 del curso de especialización en tecnología GPS y sensores remotos).

2.1.4 Datum.

El Datum sirve para hacer que un Sistema de Coordenadas Geográficas represente fielmente la superficie de la Tierra y salve las irregularidades de esta, ya que esta no es esférica.

Se define como el punto tangente al elipsoide y al geoide, donde ambos son coincidentes. Definido el Datum, ya se puede elaborar la cartografía de cada lugar, pues gracias a él se consiguen unos parámetros de referencia que relacionan el punto origen del geoide y del elipsoide con su localización geográfica (coordenadas geográficas), así como la dirección del sistema.

El Datum geodésico está constituido por:

- Una superficie de referencia con definición geométrica exacta, generalmente un elipsoide de revolución.
- Un punto Fundamental, en el que coinciden las verticales al geoide y al elipsoide (con lo que también coincidirán las coordenadas astronómicas y geodésicas).
- En general, el datum es la superficie de referencia para el cálculo y determinación de coordenadas, estableciéndose unos datos iniciales de los cuales se derivan el resto.

2.1.4.1 Datum Horizontal.

Datum geodésico para cualquier sistema de medición extensivo de posiciones, expresadas habitualmente como coordenadas de latitud-longitud sobre la superficie terrestre. El datum geodésico horizontal puede ser local o geocéntrico. Si es local, especifica la forma y el tamaño de un elipsoide que representa a la Tierra, la ubicación de un punto de origen sobre la superficie del elipsoide y la orientación de los ejes x e y respecto del elipsoide. Si es geocéntrico, especifica la forma y el tamaño de un elipsoide, la ubicación de un punto de origen situado en la intersección de los ejes x, y, z en el centro del elipsoide y la orientación de los ejes x, y, z respecto del elipsoide.

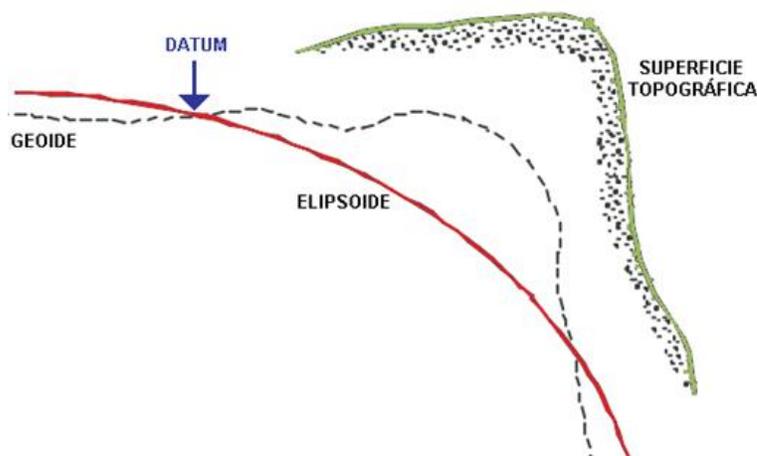


Imagen 2 - 6 Esquema Datum horizontal.

Fuente: <http://detopografia.blogspot.com/2012/12/la-superficie-de-proyeccion-el-elipsoide.html>

En 1946 la Oficina de Mapas del Ejército de los Estados Unidos de América (DMA) y el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS), inician los trabajos de establecimiento y medición de las Redes Geodésicas Horizontales principales de El Salvador. Establecieron un Arco Costero, un Arco Central y un Arco en el norte del país, vinculándolos con puntos en Guatemala y Honduras. En 1998 con la implementación de los equipos de medición GPS, se efectuó la medición de una nueva Red Geodésica Básica, la cual estuvo constituida por 16 puntos. (Datum NAD27).

Por medio de SIRGAS, con el apoyo del Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas (DGFI), se ha calculado la nueva Red Geodésica Básica Nacional SIRGAS_ES2007, obteniéndose una precisión de 7 mm en el componente horizontal y 20 mm en el vertical, utilizando para ello estaciones de la red SIRGAS-CON, con esto se tiene la base para la adopción de un nuevo Sistema de Referencia Horizontal en reemplazo del actual NAD-27.

2.1.4.2 Datum Vertical.

Datum geodésico para cualquier sistema de medición extensivo de alturas sobre, por encima de o por debajo de la superficie terrestre. Tradicionalmente, un datum geodésico vertical define la altura cero como el nivel medio del mar en una ubicación determinada o un conjunto de ubicaciones; las demás alturas se miden respecto a una superficie plana que pasa por este punto.

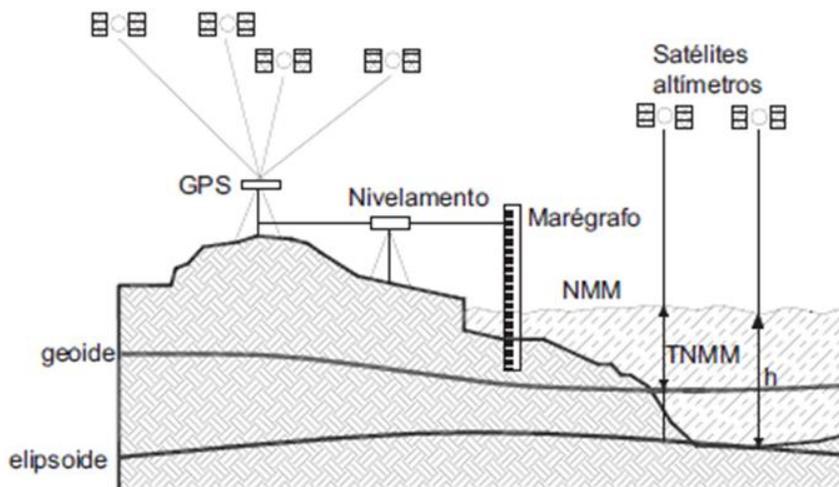


Imagen 2 - 7 Materialización Datum vertical.

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Topografia-da-superficie-do-mar-atraves-de-satelite-altimetro_fig1_325655567

El Datum Vertical para El Salvador, fue establecido en el Ajuste realizado por el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS) que incluyó desde el sur de México, cubriendo Guatemala, Honduras y El Salvador y se basó en observaciones en la Estación mareográfica localizada en el antiguo Puerto de Cutuco en el departamento de La Unión en 1960, por lo que es conocido como “Datum La Unión 1960”.

2.1.5 Proyecciones Cartográficas.

Una proyección cartográfica (también llamada proyección geográfica) es una manera de representar visualmente una porción de la corteza terrestre, que realiza una equivalencia entre la curvatura natural del planeta y la superficie plana de un mapa. Consiste, fundamentalmente, en “traducir” una representación

tridimensional a una bidimensional, distorsionando lo menos posible las proporciones del original.

Esto, sin embargo, no puede hacerse sin un cierto margen de error, de modo que las proyecciones se estudian con el fin de disminuir la distorsión en la medida de lo posible y preservar, sobre todo, los tres aspectos fundamentales de un mapa: la distancia, la superficie y la forma.

Para clasificar las proyecciones cartográficas, generalmente se utiliza el criterio de la figura geométrica que la inspira, esto es, si la proyección es cilíndrica, cónica, acimutal o si combina aspectos de estas tres categorías.

2.1.5.1 Proyección Cilíndrica.

Como su nombre lo indica, son las proyecciones que emplean un cilindro imaginario como superficie del mapa. Ubicado de manera secante o tangente a la superficie esférica del planeta, este cilindro cuenta con buena conformidad (respeta las formas), pero a medida que nos alejamos del ecuador, se produce una mayor y más notoria distorsión en cuanto a distancias y superficies. Aun así, al preservar la perpendicularidad entre meridianos y paralelos, es un tipo de proyección sencilla y útil, muy empleada en la navegación.

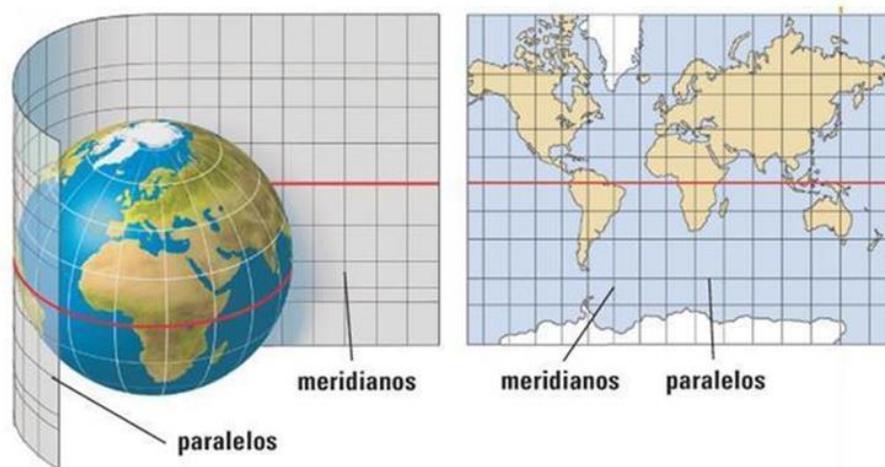


Imagen 2 - 8 Proyección cilíndrica.

Fuente: <http://cienciashumanasysociales.blogspot.com/2015/06/la-representacion-de-la-tierra.html>

a) Proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).

Creada por el geógrafo y matemático alemán Gerardus Mercator (1512-1594) en 1569, es una de las proyecciones terrestres más utilizadas de la historia, sobre todo en la confección de mapas para la navegación durante el siglo XVIII. Es una proyección de tipo cilíndrica, práctica y sencilla, pero que deforma las distancias entre los meridianos y paralelos terrestres al convertirlos en líneas paralelas, lo que aumenta la distancia entre uno y otro conforme se avanza hacia el polo. A ello se suma un empequeñecimiento de las regiones ecuatoriales.

2.1.5.2 Proyección Cónica.

De manera similar a las cilíndricas, estas proyecciones se obtienen al ubicar la esfera terrestre dentro de la curvatura interior de un cono tangente o secante imaginario, sobre el cual se proyectarán los paralelos y los meridianos. Este tipo de proyecciones tienen la virtud de tornar los meridianos en líneas rectas que parten del polo, y los paralelos en circunferencias concéntricas dentro del cono. El mapa obtenido es ideal para representar las latitudes medias, porque presenta mayor distorsión a medida que se avanza hacia los polos.

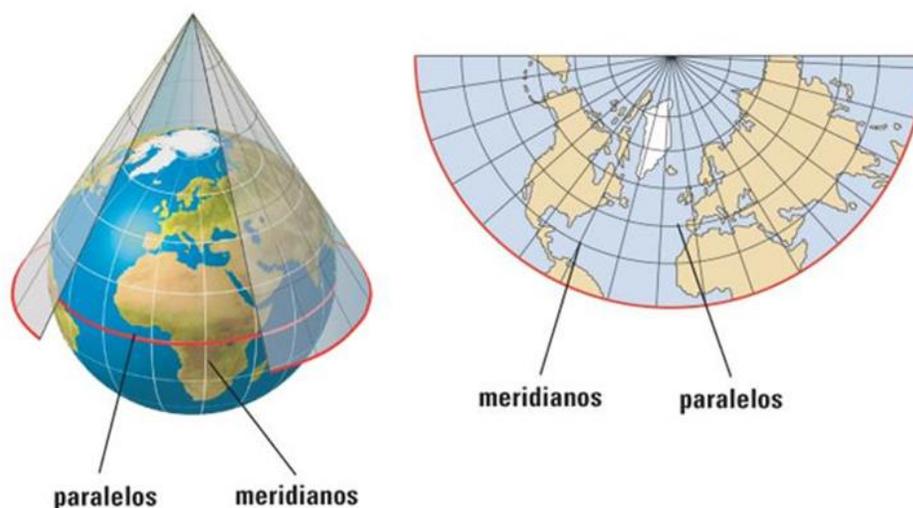


Imagen 2 - 9 Proyección cónica.

Fuente: <http://cienciashumanasysociales.blogspot.com/2015/06/la-representacion-de-la-tierra.html>

a) Proyección Cónica Conformal de Lambert.

También llamada “Proyección conforme de Lambert” para distinguirla de otras proyecciones realizadas por el físico, filósofo y matemático franco-alemán Johann Heinrich Lambert (1728-1777), se trata de una proyección cónica creada en 1772. Se obtiene utilizando dos paralelos de referencia que intersecan al globo terrestre y hacen las veces de lados del cono, lo que permite una nula distorsión a lo largo de los paralelos, aunque esta distorsión aumenta al alejarse de ellos. Los meridianos, en cambio, se convierten en líneas curvas de gran exactitud. El resultado es una proyección de muy alta conformidad, que suele utilizarse para las cartas de vuelo de los aviones, a pesar de que los mapamundis obtenidos con ella suelen servir únicamente para un hemisferio a la vez.

2.1.5.3 Proyecciones acimutales o azimutales.

También llamadas proyecciones cenitales, se obtienen colocando la esfera terrestre sobre un plano imaginario, tangente a la esfera misma, sobre el cual se proyectan los meridianos y los paralelos. El punto de vista obtenido se corresponde con la visión del mundo desde el centro de la Tierra (proyección gnomónica) o desde un planeta lejano (proyección ortográfica). Estas proyecciones son idóneas para conservar la relación entre los polos y los hemisferios, por lo que son fieles en las regiones de altas latitudes; pero presentan una creciente distorsión cuanto mayor sea la distancia entre el punto

tangencial del plano y de la esfera, de modo que no son idóneas para representar fielmente la región ecuatorial.

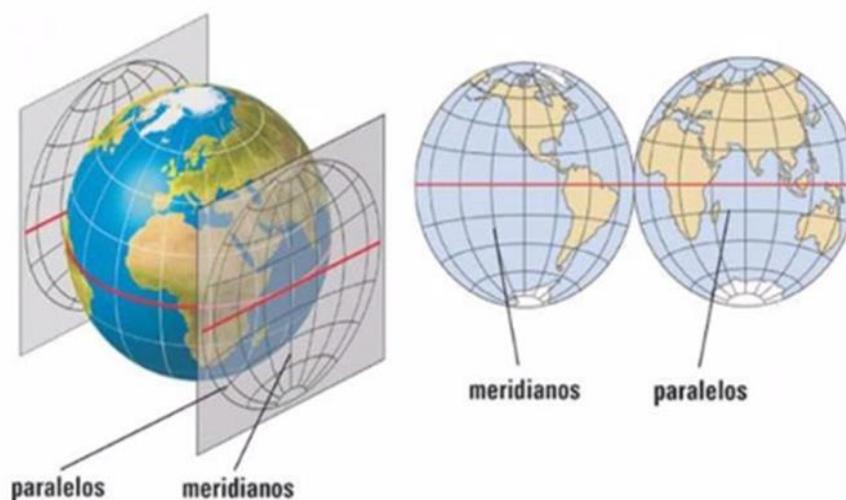


Imagen 2 - 10 Proyección azimutal.

Fuente: <http://cienciashumanasysociales.blogspot.com/2015/06/la-representacion-de-la-tierra.html>

2.1.6 Sistema de Referencia Geodésico Lambert SIRGAS-ES2007.8

SIRGAS comenzó siendo el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur, sin embargo, en el año 2000 fue extendido al Caribe, Norte y Centro América convirtiéndose en el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas y conservando su acrónimo.

El Marco de Referencia de El Salvador es una red de base GPS de 38 estaciones. Fue medido por el Departamento de Levantamiento de Control Geodésico del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN) dependencia del Centro

Nacional de Registro (CNR) utilizando posicionamiento GPS diferencial en subredes parciales y en 36 sesiones diarias entre octubre y diciembre de 2007. La mayoría de las estaciones de referencia fueron determinadas junto con un punto de control secundario para garantizar la estabilidad a largo plazo de la red. Dado que SIRGAS es una densificación regional del ITRF, SIRGAS-ES2007.8 es la densificación nacional de SIRGAS en El Salvador, la cual proporciona al país un marco de referencia confiable y compatible con las tecnologías GNSS.

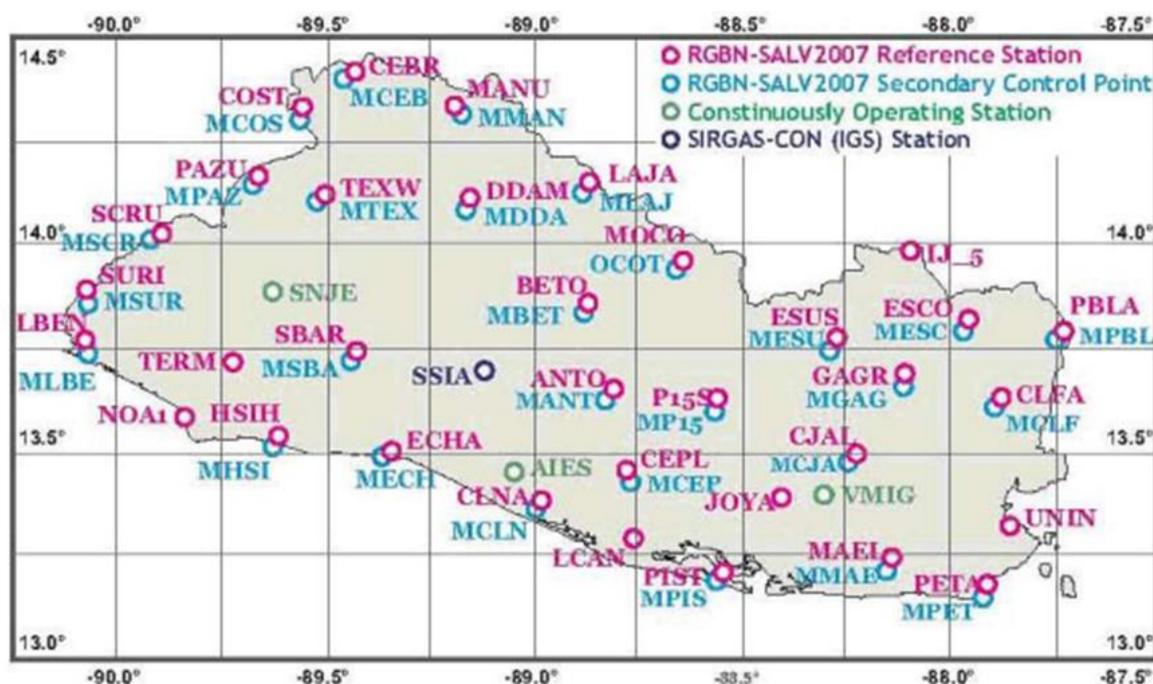


Imagen 2 - 11 Vértices de la red geodésica de El Salvador.

Fuente:

https://sirgas.ipgh.org/docs/Boletines/Bol23/14_Escobar_2018_Integracion_RGBN_El_Salvador_a_SIRGAS.pdf

2.1.7 Levantamiento Geodésico con GNSS.

La precisión es un elemento importante, para tomar en cuenta por los profesionales en topografía y es junto a ello, que se hace necesario comprender los métodos para posicionamiento con receptores GNSS, para determinar cuál sería el método adecuado para realizar el levantamiento topográfico o geodésico, de acuerdo con las especificaciones técnicas requeridas.

2.1.7.1 Método Estático.

Este tipo de método es muy utilizado para levantamientos de redes geodésicas, estudios geodinámicos o levantamientos de muy alta precisión. Tiene la limitación de ser lento y ocupar largas sesiones de rastreo. Los receptores se ubican en los vértices y no se desplazan por el tiempo de rastreo de la sesión de observación. El procedimiento consiste en tener dos o más receptores, un receptor asumirá el rol de base y se ubicará en un punto con coordenadas previamente conocidas. Los otros receptores serán los móviles y se ubicaran en vértices que no se conocen las coordenadas. Es necesario que todos los receptores estén configurados con la misma velocidad de la época. La velocidad de la época normalmente se utiliza a 15, 30 o 60 segundos.

Se realizará una primera sesión de observación de manera simultánea, que tenga cada receptor rastreo a por lo menos cuatro satélites durante mínimo una hora. Finalizando la sesión de observación se mantiene un receptor en el vértice con coordenadas conocidas el cual asumirá el rol de base. Se trasladan los otros

receptores a otros vértices de coordenadas desconocidas para realizar la segunda sesión de observaciones. El proceso se repite hasta completar todos los vértices contenidos en la red geodésica y las líneas base formen figuras geométricas cerradas.

Una vez que se ha logrado obtener suficiente información los receptores se apagan.

El tiempo de rastreo depende de la longitud de la línea base, el tipo de receptor, la precisión requerida, la resolución de ambigüedades, velocidad de la época, el GDOP y el número de satélites rastreados, a mayor distancia se requiere mayor cantidad de tiempo de rastreo.

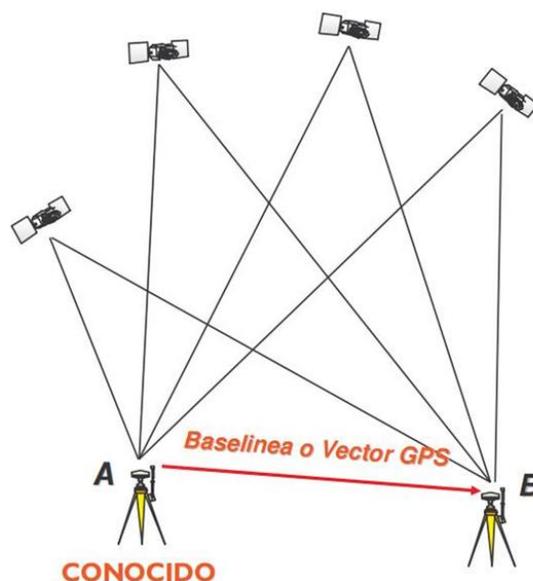


Imagen 2 - 12 Método de medición estático.

Fuente: http://glmimport.com.pe/?page_id=816

2.1.7.2 Método Estático Rápido.

Este método es utilizado para redes de control geodésico locales, o densificación de redes de orden inferior, con líneas máximas de hasta 20 km. Solamente se puede utilizar con receptores de doble frecuencia. Este método es similar al levantamiento estático, solo que un receptor se mantiene en la estación base y los otros receptores se desplazan a los vértices de coordenadas desconocidas. La velocidad de la época se suele configurar de 1 a 3 segundos.

Cada cambio que se hace sucesivamente de vértice, se realiza una sesión de observación, estas sesiones de rastreo son de menor duración que las del posicionamiento relativo estático. El periodo de rastreo para el receptor móvil depende de la longitud de la línea base y el GDOP.

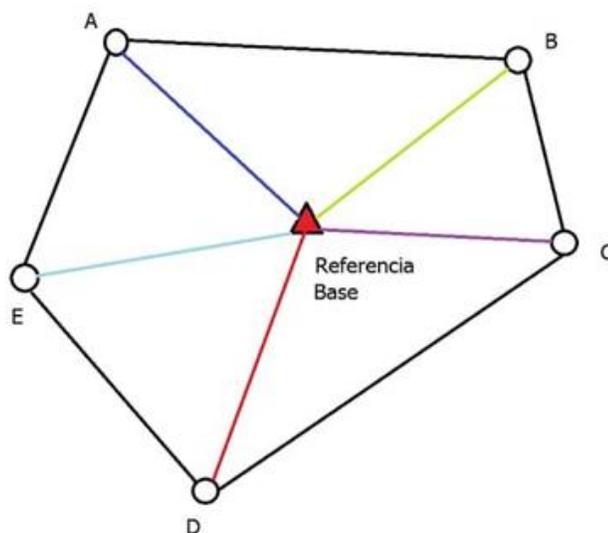


Imagen 2 - 13 Método de medición estático rápido.

Fuente: <https://paratopografia.com/geodesia/posicionamiento-con-receptores-gnss/>

2.1.7.3 Método Cinemático.

Se utiliza comúnmente para el levantamiento de detalles, por su eficiencia a la hora de medir muchos puntos que están cerca unos de otros. Presenta la desventaja que si se presentan obstrucciones o se pierde el rastreo de menos de 4 satélites se debe inicializar el equipo. Este método requiere de dos receptores que se deben inicializar al principio del levantamiento.

Luego de la inicialización de los receptores, el receptor base debe permanecer en el vértice de coordenadas conocidas y el segundo receptor se desplazará libremente a lo largo de una línea o a los vértices de coordenadas desconocidas.

El operador del receptor móvil puede registrar las coordenadas a intervalos de tiempo definido o marcando los puntos de interés para el levantamiento.

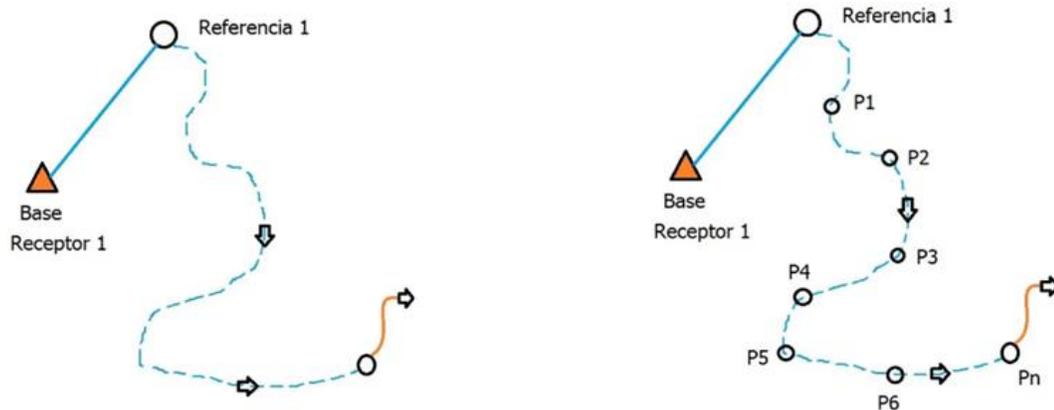


Imagen 2 - 14 Método de medición cinemático.

Fuente: <https://paratopografia.com/geodesia/posicionamiento-con-receptores-gnss/>

2.1.7.4 Método Cinemático en Tiempo Real (RTK).

Este método tiene la ventaja de que define la posición en tiempo real, eliminando los errores y las ambigüedades. Para la aplicación de este método se requiere de mínimo dos receptores que reciban las señales de manera simultánea.

Los levantamientos GNSS con el método RTK se utiliza para:

- Levantamiento de detalles
- Estaqueo
- Replanteo
- Aplicaciones COGO

Para el método RTK se requiere que un receptor asuma el rol de base y este emitirá las correcciones al receptor móvil, quien a partir del software procesa las coordenadas y corregirá en tiempo real la posición.

Es el receptor móvil es quien se encarga de procesar los datos recibidos del receptor base y datos de los satélites, con los cuales se resuelven las ambigüedades que permiten obtener una posición muy precisa en tiempo real.

La velocidad de época normalmente se configura para los dos receptores en 1 segundo. Es importante tomar en cuenta que NO todos los receptores tienen la capacidad de realizar posicionamiento cinemático en tiempo real RTK.

Algo importante a tomar en cuenta es la distancia entre los dos receptores que debe ser menor a 10 km, ya que a partir de esta distancia se disminuye la intensidad de la señal de radio y por ende dificulta la aplicación del método.

Otra dificultad que presenta el método es la existencia de elementos que interfieren en la señal de radio, por ejemplo, una montaña, edificios muy masivos, entre otros. Lo anterior, se puede solucionar al incorporar una antena repetidora de la señal de radio que debe ser compatible con los dos receptores. La pérdida de señal de los datos del receptor base disminuye la precisión del levantamiento.

Entre las ventajas que presenta el método RTK está la reducción del tiempo de procesamiento en la oficina y la capacidad de verificar los resultados en campo. Se recomienda en este método estar pendiente que los valores GDOP no excedan los valores ideales para mantener la calidad del levantamiento.

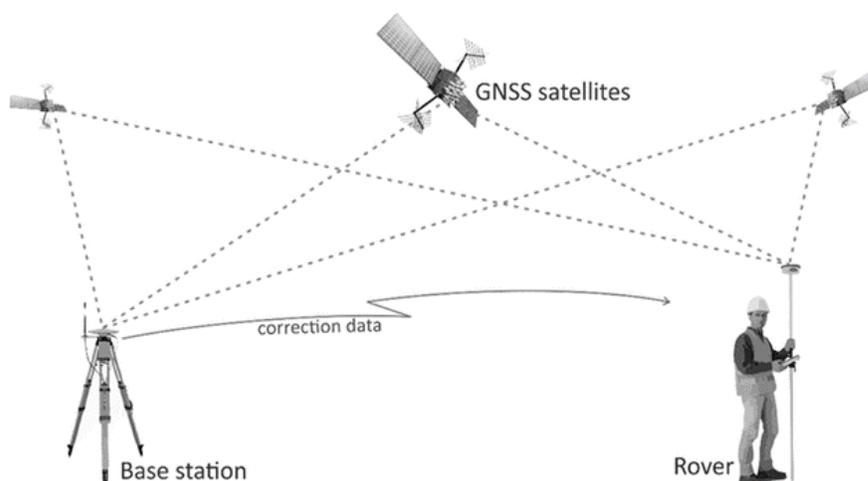


Imagen 2 - 15 Método de medición RTK.

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Real-Time-Kinematic-RTK-methods_fig5_297716315

2.2 Fotogrametría con drones.

2.2.1 ¿Qué es la fotogrametría?

La Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) define a la fotogrametría como la ciencia encargada de realizar mediciones confiables por medio de fotografías para obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado.

En relación con la fotogrametría en topografía, la fotogrametría con drones puede definirse como la técnica utilizada para realizar mediciones, tanto de dimensiones, como de formas y posición de objetos en el espacio, y a través de la superposición de imágenes captadas poder realizar mediciones en 3D. Esta técnica permite la generación de planos y mapas con mucha precisión.

A medida que los drones siguen su ruta de vuelo programada, recopilan miles de fotografías de las condiciones en el suelo. Aunque puede parecer que el dron está recopilando más imágenes de las que realmente necesita durante la inspección del terreno, los múltiples puntos objetivo de una ubicación en el suelo se procesan para crear una ortofoto 2D y un modelo de terreno digital 3D que es una representación exacta de las condiciones en un sitio de trabajo.

Antes de que los drones entraran a escena, las fotografías aéreas se obtenían utilizando avionetas y/o helicópteros, lo cual significaba riesgos y costos muy altos. Las fotografías satelitales también se utilizaban para realizar estos

trabajos, pero tampoco tenían buena definición. Los productos obtenidos eran poco precisos.

2.2.1.1 Los pros de la fotogrametría.

- El principal beneficio de trabajar con fotogrametría es su accesibilidad. El auge de la tecnología de drones y el software de mapeo ha simplificado los flujos de trabajo y ha puesto mapas precisos y modelos 3D al alcance de cualquier organización con un dron con cámara decente.
- Aparte de la calibración de la cámara, la planificación básica del vuelo y el trazado de los puntos de control en tierra, llevar a cabo una misión de mapeo y convertir esos datos en algo útil es relativamente sencillo. Existen innumerables escenarios en los que este proceso produce resultados tangibles, en industrias tan variadas como la construcción, la conservación, la minería y la agricultura.
- Otra ventaja se refiere a la seguridad de los operarios quienes realizan sus actividades de manera remota. Esto se realiza generalmente en una estación de trabajo y los drones se encargan del resto.
- Es importante destacar que los resultados también son accesibles. Los mapas y modelos con características y colores reconocibles son instantáneamente intuitivos, lo que los convierte en una excelente herramienta de colaboración

y algo con lo que las partes interesadas pueden trabajar sin perder demasiado tiempo manipulando los datos.

- Otra gran parte del atractivo de la fotogrametría es lo asequible que es. Como mencionamos, comenzar significa invertir unos pocos miles de dólares en un dron con cámara profesional y mucho menos en el software que necesitará para procesar sus datos.
- Finalmente, la fotogrametría ofrece un enfoque más flexible. Dependiendo de la tarea en cuestión, puede tener más control sobre la compensación entre la velocidad, la altitud y la precisión de la misión.

2.2.1.2 Los contras de la fotogrametría.

Hay algunas desventajas de los métodos de topografía basados en fotogrametría.

- La primera es que la precisión de sus mapas y modelos depende en gran medida de la calidad de la cámara de su dron y del dron en sí.
- El tamaño del sensor, la apertura, la resolución y la distancia focal impactan la distancia de muestra del suelo (GSD) junto con la altitud a la que está volando. Además de eso, tendrá dificultades para producir resultados con absoluta precisión sin varios puntos de control terrestre o un dron habilitado para RTK o PPK.

- El segundo desafío al que se enfrentan sus ambiciones de fotogrametría es el clima. O, para ser más específicos, las condiciones de luz. La oscuridad, la nubosidad, el polvo y más pueden afectar negativamente la calidad de los resultados de su levantamiento.
- Cuando se trata del procesamiento de datos, solo puede medir lo que puede ver con claridad. Esto significa que los vuelos con visibilidad limitada, ya sea debido a la vegetación, las sombras o la hora del día, producirán menos puntos terrestres y mapas y modelos menos precisos.

2.2.2 ¿Cómo funciona la fotogrametría?

En fotogrametría, un dron captura un gran número de fotos de alta resolución sobre una zona. Estas imágenes se superponen, de modo que el mismo punto del terreno es visible en varias fotos y desde distintos puntos de vista. Del mismo modo que el cerebro humano utiliza la información de ambos ojos para percibir la profundidad, la fotogrametría utiliza estos múltiples puntos de vista en las imágenes para generar un mapa tridimensional.

El resultado: una reconstrucción 3D de alta resolución que no solo contiene información sobre la elevación / altura, sino también sobre la textura, la forma y el color de cada punto del mapa, lo que facilita la interpretación de la nube de puntos 3D resultante.

Los mapas ortomosaicos y los modelos 3D tienen una variedad de aplicaciones, desde la planificación de la construcción y la gestión de proyectos en curso hasta usarse como material de marketing. La cantidad de imágenes que necesita para una fotogrametría eficaz puede oscilar entre cientos y miles, todo depende del tamaño del sitio en cuestión y de la profundidad y precisión que desee lograr.

La planificación adecuada de la misión y el posprocesamiento también son importantes para lograr una precisión óptima: un buen solapamiento entre las imágenes aumenta la precisión y proporciona una mejor corrección de errores en comparación con la dependencia total del método de georreferenciación directa utilizado en el LIDAR. Un sistema de drones de gama alta con un flujo de trabajo de posprocesamiento y una planificación de misiones profesionales ayuda a garantizar la captura de datos de calidad que generen resultados precisos.

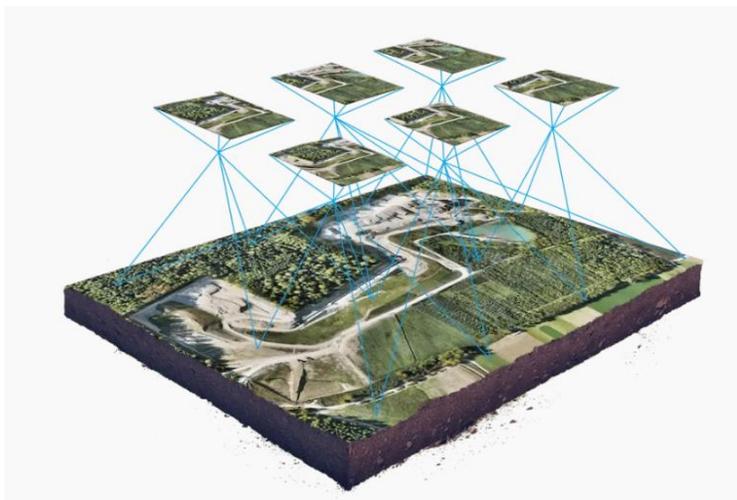


Imagen 2 - 16 Procesamiento de un levantamiento fotogramétrico.

Fuente: <https://wingtra.com/es/dron-fotogrametria-vs-lidar/>

2.2.3 Productos derivados de la fotogrametría.

La fotogrametría genera una variedad de productos, incluidas ortofotos, modelos digitales de elevación (DEM), nubes de puntos 3D y modelos 3D texturizados.

2.2.3.1 Ortomosaicos.

Los ortomosaicos u ortofotos corrigen la distorsión geométrica que es inherente a las imágenes. Al usar los puntos de enlace asignados y los GCP, puede hacer referencia a imágenes del mundo real. El producto final es un mosaico sin costuras cosido a través de la combinación de bordes y el equilibrio de color.

El ortomosaico es la piedra angular para crear análisis y otros mapas hechos con drones. Son las mejores herramientas capaces de extraer todo el potencial de los datos recopilados por los UAV en la cartografía aérea. Después de todo, es desde allí que los datos se traducirán en información esencial para acelerar la productividad en el campo, permitir la gestión remota y también aumentar la precisión y la calidad de los proyectos.

El ortomosaico se utiliza principalmente para recopilar información, principalmente visual y actualizada, sobre un área de interés. Puede ser utilizado en el día a día de empresas de diferentes sectores como ingeniería, topografía, energía, minería y agricultura. A través de estos mapas es posible realizar inspecciones, georreferenciaciones, mediciones de áreas, comparar mapas, monitorear la evolución de los proyectos y una serie de otras aplicaciones.



Imagen 2 - 17 Ortomosaico.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3.2 Modelo digital de superficie.

Un modelo de superficie digital (DSM) captura las características naturales y construidas en la superficie de la Tierra al incluir su altura. Por ejemplo, la altura puede provenir de la parte superior de los edificios, las copas de los árboles y las líneas eléctricas. Un DSM es útil en modelado 3D para telecomunicaciones, planificación urbana y aviación. Debido a que los objetos se extruyen de la Tierra, esto es particularmente útil en estos ejemplos:

- **Zona de aproximación a pista de aterrizaje invadida.** En la aviación, los DSM pueden determinar las obstrucciones de la pista en la zona de aproximación.
- **Manejo de la vegetación.** A lo largo de una línea de transmisión, los DSM pueden ver dónde y cuánta vegetación está invadiendo.

- **Obstrucción de la vista.** Los planificadores urbanos usan el DSM para verificar cómo un edificio propuesto afectaría el punto de vista de los residentes y negocios.

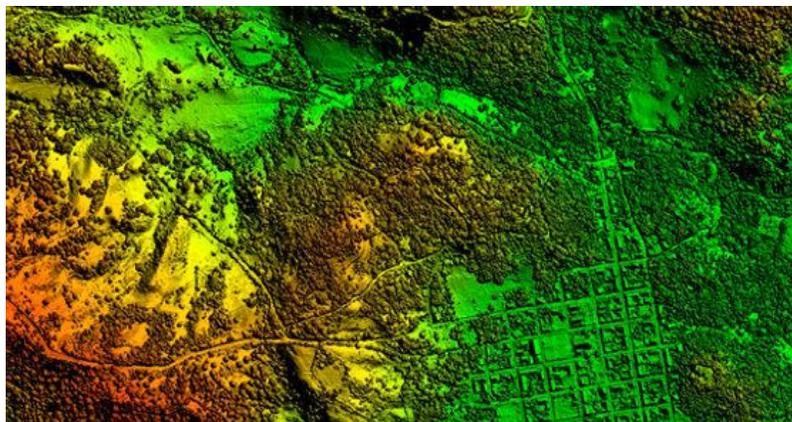


Imagen 2 - 18 Modelo digital de superficie.

Fuente: <https://www.lidar-mexico.com/mds-modelo-digital-de-superficie>

2.2.3.3 Modelo digital de elevaciones.

Un modelo digital de elevación es una matriz de celdas de tierra desnuda referida a un dato vertical. Cuando se filtra puntos no terrestres como puentes y carreteras, se obtiene un modelo de elevación digital suave. Los edificios construidos (líneas eléctricas, edificios y torres) y naturales (árboles y otros tipos de vegetación) no están incluidos en un DEM.

Cuando se anula la vegetación y las características creadas por el hombre a partir de los datos de elevación, se genera un DEM. Un modelo de elevación de tierra desnuda es particularmente útil en hidrología, suelos y planificación territorial.

- **Modelización hidrológica.** Los hidrólogos usan DEMs para delinear cuencas hidrográficas, calcular la acumulación de flujo y la dirección del flujo.
- **Estabilidad del terreno.** Las áreas propensas a las avalanchas son áreas de alta pendiente con escasa vegetación. Esto es útil cuando se planea una autopista o una subdivisión residencial.
- **Mapeo de suelos.** Los DEMs ayudan a mapear los suelos que son una función de elevación (así como geología, tiempo y clima).

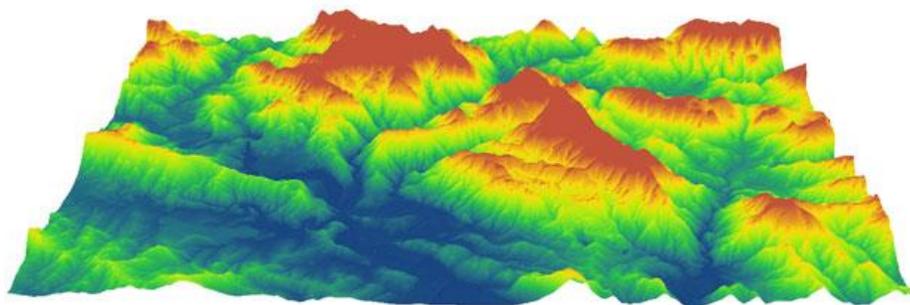


Imagen 2 - 19 Modelo digital de elevación.

Fuente: <http://www.avsan.cl/old/modelos-digitales-de-elevacion.html>

2.2.3.4 Modelo digital del terreno.

Un modelo digital del terreno (DTM) es simplemente una superficie de elevación que representa la tierra desnuda. Cuando quitas todas las características de la Tierra, esto es lo que representa un DTM. En algunos países, un DTM es sinónimo de DEM. Esto significa que un DTM es simplemente una superficie de elevación que representa la tierra desnuda referenciada a un dato vertical común.

En los Estados Unidos y otros países, un DTM tiene un significado ligeramente diferente. Un DTM es un conjunto de datos vectoriales compuesto de puntos espaciados regularmente y características naturales como crestas y líneas de ruptura. Un DTM aumenta un DEM incluyendo características lineales del terreno de tierra desnuda.

En pocas palabras, un DSM crea un relieve de la tierra incluyendo la vegetación, edificaciones y objetos presentes. Un DEM solamente muestra el relieve del suelo. Un DTM es un DEM que incorpora otros elementos geográficos como crestas, líneas de ruptura, ríos, etc.

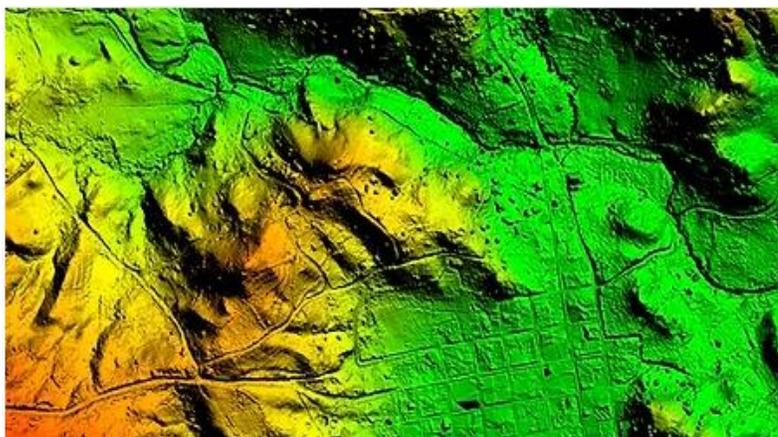


Imagen 2 - 20 Modelo digital del terreno.

Fuente: <https://www.lidar-mexico.com/mdt-modelo-digital-de-terreno>

2.2.3.5 Contornos.

Los contornos son líneas de igual elevación y son un subproducto de un modelo de terreno digital. Son útiles para mostrar la inclinación de pendientes, acantilados, crestas y valles.

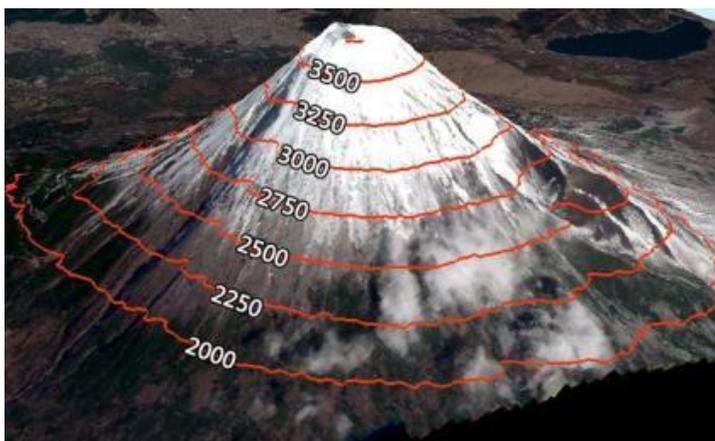


Imagen 2 - 21 Contorno.

Fuente: <https://gisgeography.com/what-is-photogrammetry/>

2.2.4 Principales aplicaciones de la fotogrametría.

- **Catastro.**

La fotogrametría con drones enfocada a diferentes áreas municipales ha sido de gran valor. Este es el caso del catastro municipal. Temas como la actualización del padrón catastral, el cálculo de impuesto predial, avalúos catastrales, así como los traslados de dominio, son realizados con mayor precisión y eficiencia. Los tiempos del proceso, desde la toma de información hasta su procesamiento, se han reducido considerablemente gracias a esta herramienta.

- **Arquitectura.**

Otra área en la que se ha aplicado la fotogrametría con drones es la arquitectura. La cual ha crecido enormemente en los últimos años. El escaneo en 3D tanto en interiores como en exteriores, al aplicarse con el software adecuado ha permitido trabajos importantes en esta rama. La preservación del valor histórico es una de las muchas áreas en las que puede aplicarse esta tecnología.

- **Minería.**

La utilización de la fotogrametría con drones en la industria de la minería está siendo cada vez más relevante. En esta rama es muy importante la medición de cantidades y volúmenes de los materiales que se extraen. Llevar el control y organización del espacio donde se realizan las extracciones de materiales, así como de la cantidad de productos extraídos es vital. Los drones son muy importantes para conocer a profundidad el terreno en el que estamos trabajando, y con ellos, conocer las características particulares y las rutas de acceso para evitar la mayor cantidad de riesgos posibles.

- **Ingeniería y obras civiles.**

Son muchas las áreas de aplicación de la fotogrametría con drones en ingeniería y obras civiles. Esto es por el gran desarrollo que suponen para las ciudades. Por mencionar algunas, como ejemplo nos referiremos a carreteras, puentes, túneles, acueductos, alcantarillado, edificios, análisis hidrológicos, planeación urbana, diseños viales, etc. Las inspecciones que se

realizan con drones implican un ahorro substancial tanto en tiempo como en los recursos económicos aplicados garantizando resultados muy precisos.

2.2.5 Software para fotogrametría con drones.

- **Pix4D:**

Las características de este software de fotogrametría digital hacen que sea muy versátil y a la vez una muy buena opción en todo lo que se refiere a procesamiento de datos fotogramétricos. En general, funciona generando nubes de puntos que son comunes entre ellos, con lo cual pueden construirse ortomosaicos y modelos digitales de superficies y de terrenos a partir de grupos de imágenes superpuestas. Con lo anterior, es posible generar tanto cartografía 2D, así como modelos en 3D. Los modelos 3D generados se utilizan para llevar a cabo mediciones y análisis, como calcular volúmenes, inspeccionar estructuras, evaluar cambios en el terreno y realizar diversas tareas de análisis espacial.

- **Agisoft Metashape:**

Este es un software que genera nubes de puntos densas, modelos poligonales texturizados, índices DSM /DTM de imágenes y ortomosaicos. Como herramienta de fotogrametría, Metashape es un software muy completo. Gracias a todas sus características, se obtienen resultados muy precisos y confiables.

- **Ortoprogramación de ESRI:**

La asignación de ortofotos de Esri ha recorrido un largo camino desde que se introdujo por primera vez. Ofrece un conjunto de herramientas en ArcGIS Pro para agregar puntos de enlace, GCP y puntos de control a un espacio de trabajo de representación cartográfica de ortofotos. Le permite ajustar, crear mosaicos, igualar bordes y equilibrar el color de cualquiera de sus productos de representación cartográfica de ortofotos.

- **Autodesk ReCap:**

Autodesk ReCap es un software de fotogrametría que le permite crear modelos 3D de objetos del mundo real. Estos modelos 3D de alta calidad son útiles para proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción o para complementar sus flujos de trabajo y diseño BIM.

2.3 GLOBAL MAPPER.

Es un software SIG de vanguardia que proporciona a los profesionales geoespaciales novatos y experimentados una amplia gama de herramientas de procesamiento de datos espaciales, con acceso a una variedad incomparable de formatos de datos.

Entre sus funciones se registran:

- Georreferenciación de imágenes.
- Generación de isolíneas como, por ejemplo: curvas de nivel, isoyetas, isotermas, isosistas.
- Análisis del perfil topográfico.
- Generación de tablas de agua para análisis de inundación.
- Cálculo de volumen de corte y relleno.
- Análisis de cuencas hidrográficas y crestas de montañas (ridge lines), entre otras funciones.



Imagen 2 - 22 GLOBAL MAPPER.

Fuente: Global Mapper - Blue Marble Geographics

2.3.1 Creación de la proyección LAMBERT SIRGAS 2007 en un archivo PRJ en Global Mapper.

1. Iniciamos el software Global Mapper: Observamos su interfaz y las diferentes herramientas con las que cuenta.

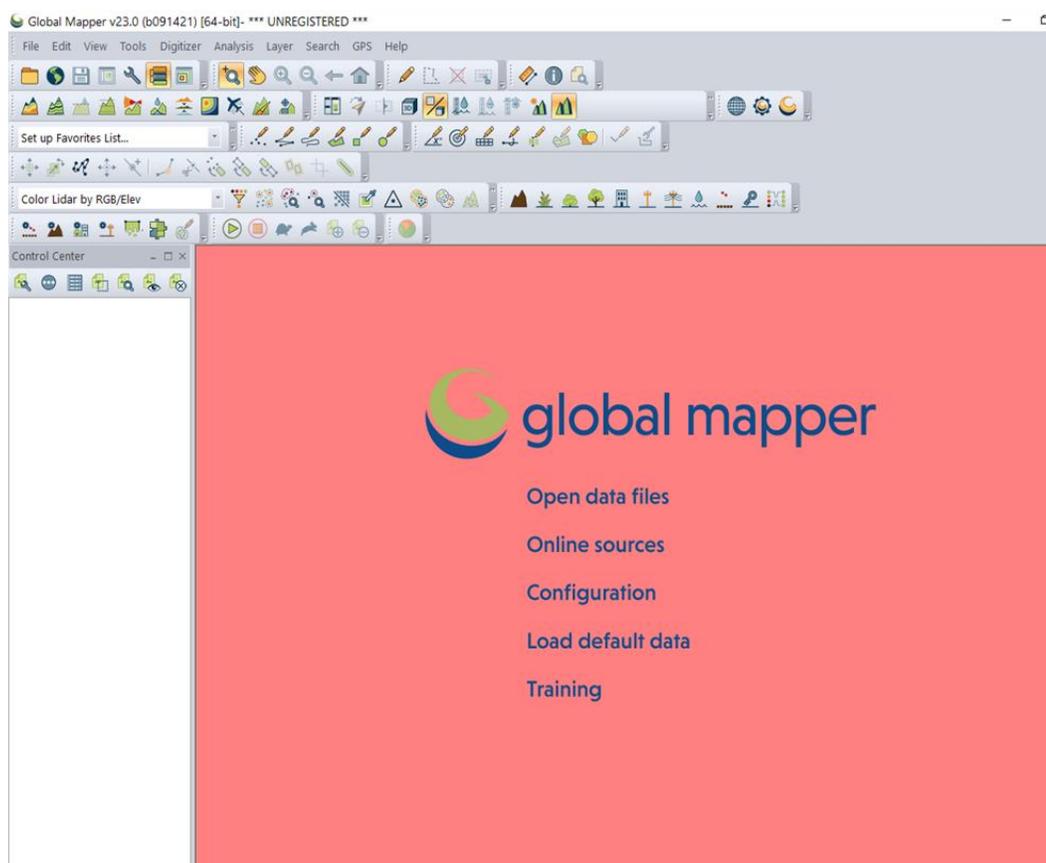


Imagen 2 - 23 Interfaz del software Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

2. Damos click en la pestaña “Tools”, se abre la barra de herramientas y damos click en “Configure”

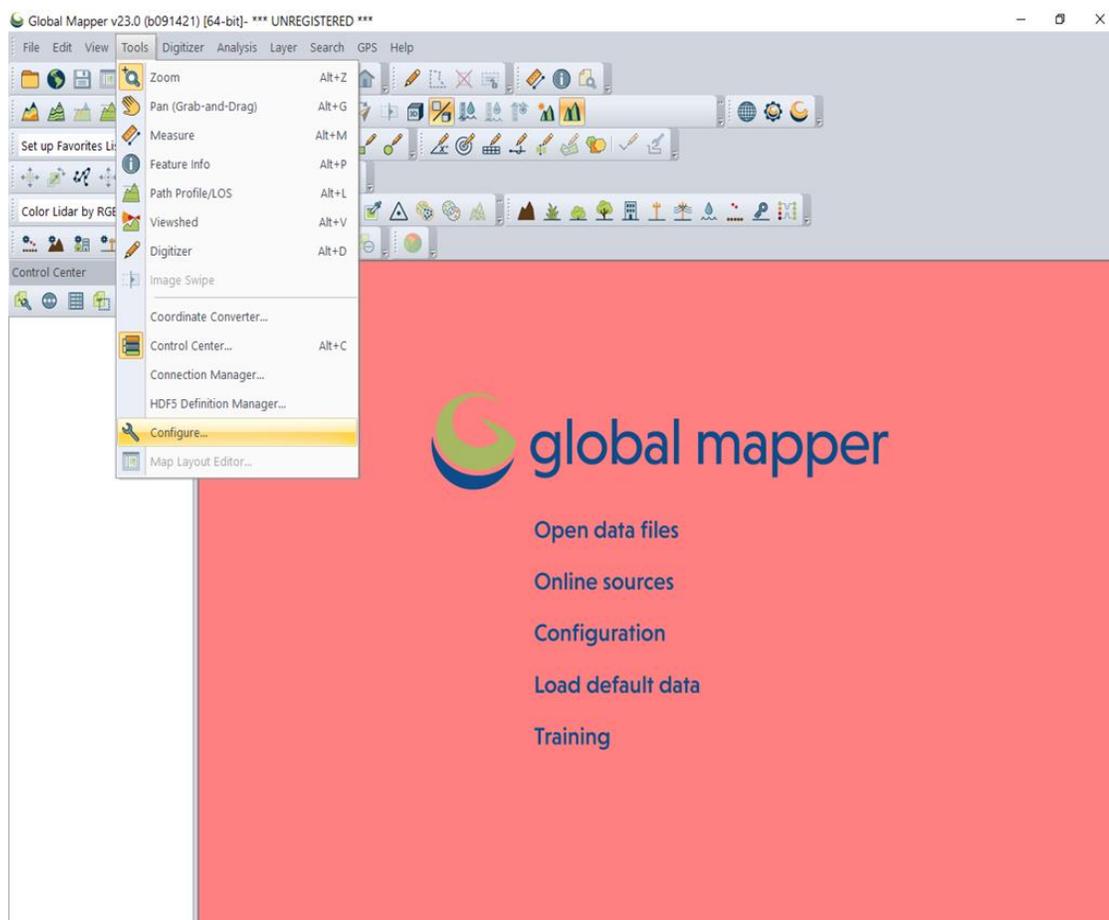


Imagen 2 - 24 Configuración de proyección en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

3. Al dar click en “configure” se abre la siguiente ventana que contiene un menú con más opciones de configuración.

Al lado izquierdo del menú se encuentra una opción denominada “projection”, la cual buscaremos y daremos click para su posterior configuración.

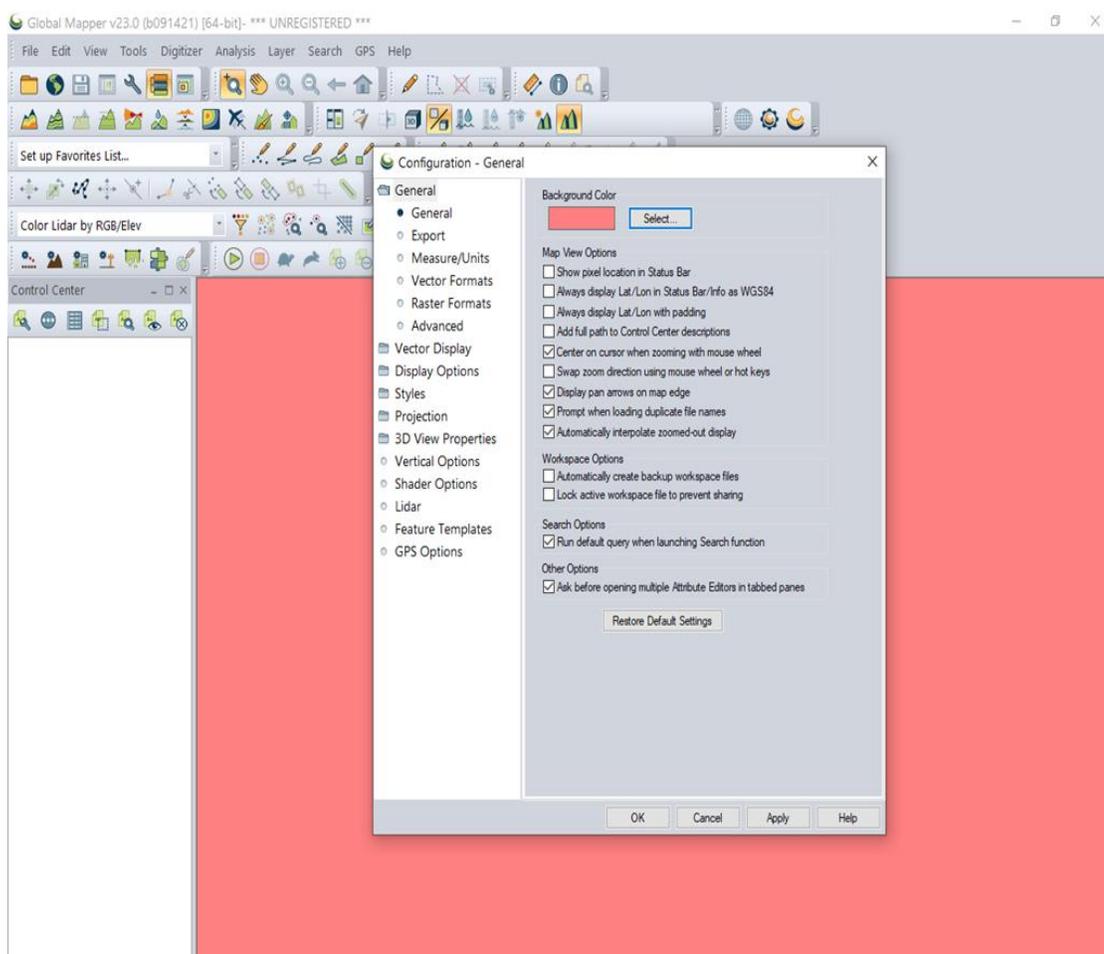


Imagen 2 - 25 Configuración de proyección en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

4. La opción “*projection*” contiene el siguiente menú:

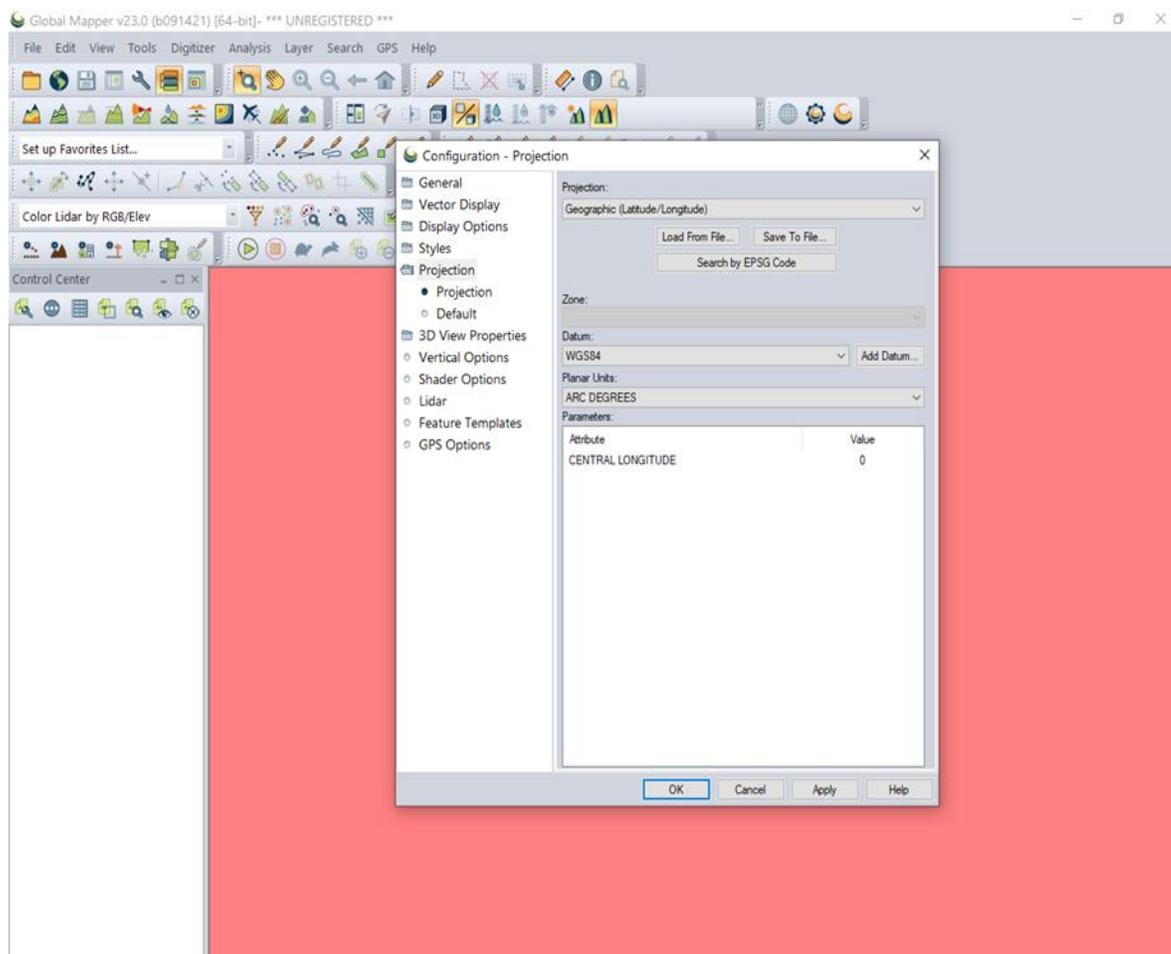


Imagen 2 - 26 Configuración de proyección en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

5. Escogeremos la proyección “*Lambert Conformal Conic*”.

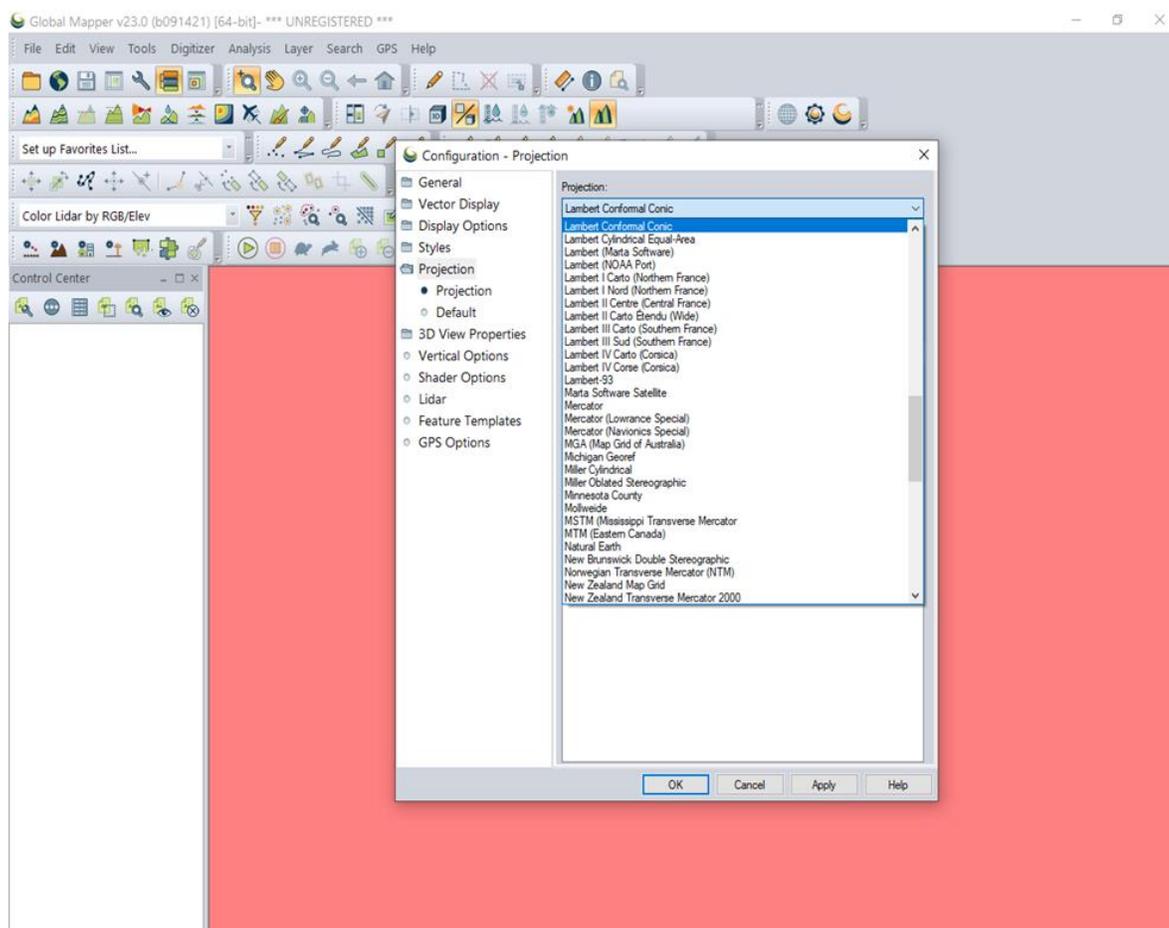


Imagen 2 - 27 Configuración de proyección Lambert SIRGAS 2007 en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

6. Posteriormente tendremos los valores por defecto de la proyección que elegimos.

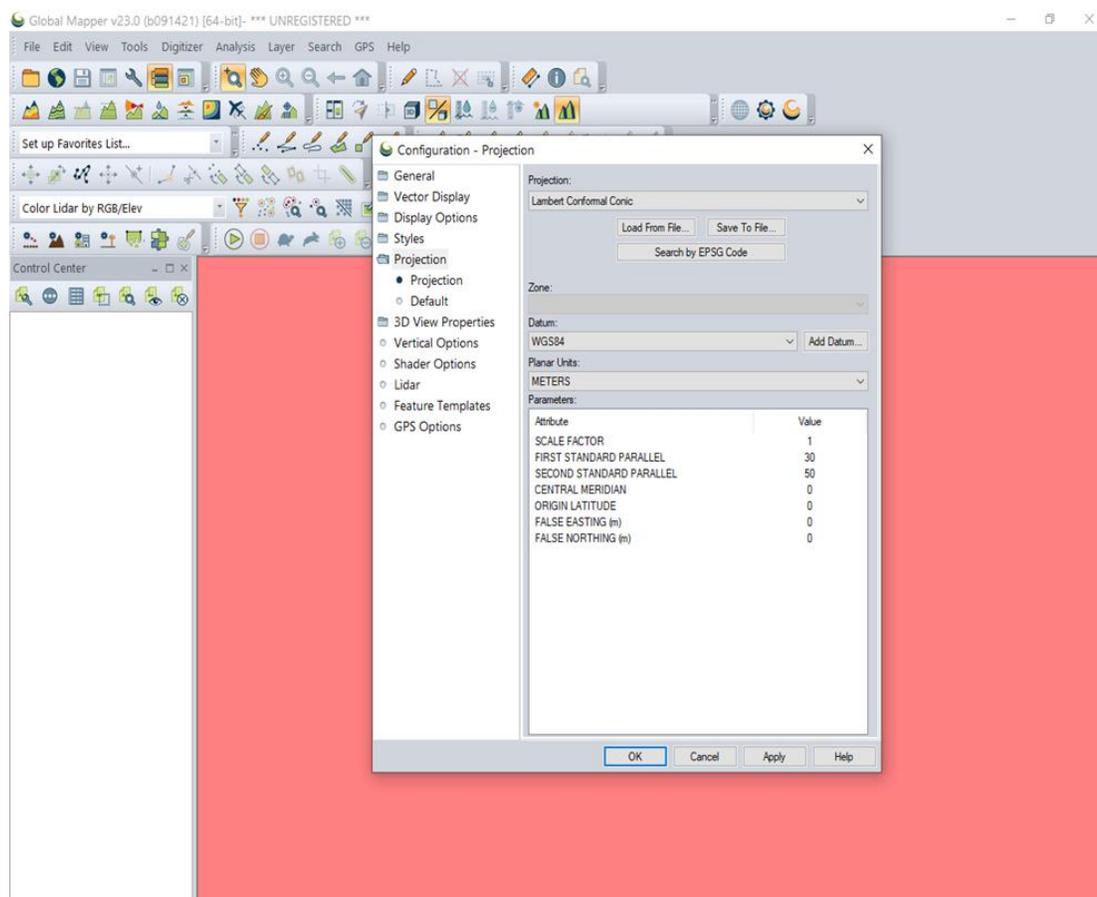


Imagen 2 - 28 Parámetros por defecto de proyección en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

7. A continuación, se procede a modificar los parámetros por defecto y se ingresan los datos de la proyección que estamos utilizando y damos click en aplicar.

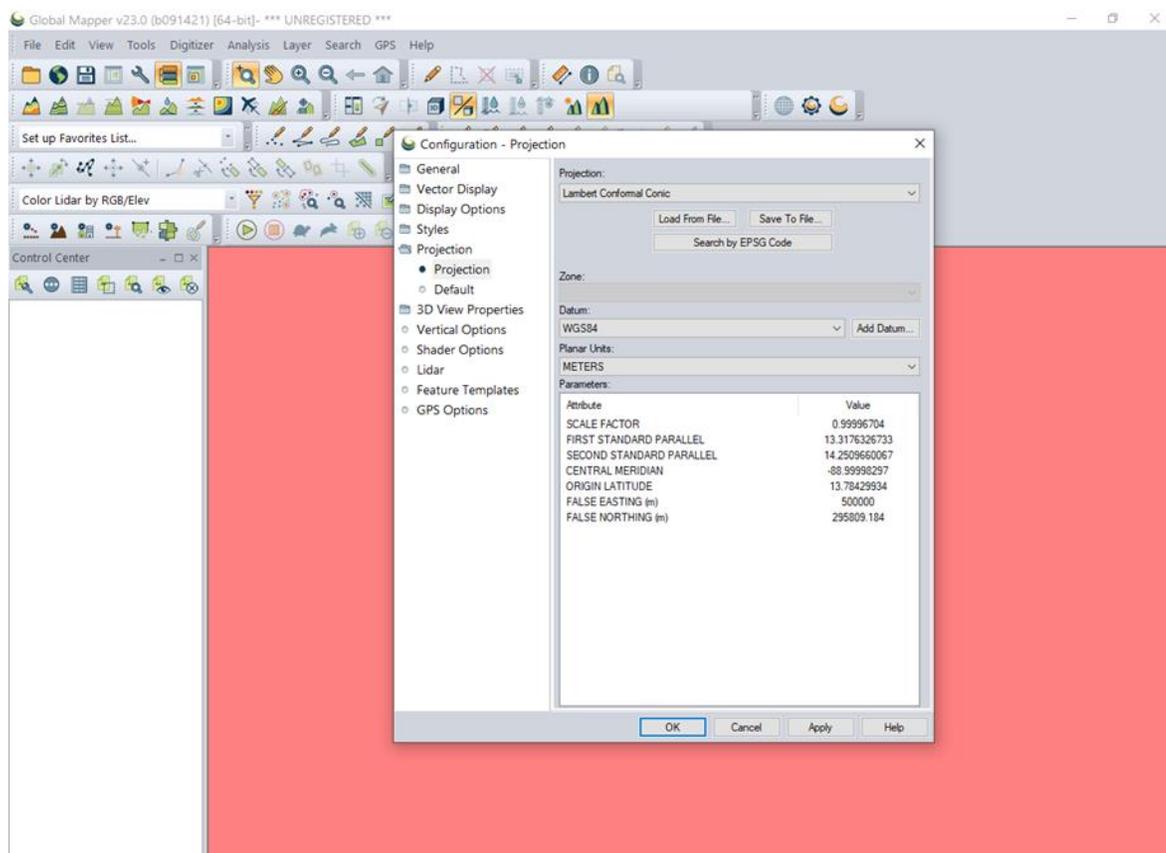


Imagen 2 - 29 Parámetros ingresados de proyección en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

8. Los parámetros ingresados los podemos guardar en un archivo PRJ y utilizarlos todas las veces necesarias y evitar el ingreso manual de cada dato.

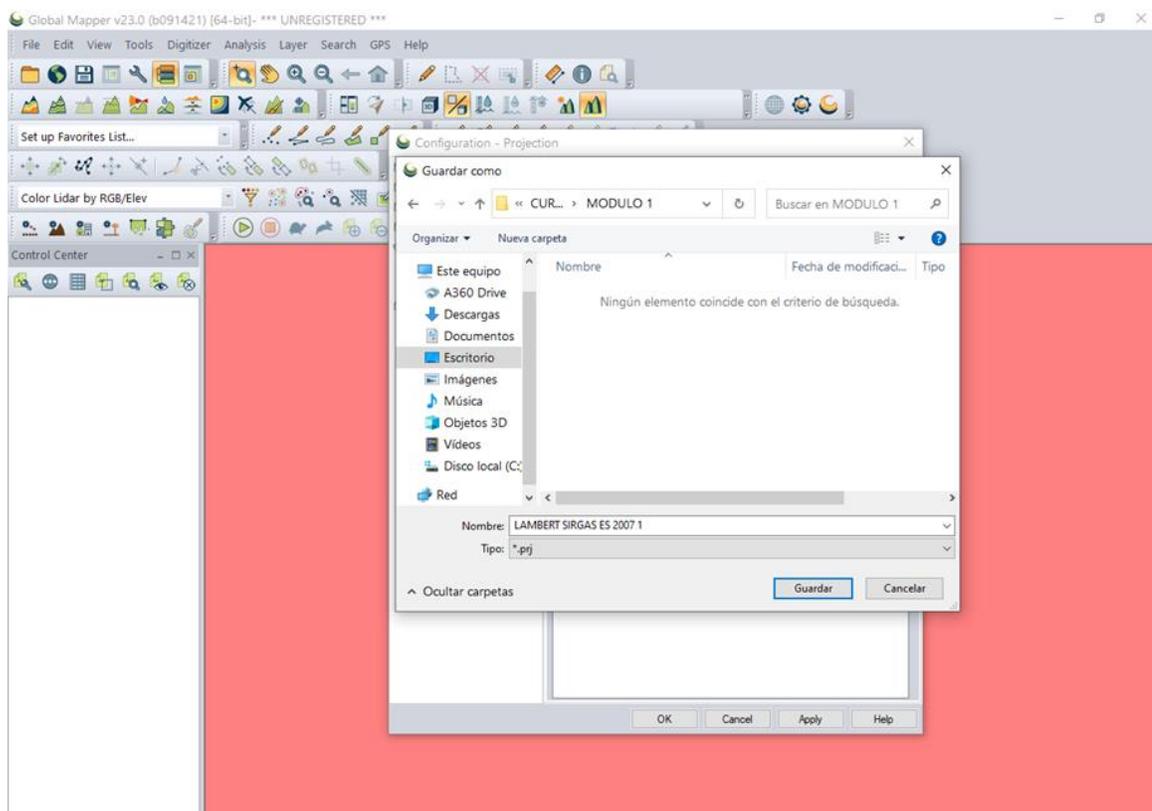
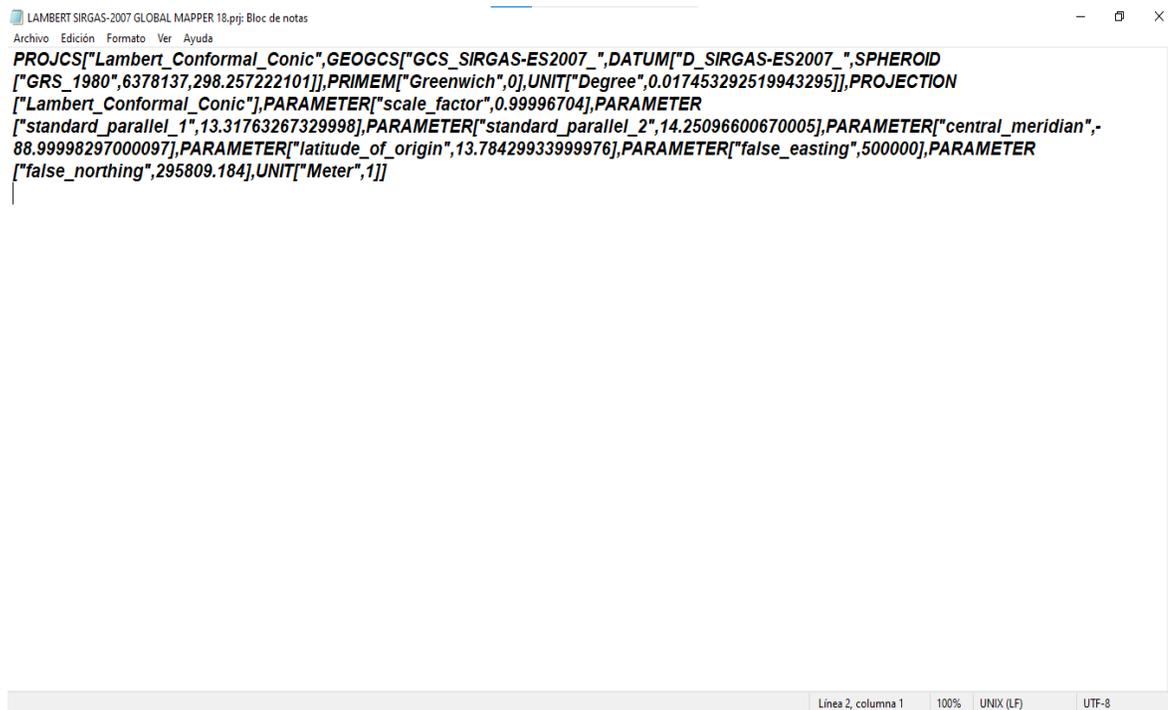


Imagen 2 - 30 Guardar archivo PRJ Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia.

- Podemos abrir el archivo y observas los parámetros establecidos en la proyección.



LAMBERT SIRGAS-2007 GLOBAL MAPPER 18.prj: Bloc de notas

```
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
PROJCS["Lambert_Conformal_Conic",GEOGCS["GCS_SIRGAS-ES2007_",DATUM["D_SIRGAS-ES2007_",SPHEROID
["GRS_1980",6378137,298.257222101]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT["Degree",0.017453292519943295]],PROJECTION
["Lambert_Conformal_Conic"],PARAMETER["scale_factor",0.99996704],PARAMETER
["standard_parallel_1",13.31763267329998],PARAMETER["standard_parallel_2",14.25096600670005],PARAMETER["central_meridian",-
88.99998297000097],PARAMETER["latitude_of_origin",13.78429933999976],PARAMETER["false_easting",500000],PARAMETER
["false_northing",295809.184],UNIT["Meter",1]]
```

Línea 2, columna 1 100% UNIX (LF) UTF-8

Imagen 2 - 31 Archivo PRJ generado.

Fuente: Elaboración propia.

2.4 GDS y altura de vuelo.

En la Geomática es obvio pensar que las imágenes tomadas de un espacio o porción de tierra tienen que tener una relación entre lo que se ve en la imagen, lo que representa en la realidad y la proporción que existe entre el tamaño del elemento de la imagen y el tamaño real del mismo. El parámetro que nos dice cuál es esa relación es el GSD. Este parámetro nos dice cuál es la resolución espacial de la imagen, es decir, el área real que representa un píxel en el terreno.

GSD (Ground Sampling Distance) por sus siglas en inglés Distancia de Muestreo del Terreno, hace referencia a la resolución espacial final de la imagen. Puede relacionarse de la siguiente manera: La longitud del terreno cuya imagen es recolectada por la anchura de un píxel sensor (Huella del píxel sobre terreno). Los mapas de drones, como cualquier imagen digital, son básicamente combinaciones de pequeños cuadrados de un único color, llamados muestras. En este caso, una muestra equivale a un único píxel.

La relación entre el valor de GSD y el detalle espacial de la imagen es inversamente proporcional, es decir, que a mayor GSD menor detalle espacial, eso significa que un único píxel representa una mayor cantidad de terreno.

El valor del GSD está influenciado directamente por tres parámetros mencionados a continuación: la altura del vuelo, la resolución de la cámara y en menor medida la distancia focal.

Para obtener el valor del GSD, se necesita conocer la altura y el ancho del sensor, la altura y el ancho de la imagen del dron, así como la distancia focal y la altura de vuelo. Toda esta información debe estar disponible en las especificaciones del equipo de vuelo que se utilizará.

Usando el ancho del sensor de la cámara, la distancia focal y la altitud del dron se puede calcular la distancia de la muestra del suelo.

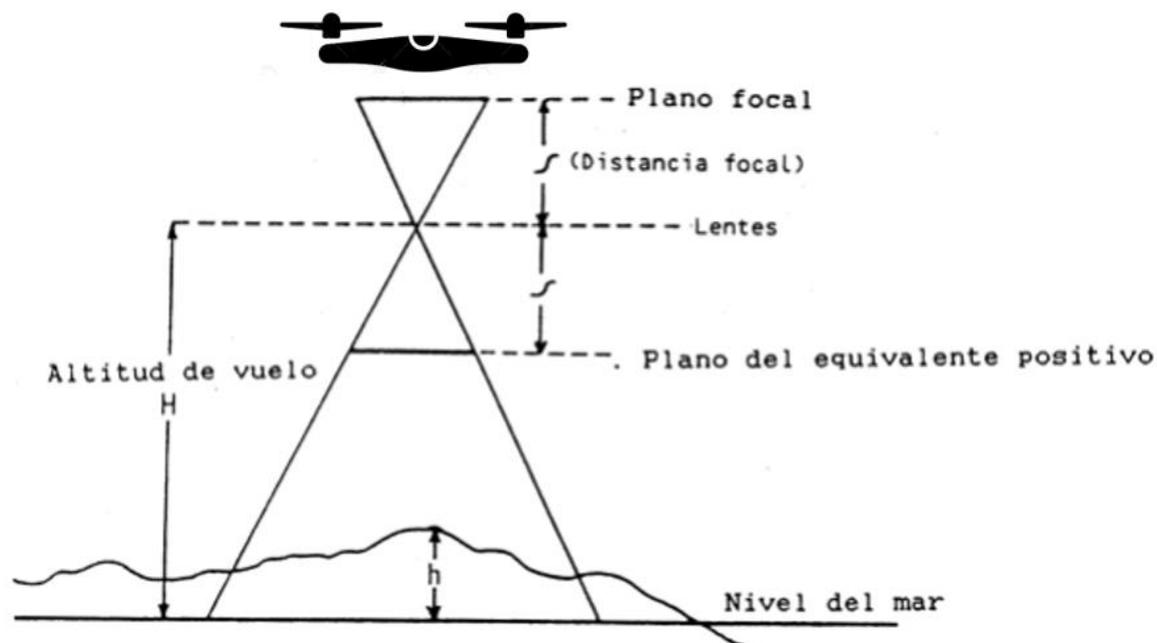


Imagen 2 - 32 Diagrama de planos y distancia de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros para determinar el GSD.

Para determinar el GSD se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$GSD = \frac{H \times S_w}{R \times f}$$

Ecuación 1 Determinación del GSD

Fuente: Manual de drones DJI

Donde:

H = Altura de vuelo.

S_w = Anchura del sensor.

R = Resolución del sensor (Plano horizontal).

f = Distancia focal.

Cálculo del GSD para el dron DJI PHANTOM 4 Pro.

Características de los sensores de cámara DJI PHANTOM 4 Pro según manual		
Sensor Width (Sw)	Anchura de Sensor	11.4074 mm
Altura de Sensor	Altura de Sensor	8.55554 mm
Pixel Size	Tamaño del píxel	2.34527 um
Focal Length	Longitud Focal	8.55554 mm
Imagen Width	Resolución Horizontal	4864 píxel
Imagen Height	Resolución Vertical	3648 píxel

Tabla 2 Características de los sensores de cámara DJI Phantom 4 Pro.

Fuente: Manual de drones DJI.

Aplicando la Ecuación 1 Determinación del GSD para una altura de vuelo de 60 metros y sustituyendo los valores de los parámetros se tiene lo siguiente:

$$GSD = \frac{H \times S_w}{R \times f}$$

$$GSD = \frac{60(1000) \times 11.4074}{4864 \times 8.55554}$$

$$GSD = 16.44 \text{ mm/píxel}$$

$$\mathbf{GSD = 1.64 \text{ cm/píxel}}$$

El valor del GSD se expresa de manera general en centímetros por píxel es decir que para una altura de vuelo de 60 metros utilizando el dron DJI Phantom 4 Pro se tiene un GSD promedio de 1.64 cm/píxel.

Precisión y GSD.

Para hablar de precisión en el ámbito de la fotogrametría es indispensable diferenciar entre los términos precisión relativa y la precisión absoluta.

La precisión relativa se obtiene de los análisis de comparación de las características dentro de una reconstrucción, mientras que la precisión absoluta es la precisión de la reconstrucción en relación con la posición real que ocupa sobre en el planeta.

La precisión depende de la calidad con la que se ejecuta el proyecto, que a su vez depende de factores como la superposición escogida en las configuraciones del vuelo y el contenido visual capturado por las imágenes. Generalmente, en un proyecto que se ha reconstruido correctamente, se puede esperar que la precisión relativa esté dentro de una a tres veces la distancia de muestreo del suelo (GSD).

La precisión absoluta de un proyecto reconstruido correctamente es de uno a dos GSD en el plano horizontal (X e Y) y de uno a tres GSD en el plano vertical (Z). La distancia de muestreo del suelo (GSD) es la distancia entre el centro de dos píxeles consecutivos medidos en el suelo. Por ejemplo, un GSD de 3 centímetros significa que un píxel en la imagen representa 3 centímetros lineales en el suelo. El mismo píxel puede cubrir 9 centímetros cuadrados (3 x 3 centímetros). La distancia para la muestra del suelo se ve afectada por la altura del vuelo y las especificaciones de la cámara. Una altura más baja, con la misma cámara, significará una menor distancia para la muestra del suelo y resultados más detallados.

2.5 Calibración de un dron DJI PHANTOM 4.

2.5.1 Calibración de sensores de visión.

Una correcta calibración de los sensores de visión del Dron DJI Phantom 4 garantiza un vuelo seguro, no perder altura y reconocer obstáculos durante el vuelo del mismo.

Antes de realizar la calibración es importante primero conocer los componentes principales del Phantom 4 Vision System los cuales se encuentran en la parte delantera, trasera e inferior. Hay 3 sensores de visión estereoscópica, 2 sensores ultrasónicos y 2 módulos infrarrojos en el Phantom 4. El sistema de visión utiliza datos de ultrasonido e imagen para ayudar a mantener la posición actual de los cuadricópteros. Esto le permite flotar muy suavemente, incluso en interiores o donde el GPS no está disponible.

En la siguiente lista de pasos explicaremos la correcta calibración de los sensores de visión del Dron Phantom 4 utilizando la aplicación DJI Assistant 2.

1. El primer paso es instalar el software DJI Assistant 2 en el ordenador.

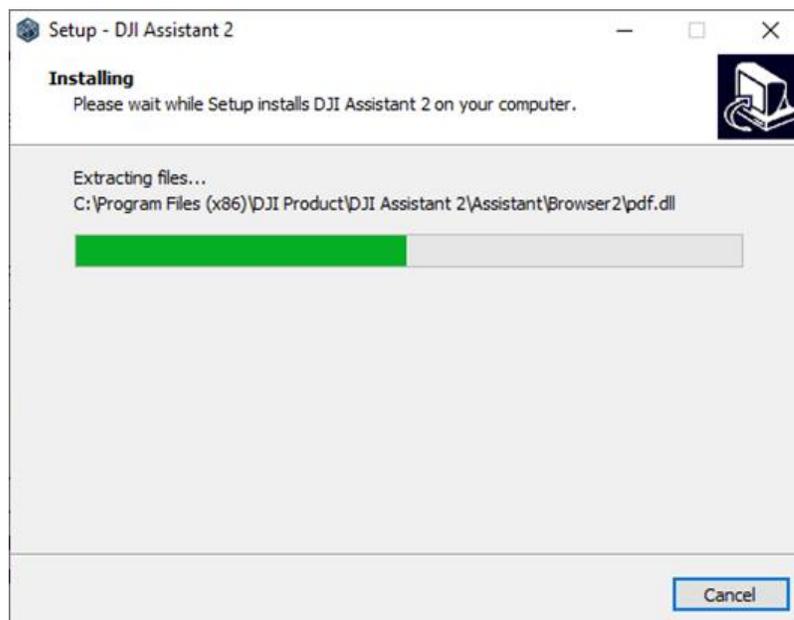


Imagen 2 - 33 Proceso de instalación del software en el ordenador.

Fuente: Elaboración propia.

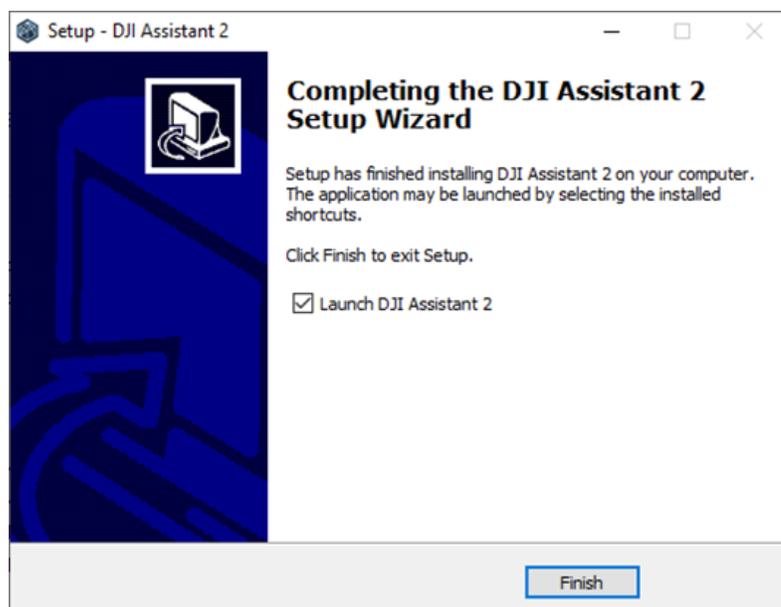


Imagen 2 - 34 Finalización de instalación del software en el ordenador.

Fuente: Elaboración propia.

2. Rectificar que el portátil y el Phantom 4 tengan las baterías completamente cargadas, también tenemos que quitar las hélices antes de continuar con los siguientes pasos.



Imagen 2 - 35 Representación del Dron Phantom 4 sin hélices.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

Es de importante consideración calibrar los sensores de visión solo cuando la luz sea buena y nunca se debe calibrar cerca o sobre superficies reflectantes.

3. Conectar el Phantom 4 al ordenador mediante un cable USB.



Imagen 2 - 36 Conexión (ordenador – Phantom 4) por cable USB.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>



Imagen 2 - 37 Proceso de encender el Dron Phantom 4.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>



Imagen 2 - 38 Verificación de encendido del Dron Phantom 4.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparraciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

4. Se procede a iniciar el Asistente DJI 2 que reconocerá el Phantom 4 conectado.

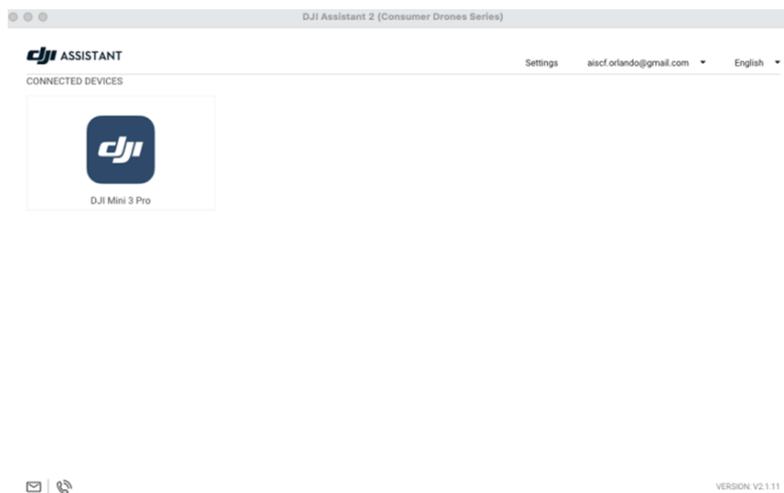


Imagen 2 - 39 Dispositivo disponible para conexión.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparraciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

5. Seleccionar Phantom 4 y procedemos a dar click en Calibración a la izquierda.

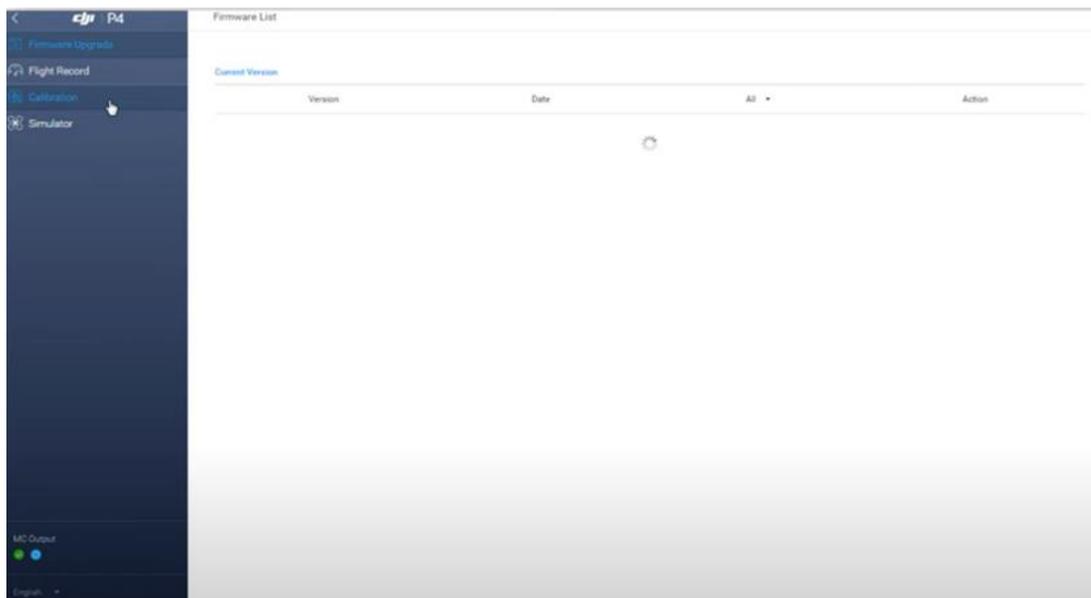


Imagen 2 - 40 Opción Calibración en el software DJI Assistant 2.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

6. Se presenta la siguiente interfaz de ventana donde muestra los tres pasos necesarios para calibrar el VPS, se procede a dar click en “Iniciar calibración” en la parte inferior derecha.



Imagen 2 - 41 Interfaz de Calibración en el software DJI Assistant 2.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

7. Apuntar los sensores de visión Phantom 4 hacia adelante en dirección de la pantalla.



Imagen 2 - 42 Colocación del Phantom 4 adelante del ordenador.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-correr-errores/>

8. Tener presente la siguiente consideración: los sensores de visión se calibran moviendo el cuadrático para alinear las esquinas de las casillas rojas para que coincidan con las esquinas de las casillas azules. En este paso se procede a mover el Phantom 4 hacia adelante y hacia atrás desde la pantalla para alinear las esquinas de las cajas. Luego esperar unos segundos.

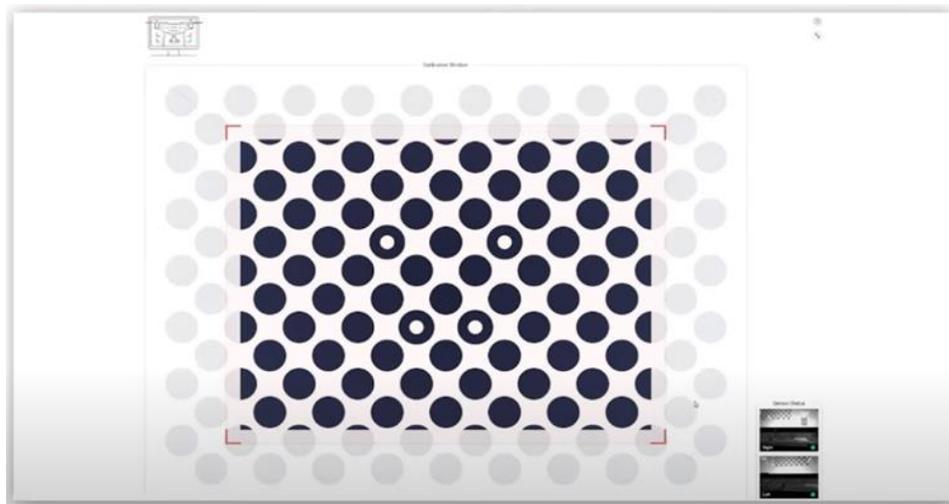


Imagen 2 - 43 Interfaz del cuadrático en el software DJI Assistant 2.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>



Imagen 2 - 44 Representación del movimiento para calibración (adelante y hacia atrás).

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

9. Observar en la pantalla la barra de progreso. Inclinar el Phantom 4 hacia arriba y hacia abajo para rellenar la barra de progreso vertical.



Imagen 2 - 45 Representación del movimiento para calibración (arriba y hacia abajo).

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

10. Ahora se procede a inclinar el Phantom 4 hacia la izquierda y hacia la derecha para llenar la barra de progreso horizontal. Esto completará la calibración de los sensores de visión delantera Phantom 4.



Imagen 2 - 46 Representación del movimiento para calibración (izquierda a derecha).

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

11. La siguiente calibración se hará para los sensores de fondo girando la parte inferior del Phantom 4 hacia la pantalla. EL compartimento de la batería debe estar en el lado derecho y la nariz debe apuntar hacia la izquierda mientras se calibra los sensores de visión inferior del Phantom 4.

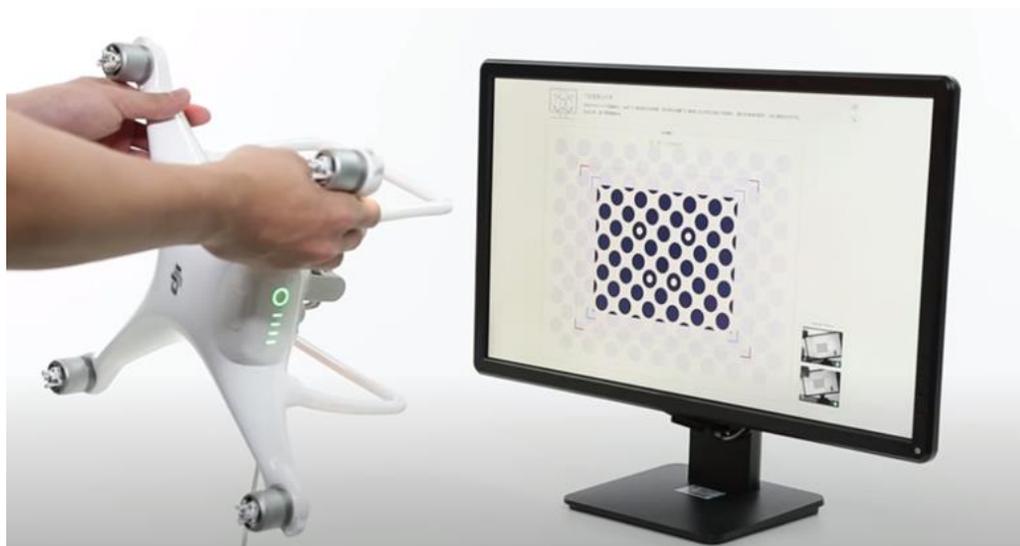


Imagen 2 - 47 Posición de Dron Phantom 4 para calibración de fondo.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

12. En este paso se procede a calibrar los sensores de visión de la cámara inferior moviendo el cuadrático hacia o desde la pantalla para alinear los recuadros rojos con las esquinas de los recuadros azules y espere unos segundos.

13. Posteriormente inclinamos el Phantom 4 hacia arriba y hacia abajo para llenar la barra de progreso vertical.



Imagen 2 - 48 Representación del movimiento para calibración (arriba y hacia abajo).

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-correr-errores/>

14. Inclinar el Phantom 4 hacia la izquierda y hacia la derecha para llenar la barra de progreso horizontal.



Imagen 2 - 49 Representación del movimiento para calibración (izquierda a derecha).

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

15. Después de completar la calibración del Phantom 4 VPS, el software DJI Assistant 2 calculará y aplicará automáticamente los ajustes de calibración del VPS.



Imagen 2 - 50 Calibración del VPS finalizada.

Fuente: <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

16. Es importante verificar que la calibración se haya realizado correctamente, posteriormente hacemos click en el botón Finalizar en el software DJI Assistant2.

2.5.2 Calibración de la IMU y la brújula.

Los procesos de calibración pueden variar ligeramente de un dron a otro, pero en términos generales, hay varios componentes de drones que ocasionalmente pueden requerir calibración. Éstas incluyen:

- La unidad de medida inercial (comúnmente conocida como IMU)
- El cardán
- La brújula
- **IMU.**

En pocas palabras, la IMU de un dron (algunos drones tienen más de una IMU) lo ayuda a obtener un vuelo directo y controlado. Contiene todo tipo de componentes avanzados que pueden detectar la velocidad angular y la actitud del dron (cómo se orienta el dron).

Si no se calibra la IMU cuando se necesita, se deteriorará el rendimiento del vuelo. Por ejemplo, es posible que no vuele en línea recta a pesar de las entradas del controlador para hacerlo.

¿Por qué necesito la calibración de la IMU?

El vuelo de los drones se basa en la aceleración y desaceleración de las hélices, que le permiten elegir la dirección del movimiento y mantenerse en un lugar. La estabilización de estas acciones se lleva a cabo en el ordenador de a bordo sobre la base de la información recibida de los acelerómetros y giroscopios.

El dron se controla desde el panel de control, que proporciona la comunicación entre el piloto del dron y el ordenador de a bordo. Con una configuración adecuada, el quadcopter ejecutará fácilmente todos estos comandos. Si arranca el avión en vuelo sin comprobarlo previamente, puede dañar o perder el aparato.

Por lo tanto, primero hay que calibrar el giroscopio y luego comprobar la conexión del dron con el panel de control. En el último paso, se ajustan los trimmers para asegurar el efecto de congelación en el aire.

Procedimiento:

1. Dar click en el icono con forma de dron, posterior se desliza hacia abajo y se elige la opción “advanced setting” y por último la opción “sensors state”.



Imagen 2 - 51 Dron DJI Phantom 4.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

2. Dar click en el icono con forma de dron, posterior se desliza hacia abajo y se elige la opción “advanced setting” y por último la opción “sensors state”.



Imagen 2 - 52 Interfaz del Dron DJI Phantom 4.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

3. A continuación, se presenta una ventana que permite la calibración del IMU y la brújula. Y procedemos a calibrar el IMU.

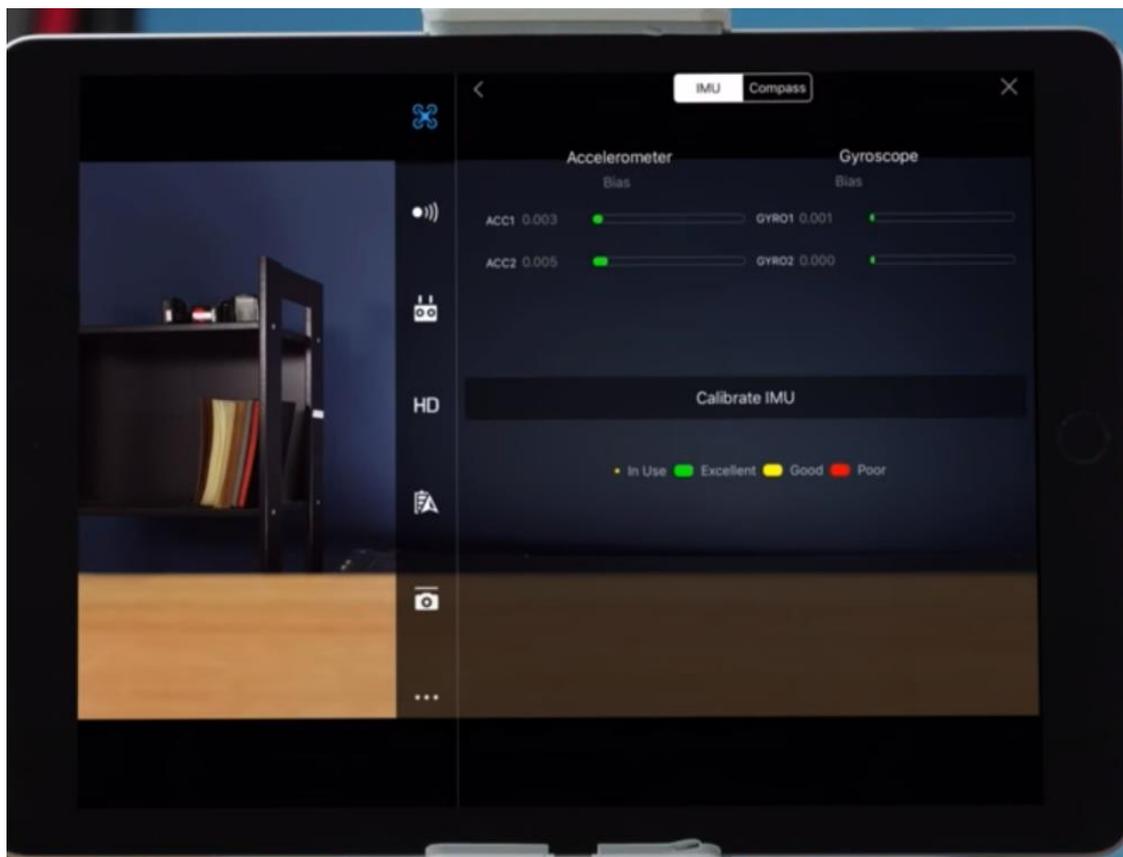


Imagen 2 - 53 Calibración del IMU para el Dron DJI Phantom 4.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

Cuando comenzamos la calibración nos muestra las siguientes advertencias:

- Extraer las hélices.
- Seguir las instrucciones ilustrativas y no mover la aeronave si no se indica.
- La aeronave debe estar encendida.



Imagen 2 - 54 Ventana de indicaciones antes de la calibración

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

4. Se seguirá una serie de indicaciones ilustrativas y en todas las ventanas se muestran los siguientes textos:

- Coloque la aeronave en una superficie plana y seca tal y como se indica.
- Asegúrate de que la aeronave está encendida. No arranque los motores.



Imagen 2 - 55 Indicaciones de calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube



Imagen 2 - 56 Indicaciones de calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube



Imagen 2 - 57 Indicaciones de calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube



Imagen 2 - 58 Indicaciones de calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube



Imagen 2 - 59 Indicaciones de calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

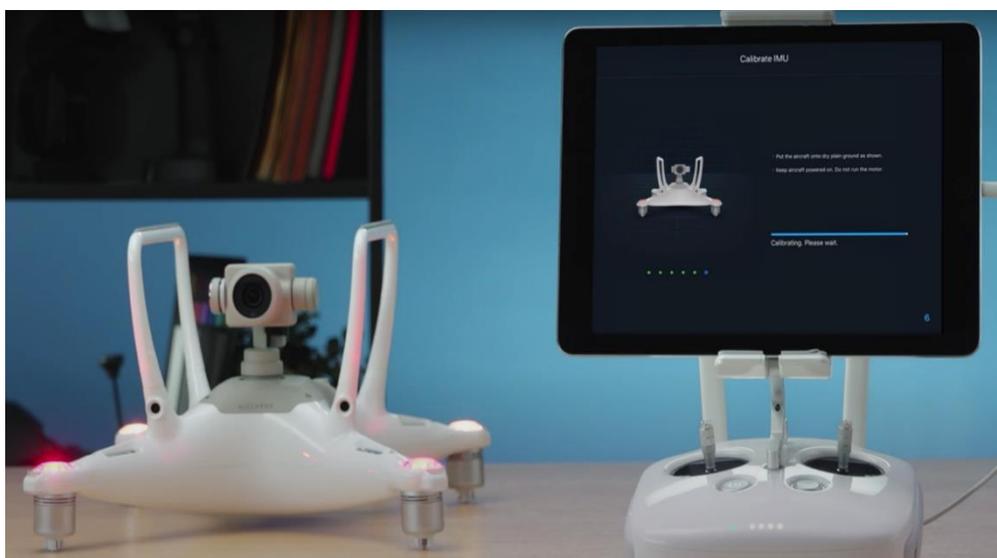


Imagen 2 - 60 Indicaciones de calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

5. Se concluye la calibración del IIMU.



Imagen 2 - 61 Se finaliza la calibración para el dron.

Fuente: Cómo calibrar la IMU de DJI Phantom 4 - YouTube

- **Brújula**

La brújula de un dron le permite determinar su posición. Cuando esto entra en juego cuando presiona el botón Volver a Inicio en su dron DJI. Si la brújula no está calibrada, el dron tendrá una percepción errónea tanto de la ubicación de la casa como de la ubicación actual del dron.

Procedimiento:

1. Al terminar la calibración del IMU, damos click en “compass”

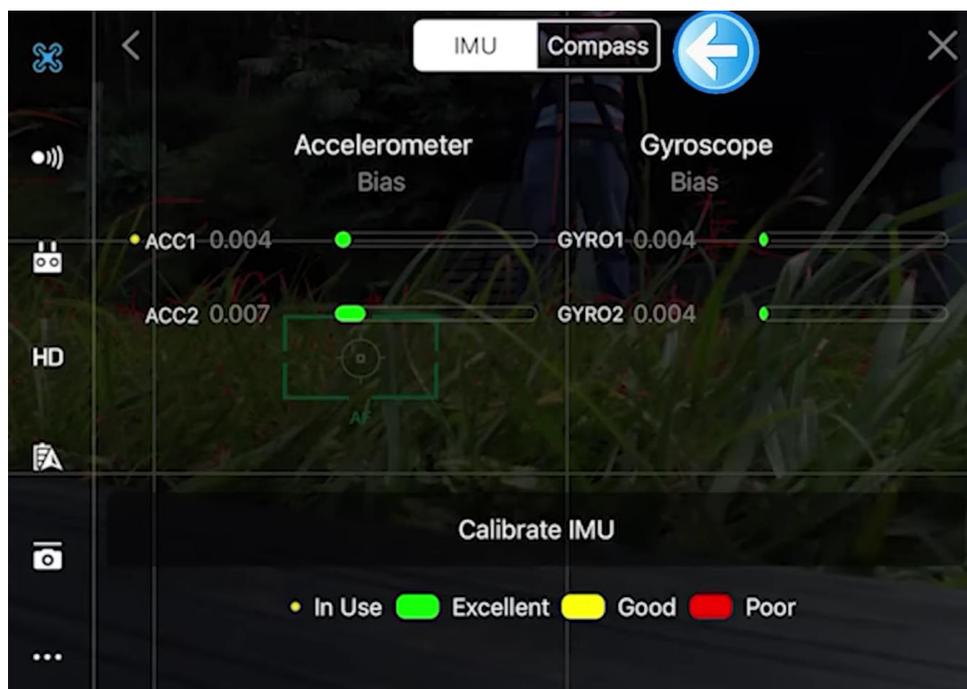


Imagen 2 - 62 Interfaz para calibrar la brújula.

Fuente: Cómo calibrar el COMPAS? Mavic y Phantom 4 Pro. Para principiantes - YouTube

2. Iniciamos la calibración del dron DJI Phantom 4



Imagen 2 - 63 Interfaz para calibrar la brújula.

Fuente: Cómo calibrar el COMPAS? Mavic y Phantom 4 Pro. Para principiantes - YouTube

3. Indicaciones para la calibración, el siguiente texto aparece en los próximos pasos a seguir.

Paso 1: Asegúrate de que no haya imanes ni objetos metálicos a 1.5 m (4.9 pies) o menos de la brújula. Gira la aeronave 360 grados en horizontal.

Imagen 2 - 64 Indicaciones para la calibración de la brújula.

Fuente: Cómo calibrar el COMPAS? Mavic y Phantom 4 Pro. Para principiantes - YouTube

- Rotar el dron horizontalmente 360 °



Imagen 2 - 65 Indicaciones para la calibración de la brújula.

Fuente: Cómo calibrar el COMPAS? Mavic y Phantom 4 Pro. Para principiantes - YouTube

- Rotar el dron verticalmente 360°



Imagen 2 - 66 Indicaciones para la calibración de la brújula.

Fuente: Cómo calibrar el COMPAS? Mavic y Phantom 4 Pro. Para principiantes - YouTube

4. Se concluye la calibración de la brújula con satisfacción.

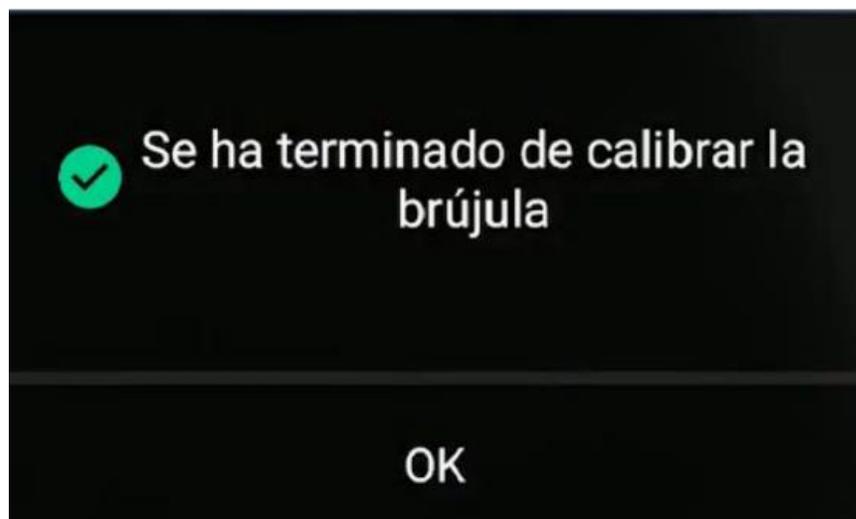


Imagen 2 - 67 Finalización de la calibración del dron.

Fuente: Cómo calibrar el COMPAS? Mavic y Phantom 4 Pro. Para principiantes - YouTube

2.5.3 Calibración del gimbal.

El gimbal o cardán de nuestro dron es el elemento que se encarga de estabilizar la cámara de la aeronave, permitiéndonos de esta manera realizar tomas aéreas muy estables. Son monturas que utilizan motores sin escobillas o *brushless* como la de nuestro dron, y pueden estabilizar la cámara respecto a dos o tres ejes.

¿Cómo funciona un gimbal?

Un gimbal está compuesto por dos o tres motores sin escobillas, una montura con una Unidad de Medición Inercial (IMU) incorporada y un controlador, trabajan de la siguiente manera:

- Montura: Es la plataforma donde se coloca la cámara, tiene incorporado el IMU.
- IMU: Indica al controlador la posición de la montura que mantiene la cámara, de esta manera se emite la información que el controlador necesita para situar la orientación de la cámara.
- Controlador: Controla los motores del gimbal para nivelar la montura de la cámara, gracias a la información que recibe del IMU envía las señales necesarias para corregir la posición.
- Motores: Se encargan de realizar el movimiento necesario de la estructura que mantiene la cámara para corregir su posición. Realizan los movimientos que el controlador les indica.

➤ **Gimbal de 2 ejes.**

Un gimbal de dos ejes dispondrá de dos motores para estabilizar la cámara, esto le permitirá corregir únicamente los siguientes movimientos que hagamos con nuestro dron o que se vean influenciados por fuerzas externas como el viento en sus respectivos ejes:

- Alabeo o inclinación a izquierda o derecha: Se compensarán los movimientos que hagamos y las fuerzas que recibamos en el eje longitudinal de la aeronave.
- Cabeceo o barrido hacia arriba o abajo: Se corregirán los movimientos que repercutan en el eje transversal de nuestro dron.

➤ **Gimbal de 3 ejes.**

El gimbal de 3 ejes es el más completo que puede montar nuestro dron, dispone de 3 motores. Además de las correcciones en los ejes del Alabeo y Cabeceo, un cardán de 3 ejes corregirá también las fuerzas recibidas en el eje de la guiñada. De esta forma notaremos una corrección en los siguientes ejes:

- Alabeo o inclinación a izquierda o derecha: Correcciones en el eje longitudinal de nuestro dron.
- Cabeceo o barrido hacia arriba o abajo: Correcciones en el eje transversal.

- Guiñada o rotación hacia la izquierda o derecha: El tercer motor corrige las fuerzas recibidas sobre el eje vertical de la aeronave.

Procedimiento para calibración del gimbal:



Imagen 2 - 68 Representación del dron phantom 4 y el gimbal.

Fuente: <https://www.digitaltrends.com/photography/dji-phantom-4-pro-review/>

1. En la ventana de opciones principales del menú, seleccionar el icono en forma de cámara para la calibración del gimbal.



Imagen 2 - 69 Interfaz del dron Phantom 4.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0xa7CewCwfk>.

- Menú principal de opciones.

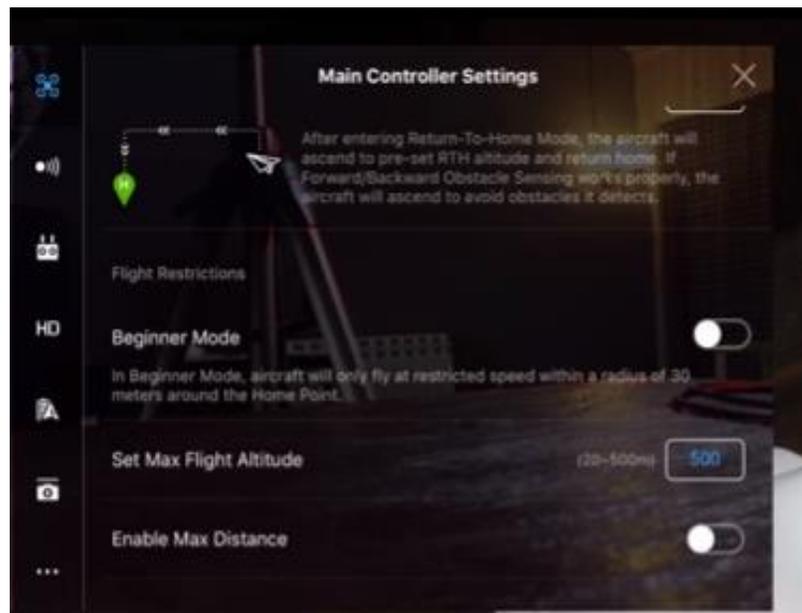


Imagen 2 - 70 Menu principal del dron Phantom 4.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0xa7CewCwfk>.

2. Se abre una ventana con la leyenda: “Verifique que las aeronaves estén niveladas y que nada obstruya el rango de movimiento del cardán, toque Aceptar para comenzar la calibración automática” posteriormente damos “ok”.

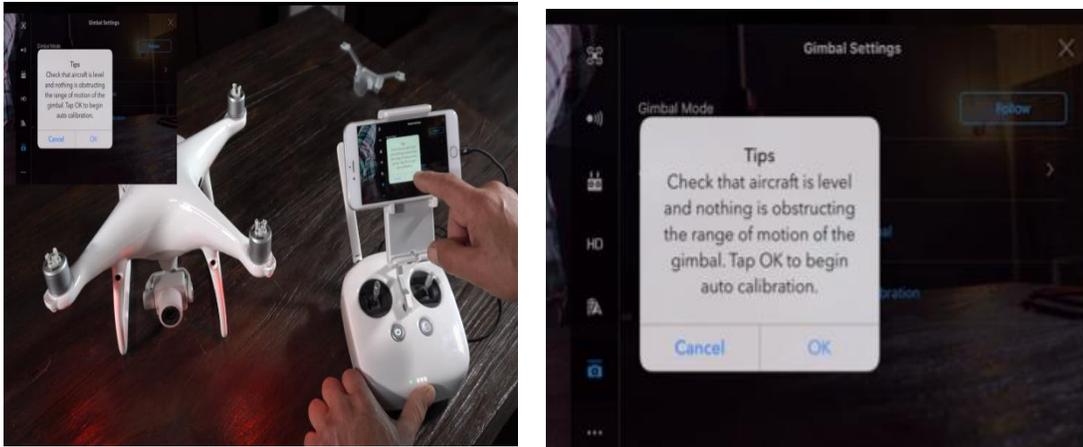


Imagen 2 - 71 Instrucciones del dron para su calibración.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0xa7CewCwfk>.

3. Comenzará el porcentaje de calibración, hasta obtener el 100%.

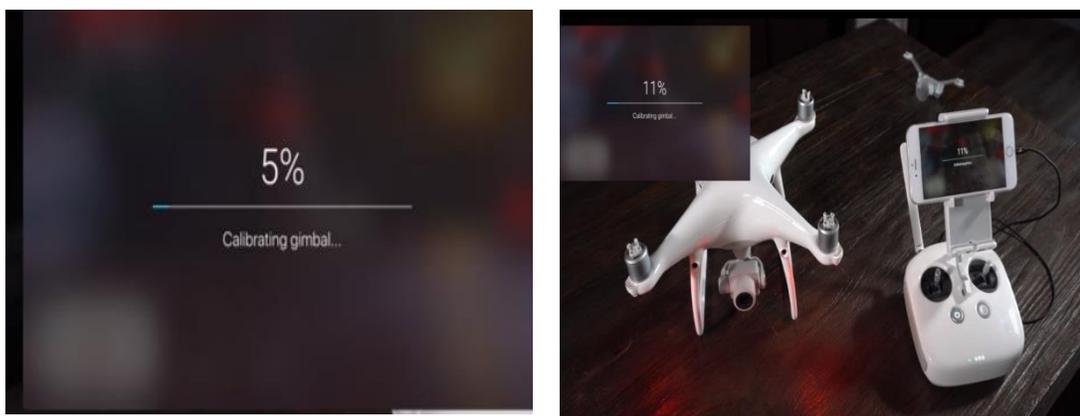


Imagen 2 - 72 Porcentaje de calibración.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0xa7CewCwfk>

2.5.4 Regreso al punto de origen por batería baja.

Regreso al punto de origen o *Return to home* o *RTH* por sus siglas en inglés es una opción que se activa cuando la batería de vuelo inteligente se agota hasta el punto de que puede afectar el regreso de la aeronave. Cuando esto suceda, aparecerá un mensaje en tu pantalla en la aplicación y el dron comenzará automáticamente a ascender a la altura establecida, si la energía de la batería es críticamente baja, entonces el dron aterrizará automáticamente, y esto no puede ser cancelado por el piloto.

Lo primero que debemos hacer para configurar la acción de retorno tenemos que programar la altitud que debe tomar el dron para efectuar el retorno. La configuración de Altitud de regreso al punto de origen, del menú de Configuración del control remoto, indica la altura a la que queremos subir el dron cuando se haga un retorno, ya sea porque se ha finalizado el vuelo programado, o por una emergencia de batería baja, o por una pérdida de señal, o simplemente por cancelación de vuelo. Para establecer este parámetro hay que tomar en cuenta las condiciones del terreno, por ejemplo: la máxima altura de árboles, de antenas satelitales, cables de tensión. Sin embargo, no debe de ser una altura que sobrepase en exceso a las condiciones antes mencionadas porque hará que el dron pueda entrar a problemas atmosféricos o que la trayectoria trazada no se cumpla por mala administración de batería.

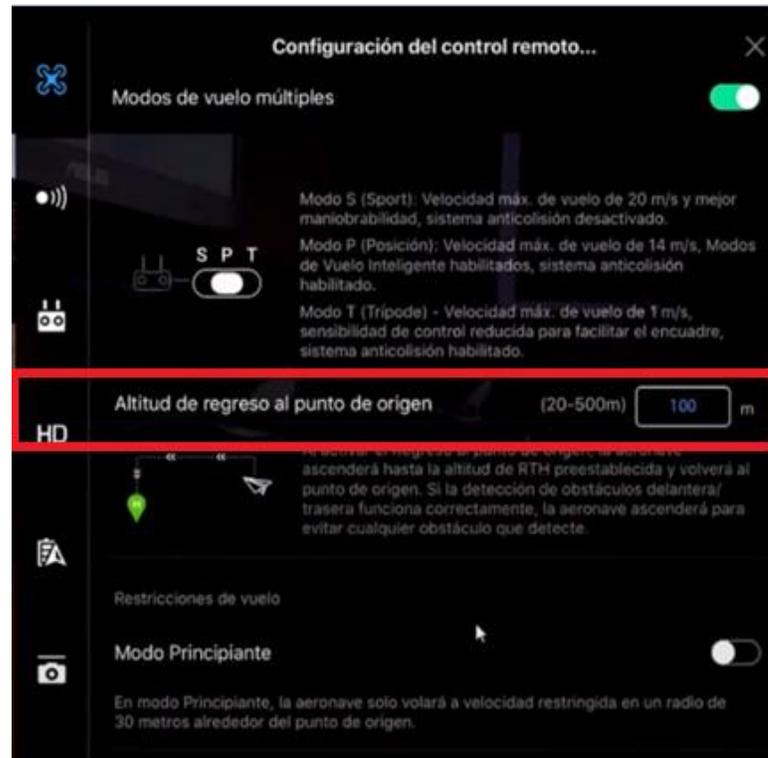


Imagen 2 - 73 Altitud de regreso al punto de origen.

Fuente: Elaboración propia.

En el menú de configuración general de la batería del dron se presentan los porcentajes de batería para los cuales el dron será programado tanto para recibir un mensaje de advertencia y luego para cumplir la orden de retorno al punto de origen. Se recomienda que el mensaje de advertencia se reciba cuando el dron alcance el 30% de la capacidad de su batería, además de esto se debe evitar que el dron continúe un vuelo por debajo del 20-25% de la batería con el objetivo de darle alcance para que llegue al punto de origen y así evitar un accidente provocado por el apagado del equipo.



Imagen 2 - 74 Configuración de batería de la aeronave.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, es muy importante tener todos los sensores activados con el fin de evitar accidentes con cualquier obstáculo. Para la acción de retorno al punto de origen, estos sensores funcionan deteniendo el equipo y ascendiendo la distancia necesaria para sobrepasarlo.



Imagen 2 - 75 Habilitar sistema anticolisión.

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Softwares de planificación y control para el vuelo de un dron.

2.6.1 DJI GO 4.



Imagen 2 - 76 Logo del software DJI GO 4.

Fuente: <https://www.dji.com/global/downloads/djiapp/dji-go-4>

DJI GO 4 es una aplicación de software desarrollada por DJI, una empresa líder en la industria de los drones y la captura de imágenes aéreas. Esta aplicación está diseñada para ser utilizada con drones DJI, como los modelos de la serie Phantom, Mavic, Spark y otros. DJI GO 4 permite a los pilotos de drones controlar y monitorear sus aeronaves, así como capturar imágenes y videos desde el aire. A continuación, se describen las principales características y funcionalidades de DJI GO 4:

- **Control de Drones:** DJI GO 4 proporciona una interfaz intuitiva para controlar la aeronave, incluyendo funciones como despegue y aterrizaje automáticos, control de la cámara, control de la altitud y la velocidad, y la capacidad de cambiar entre los modos de vuelo.

- **Transmisión de Video en Tiempo Real:** la aplicación muestra la vista en tiempo real desde la cámara del dron en el dispositivo móvil o tableta del piloto, lo que facilita la navegación y la toma de fotografías y videos desde el aire.
- **Planificación de Vuelo:** los pilotos pueden planificar rutas de vuelo, establecer puntos de interés y configurar trayectorias de vuelo autónomas utilizando herramientas en la aplicación. Esto es especialmente útil para capturar tomas aéreas precisas y repetibles.
- **Edición de Contenido:** DJI GO 4 incluye herramientas de edición básicas para ajustar y mejorar fotos y videos capturados con el dron. Los usuarios pueden recortar, rotar, aplicar filtros y realizar otras ediciones directamente en la aplicación.
- **Gestión de Medios:** la aplicación organiza y almacena fotos y videos en la galería, lo que facilita la revisión y la compartición de contenido capturado.
- **Configuración de Drones:** los pilotos pueden personalizar la configuración de su dron a través de la aplicación, lo que incluye la configuración de la cámara, la calibración de sensores y otras opciones avanzadas.
- **Acceso a Mapas y Datos de Vuelo:** DJI GO 4 proporciona información sobre la ubicación, altitud y distancia de vuelo en tiempo real. También

muestra información sobre la regulación de vuelo y los espacios aéreos restringidos.

- **Actualizaciones y Diagnósticos:** La aplicación notifica a los usuarios sobre actualizaciones de firmware para el dron y proporciona diagnósticos para garantizar que la aeronave esté en condiciones de vuelo óptimas.

DJI GO 4 es una herramienta esencial para pilotos de drones de DJI, ya que brinda un control completo sobre sus aeronaves y facilita la captura de contenido aéreo de alta calidad. Además, es compatible con una variedad de drones de DJI, lo que la convierte en una herramienta versátil para fotógrafos y videógrafos aéreos.

2.6.2 PIX4D Capture.



PIX4D**capture**^{Pro}

Imagen 2 - 77 Logo del software PIX4Dcapture.

Fuente: <https://www.pix4d.com/es/guia-de-las-soluciones-de-pix4d/>

PIX4D Capture es una aplicación de software desarrollada por PIX4D, una empresa especializada en la fotogrametría y el procesamiento de imágenes aéreas y terrestres. PIX4D Capture está diseñada para ser utilizada en conjunto con drones y otras aeronaves no tripuladas (UAVs) con el propósito de planificar y ejecutar misiones de captura de imágenes aéreas de manera eficiente. A continuación, se describen las principales características y funcionalidades de PIX4D Capture:

- **Planificación de Vuelo:** PIX4D Capture permite a los usuarios planificar misiones de vuelo detalladas antes de la captura de imágenes. Esto incluye la capacidad de definir rutas de vuelo, altitud de vuelo, superposición de imágenes, y otros parámetros esenciales.
- **Compatibilidad con Drones:** La aplicación es compatible con una amplia gama de drones, incluyendo modelos de DJI, Parrot, senseFly y otros. Esto permite a los pilotos utilizar la aplicación con el dron que mejor se adapte a sus necesidades.
- **Modos de Vuelo:** Ofrece varios modos de vuelo, como el modo de vuelo manual, el modo de vuelo automático y el modo de vuelo basado en trayectorias predefinidas. El modo automático es especialmente útil para capturas programadas y repetitivas.
- **Captura de Imágenes:** PIX4D Capture facilita la captura de imágenes aéreas mediante el control de la cámara de la aeronave. Los usuarios

pueden definir la frecuencia de captura de imágenes y configurar la cámara para obtener la calidad de imagen deseada.

- **Navegación en Tiempo Real:** Proporciona una vista previa de la misión planificada y la capacidad de ajustar la ruta de vuelo en tiempo real. Esto es útil para evitar obstáculos o modificar la misión sobre la marcha.
- **Información en el Campo:** La aplicación muestra información relevante en tiempo real, como la altitud, la velocidad y la distancia de vuelo. Esto ayuda a los pilotos a mantener el control de la misión.
- **Descarga y Almacenamiento de Datos:** Las imágenes capturadas se pueden descargar directamente desde la aeronave y se almacenan en el dispositivo móvil o en un servidor en la nube, lo que facilita la gestión y el acceso a los datos de captura.

PIX4D Capture es una herramienta esencial para profesionales que realizan trabajos de fotogrametría, cartografía, inspección y mapeo aéreo con drones. Permite una planificación y ejecución precisas de misiones de captura de imágenes, lo que es fundamental para obtener datos de alta calidad para el posterior procesamiento con software como PIX4D Mapper.

2.6.2.1 Tipos de misiones en PIX4D Capture.

1. Misión red (GRID MISSION).

Planifica y vuela una misión rectangular es adecuado para la mayoría de entornos, garantiza que las imágenes se tomen con la superposición necesaria para un procesamiento optimo.

Recomendado en los siguientes casos:

- Principal interés en la producción de mapas 2D (DSM, ortomosaicos, etc).
- Superficies relativamente planas.
- Área grande.

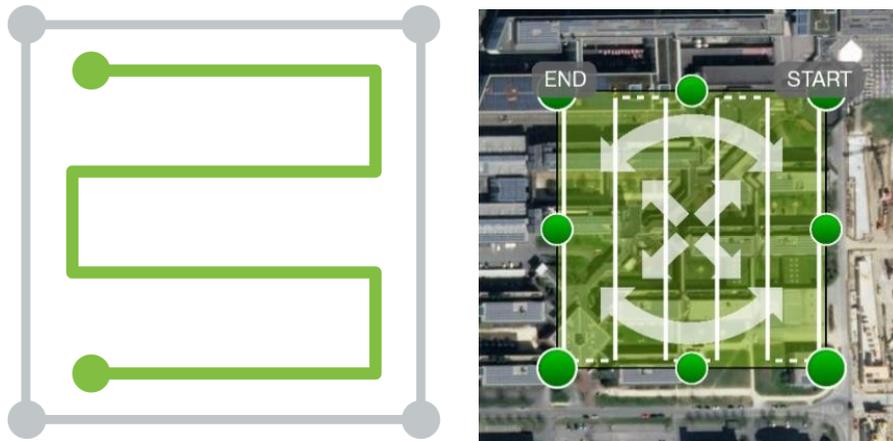


Imagen 2 - 78 Tipo de misión red y esquema de vuelo.

Fuente: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/209960726-Types-of-mission-Which-type-of-mission-to-choose-PIX4Dcapture>

2. Misión doble rejilla (DOUBLE GRID MISSION).

Planifica y vuela dos dimensiones rectangulares de nadir consecutivas, garantiza que las imágenes se tomen desde varios lados, con la superposición necesaria para un procesamiento óptimo. En comparación con la cuadrícula simple, esta misión se recomienda para volar más cerca de objetos para capturar más detalles verticales.

Recomendado en los siguientes casos:

- Principal interés en la producción de modelos 3D (nube de puntos, malla, etc).
- Superficie con variaciones de altura u objetos (edificios, bosques, etc).
- Zona pequeña y mediana ya que se duplica el tiempo de vuelo.

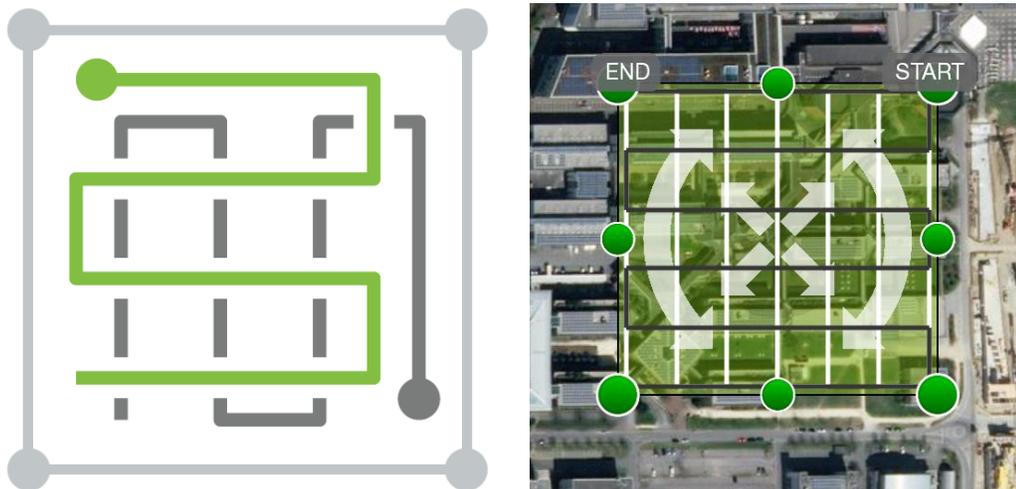


Imagen 2 - 79 Tipo de misión doble rejilla y esquema de vuelo.

Fuente: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/209960726-Types-of-mission-Which-type-of-mission-to-choose-PIX4Dcapture>

3. Misión polígono (POLYGON MISSION).

Planifica y vuela una misión poligonal nadir, adecuado para la mayoría de entornos que requieren limites flexibles para volar o con una forma de mapeo compleja, garantiza que las imágenes se tomen con la superposición necesaria para un procesamiento optimo.

Recomendado en los siguientes casos:

- Principal interés en la producción de mapas 2D (DSM, ortomosaicos, etc).
- Superficie relativamente plana.
- Área grande.
- Forma compleja y limitaciones en los límites del vuelo.

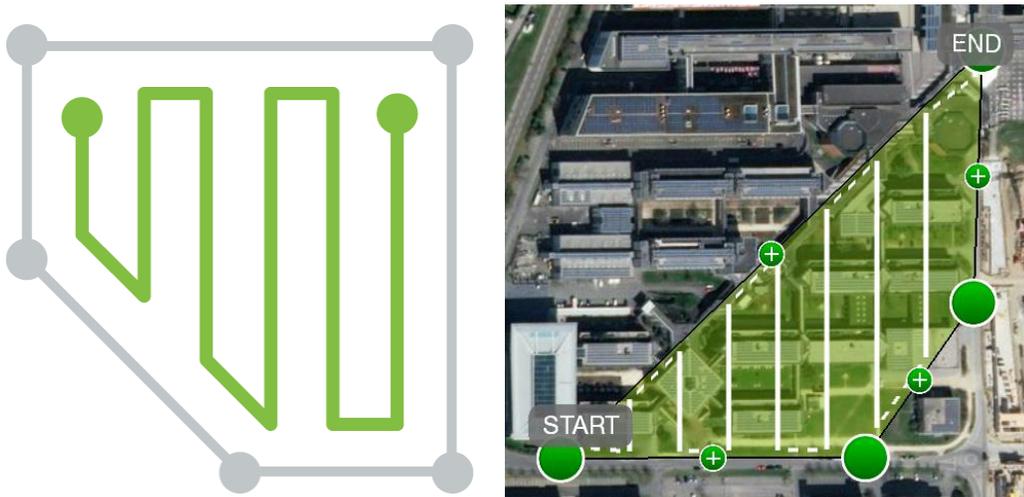


Imagen 2 - 80 Tipo de misión polígono y esquema de vuelo.

Fuente: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/209960726-Types-of-mission-Which-type-of-mission-to-choose-PIX4Dcapture>

4. Misión circular (CIRCULAR MISSION).

Planifica y vuela una misión elipsoide alrededor de objetos, garantiza que las imágenes se tomen desde todos los ángulos alrededor de un punto objetivo, con la superposición necesaria para un procesamiento óptimo, para objetos elevados se sugiere volar varias misiones circulares a diferentes altitudes.

Recomendado en los siguientes casos:

- Principal interés en la producción de modelos 3D (nube de puntos, etc).
- Objeto aislado (por ejemplo, torre, pilón, edificio).
- Área pequeña.

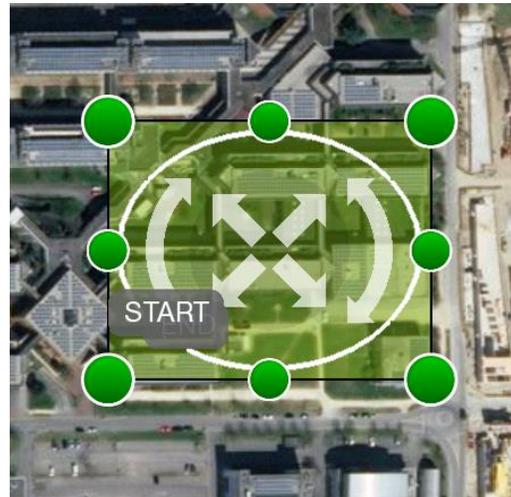
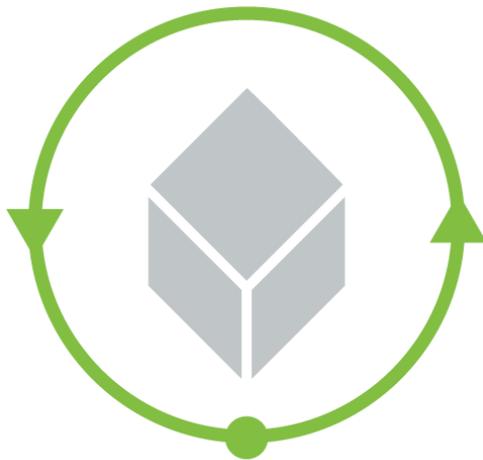


Imagen 2 - 81 Tipo de misión circular y esquema de vuelo.

Fuente: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/209960726-Types-of-mission-Which-type-of-mission-to-choose-PIX4Dcapture>

5. Misión vuelo libre (FREE FLIGHT MISSION).

Planificar y volar una misión de vuelo libre (usuarios avanzados). Adecuado para mapear objetos más difíciles que requieren más flexibilidad, el obturador de la cámara se activa automáticamente según un intervalo de distancia horizontal y vertical. Requiere pilotar manualmente el dron.

Recomendado en los siguientes casos:

- Principal interés en la producción de modelos 3D (nube de puntos, malla, etc).
- Área pequeña.
- Estructuras complejas o verticales (por ejemplo, fachada de edificios, acantilado, puente, etc).

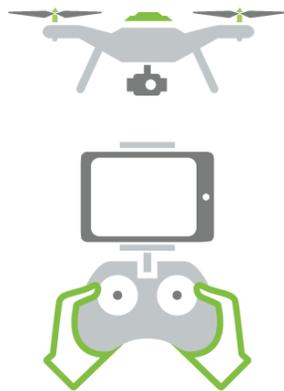


Imagen 2 - 82 Tipo de misión vuelo libre y esquema de vuelo.

Fuente: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/209960726-Types-of-mission-Which-type-of-mission-to-choose-PIX4Dcapture>

CAPITULO III: OBTENCIÓN DE DATOS EN CAMPO.

3.1 Reconocimiento de campo.

Se realizó una inspección de campo en el municipio de San Isidro para identificar la zona de interés del proyecto, luego de esta inspección se visitó la alcaldía municipal para dar a conocer a las autoridades administrativas en qué consistía el proyecto y solicitar apoyo en el desarrollo del mismo. La zona de interés fue establecida en el centro del municipio.



Imagen 3 - 1 Mapa de ubicación del área del proyecto usando como base Google Earth.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se identificó el vértice geodésico denominado “BASE RTK SAN ISIDRO” el cual se ocupará para dar posición a los puntos de control fotogramétricos mediante la técnica RTK. Este punto fue localizado con coordenadas proporcionadas por el CNR.



Imagen 3 - 4 Vértice geodésico "BASE RTK SAN ISIDRO".

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar el reconocimiento de campo se realizó un recorrido perimetral en la zona de interés para identificar las posibles ubicaciones de los PCF.

3.2 Ubicación de los puntos de control fotogramétricos (PCF).

Los PCF son puntos de referencia que se colocan físicamente en el entorno, se fotografían desde el aire y establecen sus coordenadas geográficas con precisión. Es decir, se tiene que colocar por cada punto de control una referencia visual (un objeto o una marca de pintura en el suelo), hasta elementos impresos en lona o papel. Estos objetos deben ser claramente visibles desde el aire, e idealmente, localizables en varias fotos.

De acuerdo al reconocimiento de la zona de interés del proyecto se ubicaron 7 puntos de control fotogramétricos distribuidos estratégicamente tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

- Tamaño suficiente y forma adecuada (lonas cuadradas de 60 x 60 cm).
- Centro claramente definido y con suficiente contraste.
- Se utilizó lonas impresas en color rojo y negro, para evitar que se integraran con el entorno.
- Fueron colocados sobre superficies planas y libres de obstrucciones.



Imagen 3 - 5 Puntos de control fotogramétricos colocados en el área del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Levantamiento de los PCF con la técnica de medición RTK.

El levantamiento de los PCF se realizó con equipo GNSS de la marca Carlson, mediante la técnica de medición RTK.

Componentes del equipo utilizado en campo:

1. Receptor base y receptor móvil (Rover).
2. Colector.
3. Antena.
4. Cable de comunicación (en este proyecto se empleó comunicación vía bluetooth).
5. Soporte para antena.
6. Base nivelante.
7. Acople de rosca.
8. Cinta métrica.
9. Cable de carga del receptor (para batería portátil).
10. Cable de carga del colector.



Imagen 3 - 6 Componentes del equipo GNSS de la marca Carlson.

Fuente: Tesis, técnicas de medición topográficas con GPS de doble frecuencia y su procesamiento con el software Carlson Survey GNSS.

3.3.1 Instalación de receptor base.

Se instaló el receptor base en el vértice geodésico previamente identificado con las coordenadas proporcionadas por el CNR. El receptor se colocó sobre un trípode previamente centrado y nivelado, y también sobre una base nivelante. Luego de su instalación se procedió a encender el equipo.



Imagen 3 - 7 Centrado y nivelado del trípode sobre el punto “BASE RTK SAN ISIDRO”.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3 - 8 Colocación de receptor base sobre el punto “BASE RTK SAN ISIDRO”.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Configuración del colector.

La configuración de los parámetros de medición de los PCF se realizó por medio de un colector de la marca Carlson que contiene un programa especializado denominado “SurvCE”, de la siguiente manera:

✓ **Crear el proyecto**

1. El primer paso es encender el bluetooth en el colector e ingresar a la aplicación “SurvCE”.



Imagen 3 - 9 Activación del bluetooth en la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

2. Una vez dentro de la aplicación SurvCE se presenta el siguiente cuadro de dialogo donde se debe seleccionar la opción “Trabajo Nuevo/Existente”.

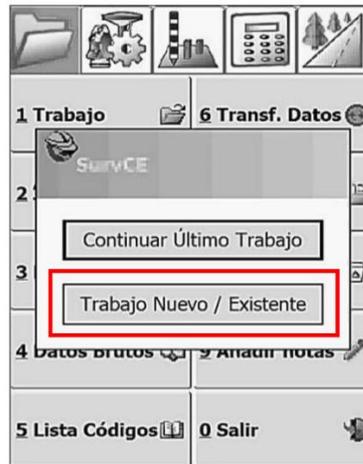


Imagen 3 - 10 Selección del trabajo nuevo en la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

3. Se procede a digitar el nombre del trabajo, posteriormente dar click en “Aceptar”.

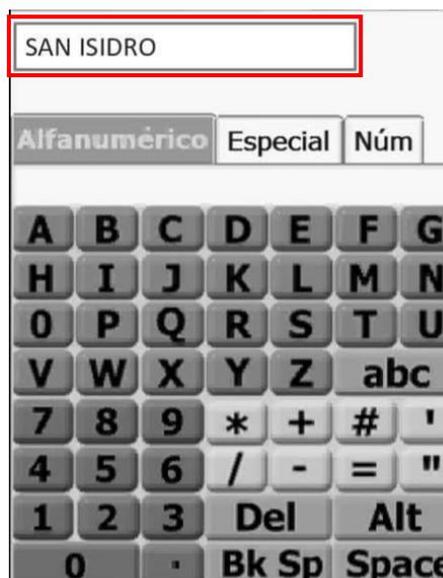


Imagen 3 - 11 Asignación del nombre al proyecto en la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

- En la pestaña “Sistema”, verificar las unidades de medida de distancias en este caso (métrico) y ángulos (grados, minutos y segundo), posteriormente dar click en Aceptar.

Imagen 3 - 12 Verificación de unidades métricas y angulares del proyecto en la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Configuración del sistema de proyección local.**

Esta técnica requiere que antes de realizar la medición se configure el sistema de proyección Cónico Conforme de Lambert SIRGAS ES-2007, para obtener coordenadas planas (x,y) reales. El procedimiento para realizar esta configuración se describe a continuación.

- En el menú configuración, seleccionar la opción 6 “Localización”.



Imagen 3 - 13 Configuración del sistema de proyección local en la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

2. En la pestaña “Sistema” dar click en “Editar Lista Proyecciones”.



Imagen 3 - 14 Configuración del sistema de proyección local en la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

- Introducir el nombre del sistema de proyección, seleccionar el sistema de proyección, introducir todos los parámetros que lo definen, posteriormente seleccionar la opción “Editar/Ver Datum” para configurar el datum.

Sistema: SIRGAS-ES2007

Proyección: Lambert Conformal. Cor

Datum: LAMBERT SIRGAS-ES2007

Editar/Ver Datum Definido Usuario

Paralelo N:	14.25096600
Paralelo S:	13.31763267
Meridiano C.:	-88.99998297
Lat. del Origen	13.78429934
Falso Norte:	295809.184 m
Falso Este:	500000 m

Imagen 3 - 15 Configuración de parámetros del sistema de proyección local.

Fuente: Elaboración propia.

- En esta ventana ingresar el nombre del datum y seleccionar el elipsoide. posteriormente dar click en Aceptar.

Nombre: LAMBERT SIRGAS-ES2007

Elipsoide: WGS84~1

a: 6378137 m

1/f: 298.257223562776

F.Escala (ppm): 0

dX: 0 m rot X: 0

dY: 0 m rot Y: 0

dZ: 0 m rot Z: 0

Fichero GSF respecto a WGS84

Imagen 3 - 16 Asignación de datum y selección del elipsoide.

Fuente: Elaboración propia.

5. Verificar que todos los parámetros estén configurados correctamente y dar click en Aceptar.

Sistema: SIRGAS-ES2007

Proyección: Lambert Conformal Cor

Datum: LAMBERT SIRGAS-ES2007

Paralelo N: 14.25096600

Paralelo S: 13.31763267

Meridiano C.: -88.99998297

Lat. del Origen: 13.78429934

Falso Norte: 295809.184 m

Falso Este: 500000 m

Imagen 3 - 17 Verificación de parámetros del sistema local.

Fuente: Elaboración propia.

6. En esta ventana aparecerá el sistema de proyección creado recientemente, seleccionarlo y dar click en Aceptar.

Nombre	Fue...
SV	Usuario
USA/NAD83/KY North	Carlson
SIRGAS-ES2007	Usuario

Imagen 3 - 18 Sistema local de proyección creado.

Fuente: Elaboración propia.

✓ Configuración del receptor base y móvil.

Para llevar a cabo la medición en esta técnica, se debe configurar el equipo en dos partes, primeramente, se configura el receptor base en el colector con todos los parámetros relevantes; como la altura de la antena, la máscara de elevación y el tipo de conexión entre colector y receptor. Luego se configura el receptor móvil (Rover) en el colector con el cual posteriormente se procederá a dar posición cada uno de los PCF en el terreno.

1. Seleccionar el menú Configuración e ingresar en la opción Base GNSS para configurar el receptor base con los parámetros necesarios para la medición.



Imagen 3 - 19 Selección de Base GNSS.

Fuente: Elaboración propia.

- Ingresar a la pestaña “Comms” y elegir en la opción “Tipo”, en este caso se seleccionó la vía de comunicación bluetooth entre el receptor base y el colector. Posterior se escoge la serie del receptor que se está configurando, la cual era HGPS S320 1868517.

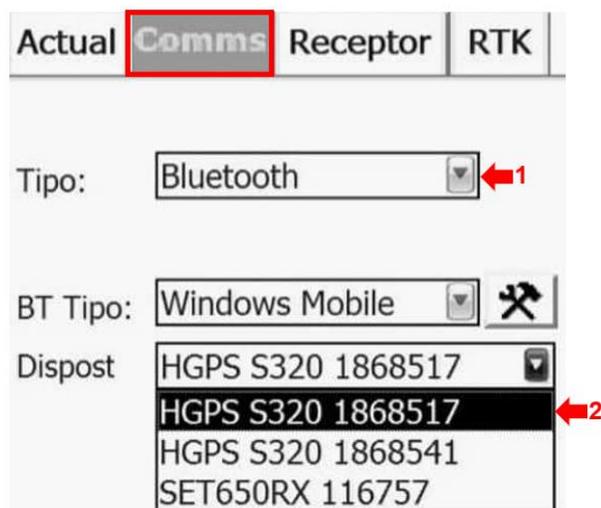


Imagen 3 - 20 Selección del tipo de conexión entre el receptor base y el colector.

Fuente: Elaboración propia.

- En la pestaña “Receptor”, seleccionamos “Inclinada” debido a que la altura del receptor se midió de esta forma, posteriormente se ingresó el dato de 1.728 m en “Altura de Antena” y una máscara de Elevación de (15°). Se finaliza dando click en Aceptar.

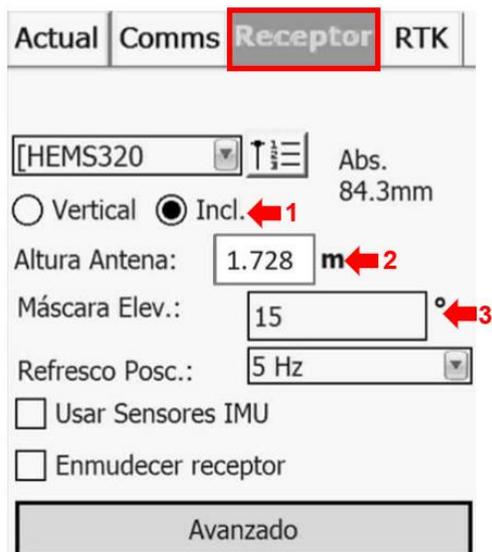


Imagen 3 - 21 Introducción de altura de antena de receptor y máscara de elevación.

Fuente: Elaboración propia.

4. En la pestaña “RTK”, se selecciona el tipo de antena a utilizar en la medición y dar click en aceptar.

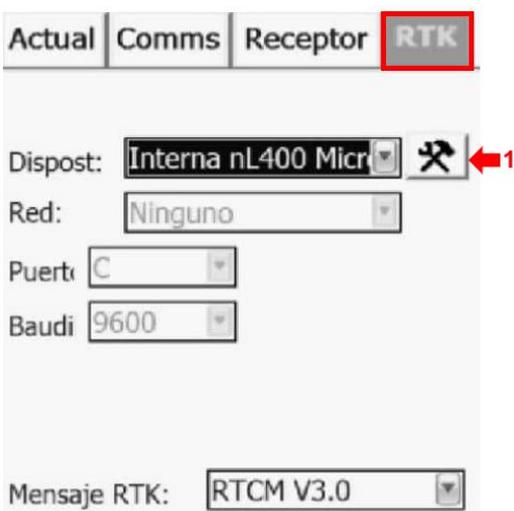


Imagen 3 - 22 Selección del tipo de antena.

Fuente: Elaboración propia.

5. Seleccionamos la opción “Teclear Lat/Lon”, para introducir las coordenadas geográficas y elevación elipsoidal de la estación de referencia.



Imagen 3 - 23 Introducción de coordenadas geográficas y elevación elipsoidal.

Fuente: Elaboración propia.

6. Se ingreso las coordenadas geográficas en grados, minutos y segundos (gg.mm.ss) y la elevación elipsoidal en metros del vértice geodésico “BASE RTK SAN ISIDRO”.

Use formato gg mm.ss

Latitud:

Norte Sur

Longitud:

Oeste Este

Alt.: m

Elipsoide Ortométrica

Imagen 3 - 24 Coordenadas geográficas y elevación elipsoidal de “BASE RTK SAN ISIDRO”.

Fuente: Elaboración propia.

7. En este cuadro de dialogo se ingresa el nombre de la estación de referencia y su descripción, y al dar click en Aceptar se guarda este punto en el fichero del proyecto. Finalmente seleccionar la opción “Si” para arranque de Base.

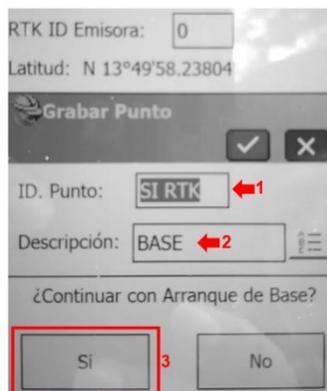


Imagen 3 - 25 Introducción nombre estación de referencia.

Fuente: Elaboración propia.

8. Después de ingresar el nombre del proyecto en el fichero se selecciona la opción “Móvil GNSS” para configurar los parámetros del equipo que funcionara como Rover (móvil).



Imagen 3 - 26 Selección del móvil GNSS.

Fuente: Elaboración propia.

9. En la pestaña “Comms”, seleccionar el tipo de comunicación entre el receptor móvil y el colector, para la técnica RTK se recomienda que sea mediante bluetooth. Seleccionar el equipo correspondiente al Rover.

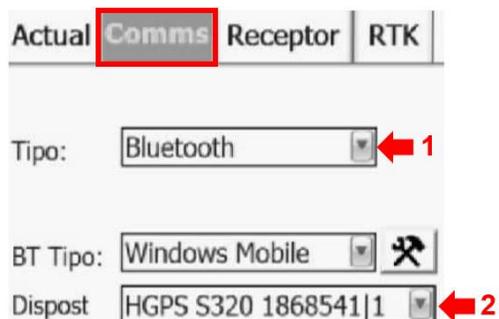


Imagen 3 - 27 Selección del tipo de conexión entre el receptor móvil y el colector.

Fuente: Elaboración propia.

10. La altura del equipo y la forma de medición de esta se configura en la pestaña “Receptor”. Nota: La altura del Rover debe medirse de manera vertical y seleccionar la opción “Vertical”, se ingresó una altura de 2.115 metros y un valor de máscara de elevación de 15°.

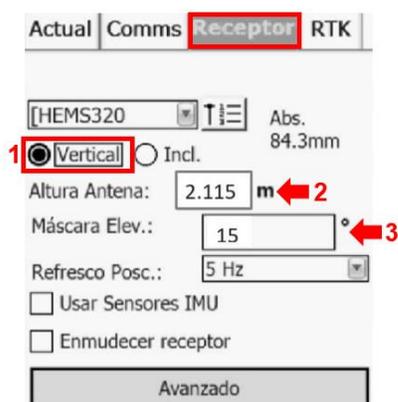


Imagen 3 - 28 Introducción de altura de antena de receptor y máscara de elevación.

Fuente: Elaboración propia.

11. Al igual que la Base, para el Rover en la pestaña “RTK”, se selecciona el tipo de antena a utilizar en la medición y dar click en Aceptar.

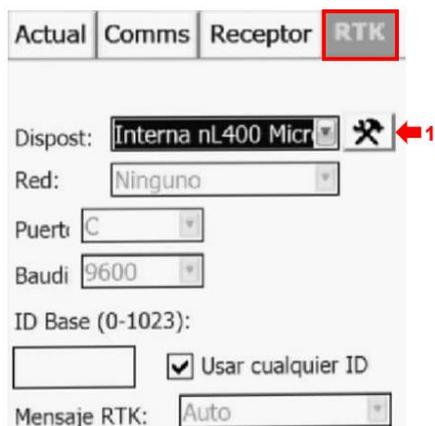


Imagen 3 - 29 Selección del tipo de antena del Rover.

Fuente: Elaboración propia.

12. Una vez configurada la Base y el Rover, seleccionar en el menú Medición, la opción 1 “Levantamiento”, en este paso ya se encuentra todo configurado para realizar el levantamiento de los PCF.



Imagen 3 - 30 Selección de opción levantamiento.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Medición de los puntos de control fotogramétricos.

Es importante realizar un buen levantamiento de los PCF debido a que estos servirán posteriormente para georreferenciar las fotografías tomadas por el dron.

El proceso consiste en trasladarse con el receptor móvil y el colector a las dianas (lonas impresas) donde se encuentran ubicados los PCF. El receptor móvil se coloca en el centro de la diana y en ese momento en el colector se mide su posición, este proceso se repite con cada PCF ubicado estratégicamente dentro del área del proyecto.



Imagen 3 - 31 Colocación de receptor móvil en el PCF1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3 - 32 Colocación de receptor móvil en el PCF2.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los datos obtenidos del levantamiento de los PCF y su ubicación en el área del proyecto.

 *SAN ISIDRO: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

SI	RTK1,	530360.7829,	301175.5120,	364.6082,	PC1
SI	RTK2,	530247.3776,	301188.1792,	365.2958,	PC2
SI	RTK3,	530143.2354,	301211.5732,	363.1592,	PC3
SI	RTK4,	530128.3124,	301356.8635,	363.9658,	PC4
SI	RTK5,	530238.6860,	301332.2395,	363.8403,	PC5
SI	RTK6,	530281.1578,	301261.0471,	360.5698,	PC6
SI	RTK7,	530394.2027,	301320.8033,	357.8930,	PC7

Imagen 3 - 33 Coordenadas y elevaciones ortométricas de los PCF obtenidos de la aplicación SurvCE.

Fuente: Elaboración propia.

Punto	Este (X)	Norte (Y)	Elevación Ortométrica
PCF1	530360.7829	301175.5120	364.6082
PCF2	530247.3776	301188.1792	365.2958
PCF3	530143.2354	301211.5732	363.1592
PCF4	530128.3124	301356.8635	363.9658
PCF5	530238.6860	301332.2395	363.8403
PCF6	530281.1578	301261.0471	360.5698
PCF7	530394.2027	301320.8033	357.8930

Tabla 3 Tabulación de las coordenadas y elevaciones ortométrica obtenidas del levantamiento de los PCF.

Fuente: Elaboración propia.

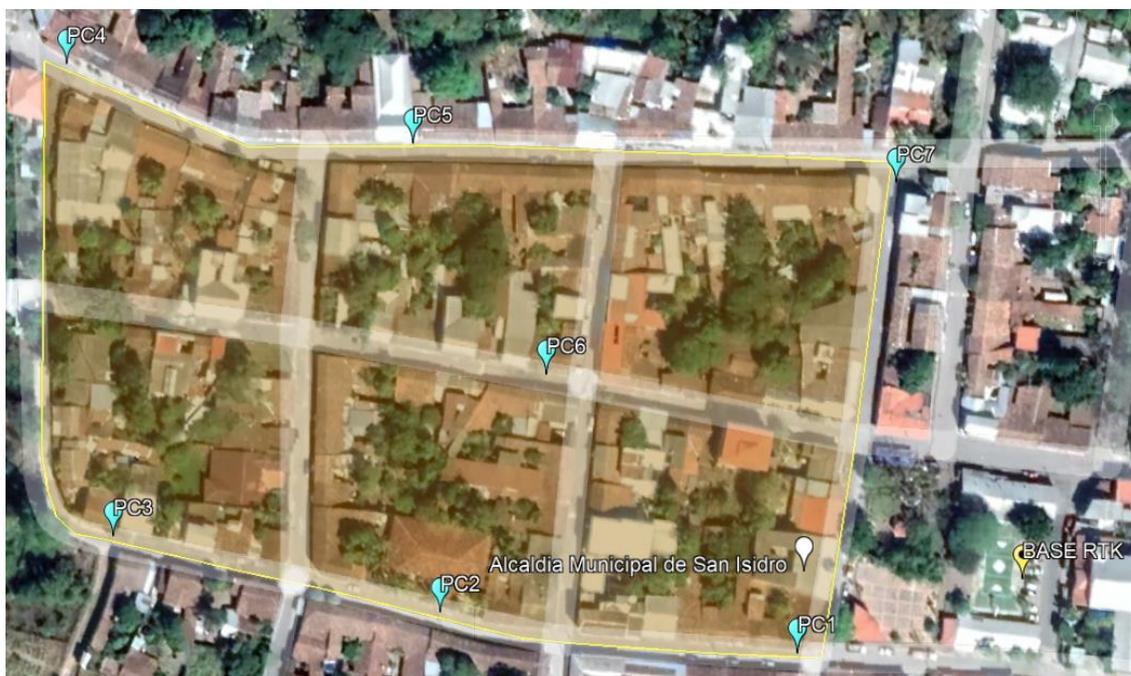


Imagen 3 - 34 Mapa de ubicación de los PCF en el área del proyecto usando como base Google Earth.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Plan de vuelo.

3.4.1 Software DJI GO 4.

Para configurar un plan de vuelo primero hacemos uso del software DJI GO 4. A continuación, se describe los principales pasos del proceso empleado:

1. Cuando el control y el dron estén encendidos, se abre la aplicación DJI GO 4, automáticamente se reconoce el modelo del dron.



Imagen 3 - 35 Logo del software DJI GO 4.

Fuente: <https://www.dji.com/global/downloads/djiapp/dji-go-4>

2. Dentro de configuración general y en la opción de “configuración del controlador principal” centramos nuestra atención en dos parámetros: la altitud de regreso al punto de origen y la altitud de vuelo máxima.
 - Para nuestro plan de vuelo se definió una altitud de regreso al punto de origen de 70 metros y una altitud de vuelo máximo de 120 metros.

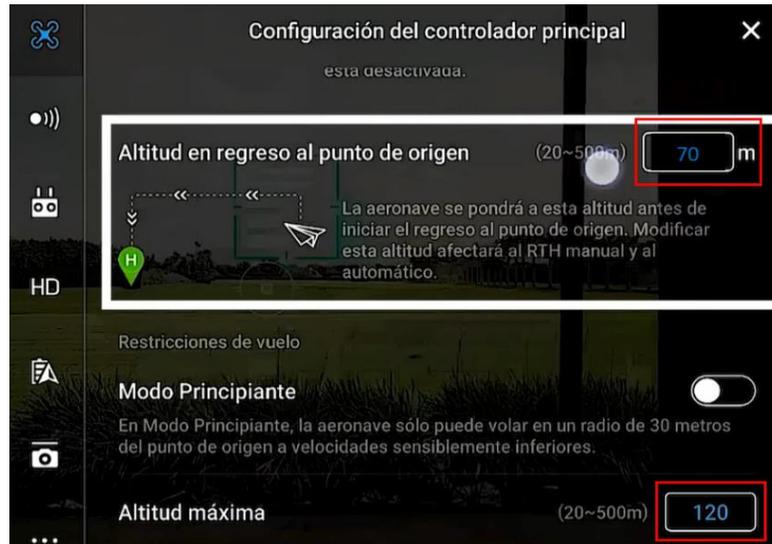


Imagen 3 - 36 Parámetros altitud de regreso al punto de origen y altitud máxima de vuelo.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=VatDGQyERUc&t=418s>

3. En la opción de “Advertencia de batería baja” se configura ciertos parámetros para generar mensajes de advertencia por batería baja y así retornar el dron antes, para evitar cualquier accidente.
 - Para nuestro plan de vuelo se definió una advertencia de batería baja a punto de agotarse del 15% y una advertencia de batería baja del 25%.



Imagen 3 - 37 Parámetro advertencia de batería baja.

Fuente: Tesis - Restitución fotogramétrica de la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de el salvador.

4. El dron estará listo para despegar cuando en la pantalla principal se muestre la opción “Listo para despegar” en color verde, sino es así hay que hacerle los ajustes correspondientes los cuales el dron indica en la pantalla de la aplicación.



Imagen 3 - 38 Mensaje de validación para despegar.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Software PIX4D Capture.

Una buena planificación del vuelo es el factor que tiene la mayor influencia en la calidad de los resultados a la hora de generar mapas en 2D y reconstrucciones en 3D.

Hay tres aspectos que son claves a la hora de realizar fotogrametría con drones:

- La trayectoria de vuelo.
- El solape entre las imágenes.
- Posición de la cámara.

A continuación, se describe el proceso empleado en la planificación del vuelo con el software PIX4D Capture.

1. Descargar e instalar la aplicación Pix4Dcapture en una tablet o teléfono inteligente desde Google Play / App store.



PIX4D**capture**^{Pro}

Imagen 3 - 39 Logo del software PIX4Dcapture.

Fuente: <https://www.pix4d.com/es/guia-de-las-soluciones-de-pix4d/>

2. Procedemos a seleccionar el tipo de dron, en este proyecto se utilizó el tipo de dron DJI Phantom 4.

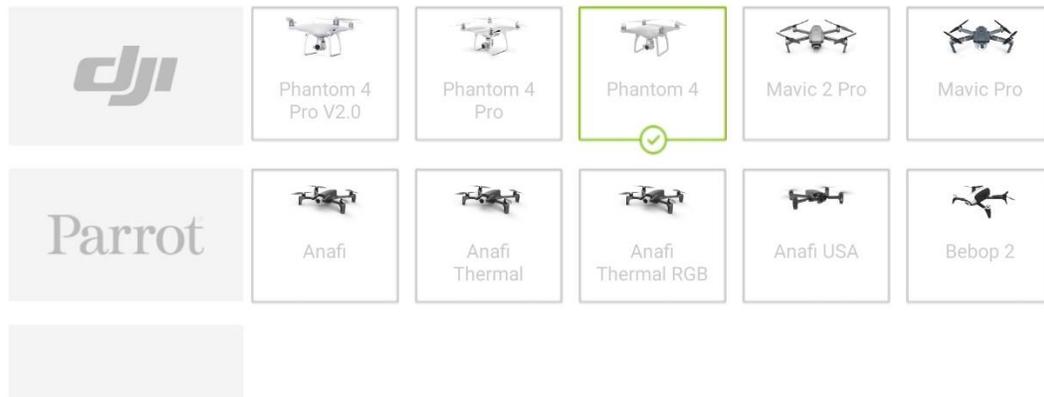


Imagen 3 - 40 Interfaz del software PIX4Dcapture para selección del tipo de dron.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3 - 41 Dron DJI Phantom 4 utilizado en campo.

Fuente: Elaboración propia.

3. Selección de una misión de vuelo y delimitación de la zona de interés. Para este proyecto se seleccionó una misión de vuelo “Red” acorde a las siguientes características:
- Terreno plano.
 - Libre de obstáculos como edificios y arboles de gran altura.
 - Área relativamente pequeña en comparación de la magnitud de todo el casco urbano del municipio de San Isidro.
 - Finalidad la elaboración de un plano catastral (modelo 2D).



Imagen 3 - 42 Delimitación del área del proyecto con la misión de vuelo GRID.

Fuente: Elaboración propia.

4. Ajustar el plan de vuelo y los parámetros del dron.

Entre los parámetros más importantes configurados en el plan de vuelo de este proyecto tenemos:

- Ángulo de la cámara: define la inclinación de la cámara entre 0° (horizontal) y 90° (vertical). El valor para nuestro plan de vuelo fue de 90° .
- Superposición frontal (%): define la superposición frontal de la imagen entre 20% y 90%. Se selecciono un valor de 75%.
- Superposición lateral (%): define la superposición del lado de la imagen entre 20% y 90%. Se selecciono un valor de 75%.
- Velocidad del dron: define la velocidad del dron entre un rango lento y rápido. La velocidad máxima depende de la superposición seleccionada y de la altitud de vuelo, en este caso se seleccionó la máxima velocidad del dron.
- También se configuro una altura de vuelo de 60 metros para el cual obtuvimos un valor de GSD igual a 1.64 centímetros, quiere decir que cada píxel de nuestra fotografía tomada mide 1.64 centímetros del terreno.
- Se planifico un área con la siguiente proporción (300 X 192 m) con un tiempo de vuelo de 10 minutos con 14 segundos.

3.5 Corrección perimetral de viviendas.

Después de la obtención de datos en campo mediante el empleo de dron y equipos GNSS, se realizó el procesamiento de las fotografías y su georreferenciación al terreno del proyecto elaborando por último un plano que representa fielmente las intersecciones entre calles y avenidas, los linderos y el área correspondiente de cada propiedad. Sin embargo, es necesario realizar una corrección de detalles respecto a la posición de esquineros y de las paredes externas de cada vivienda para limitar con más exactitud los terrenos.

Para realizar las correcciones se planificaron diferentes visitas a campo y se empleó el método más común de medir longitudes en topografía a través de cinta y plomada, tomando la distancia entre dos puntos fijos.

Las medidas con cinta se hacen siguiendo los siguientes pasos:

- Alinear.
- Aplicar tensión.
- Colocar las plomadas.
- Marcar las longitudes de la cinta.
- Lectura de la cinta.
- Registrar la distancia.

La metodología del proceso consistió en ubicar un primer punto fijo e identificable en cunetas, franjas de concreto, badenes o cualquier elemento visible en las

ortofotos para tomar las medidas a un segundo punto fijo hacia adentro de la pared de cada propiedad, tomando medidas a esquineros y puntos divisores de cada vivienda. Estos datos fueron registrados en el mismo momento en un plano impreso del área levantada, para su posterior corrección en el software de dibujo y diseño Civil 3D.



Imagen 3 - 43 Medición con cinta y plomada.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV: PROCESAMIENTO DE DATOS EN PIX4D MAPPER.

4.1 Pasos previos al procesamiento de las fotografías aéreas.

Antes de empezar a utilizar el software de procesamiento, tenemos que crear una carpeta con un nombre familiarizado al proyecto, para nuestro caso la llamaremos *PROYECTO DE SAN ISIDRO*, y luego crear otras tres carpetas dentro de ella con el objetivo de guardar y ubicar de forma más rápida la información que se utilizará para el procesamiento y también para guardar los archivos que se van a generar de forma automática por el software.

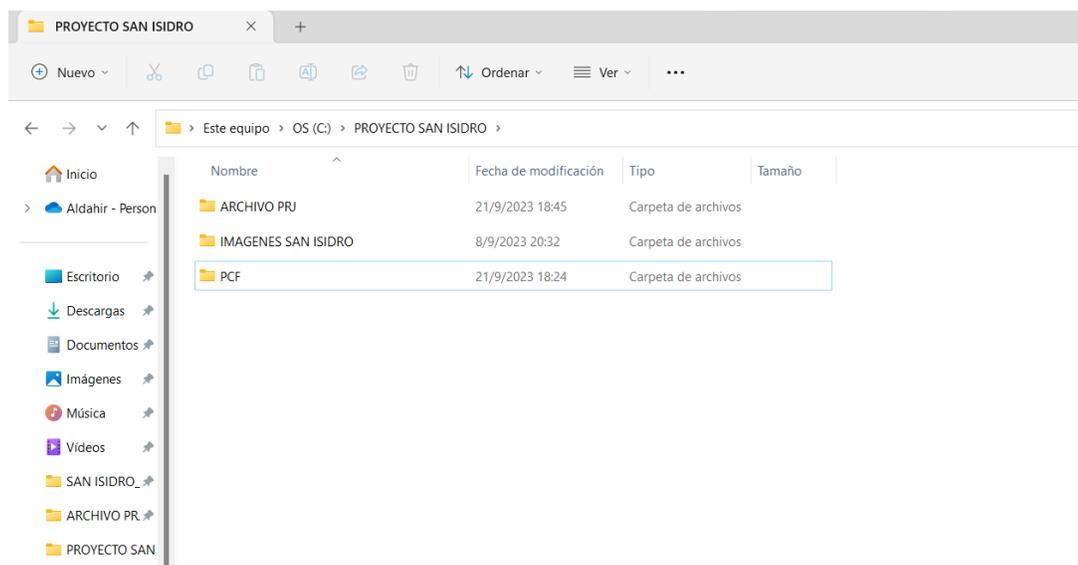


Imagen 4 - 1 Carpeta "PROYECTO DE SAN ISIDRO".

Fuente: Elaboración propia.

- La carpeta *ARCHIVO PRJ*, como su nombre lo indica, almacenará el archivo generado en GLOBAL MAPPER que guarda los parámetros que

caracterizan al Sistema de Referencia Lambert SIRGAS ES-2007 y que nos permitirá trabajar con un sistema de coordenadas local.

- La carpeta *IMÁGENES SAN ISIDRO* va a contener todas las imágenes captadas por el dron en el vuelo fotogramétrico.
- La carpeta *PCF* almacenará el archivo .txt de los puntos de control fotogramétricos que fueron tomados aplicando la técnica de medición RTK desde un punto con coordenadas conocidas. Este archivo fue denominado como *SAN ISIDRO.txt*.

Ahora bien, para empezar a realizar el procesamiento de las imágenes tomadas en el vuelo fotogramétrico, debemos abrir el software de *PIX4D MAPPER* y seleccionar la opción de “*New Project*” o Nuevo Proyecto en español.

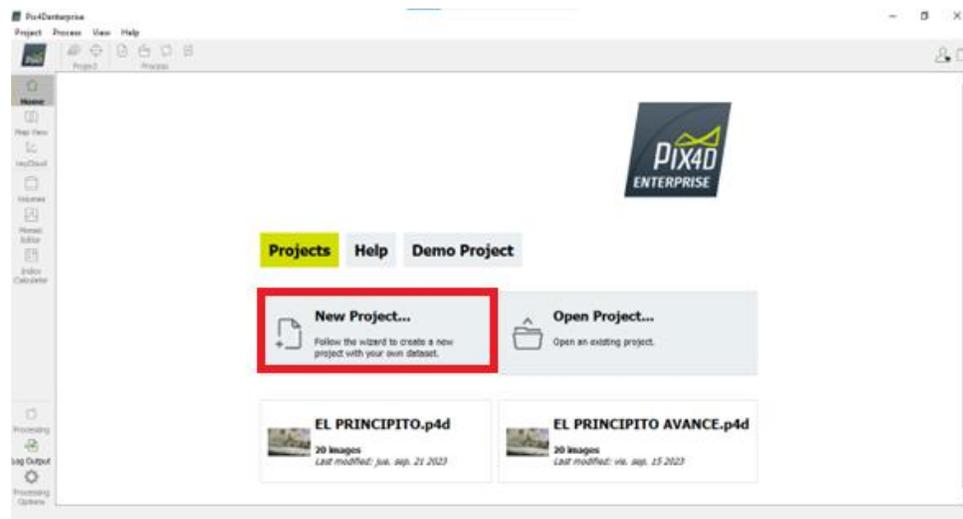


Imagen 4 - 2 Interfaz inicial de PIX4D MAPPER.

Fuente: Elaboración propia.

Se desplegará la siguiente ventana donde tendremos que asignar un nombre para el proyecto y la ruta de ubicación donde queremos almacenar el archivo de trabajo, la cual será la carpeta antes creada denominada *PROYECTO SAN ISIDRO*.

Nuevo Proyecto

Este asistente crea un nuevo proyecto.
Seleccione un nombre, una carpeta de destino y un tipo para su nuevo proyecto.

Nombre: SAN ISIDRO 2023

Crear En: C:/PROYECTO SAN ISIDRO Navegar...

Usar como Ubicación del Proyecto por Defecto

Tipo de Proyecto

- Nuevo Proyecto
- Proyecto Fusionado a partir de Proyectos Existentes
- Nuevo Proyecto con Cámara Rigs
- Proyecto Fusionado a partir de Proyectos Existentes para la Calibración de Cámara Rig

Ayuda < Atrás Siguiente > Cancelar

Imagen 4 - 3 Ventana de creación de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de darle click en *siguiente*, el software nos pedirá que carguemos las imágenes con las que vamos a realizar el procesamiento. Tenemos que seleccionar la opción de *Add Directories* o *Agregar Directorios* en español y buscar la carpeta donde fueron almacenadas y que anteriormente se explicó su creación. Cargamos carpeta y hacemos click en *siguiente*.

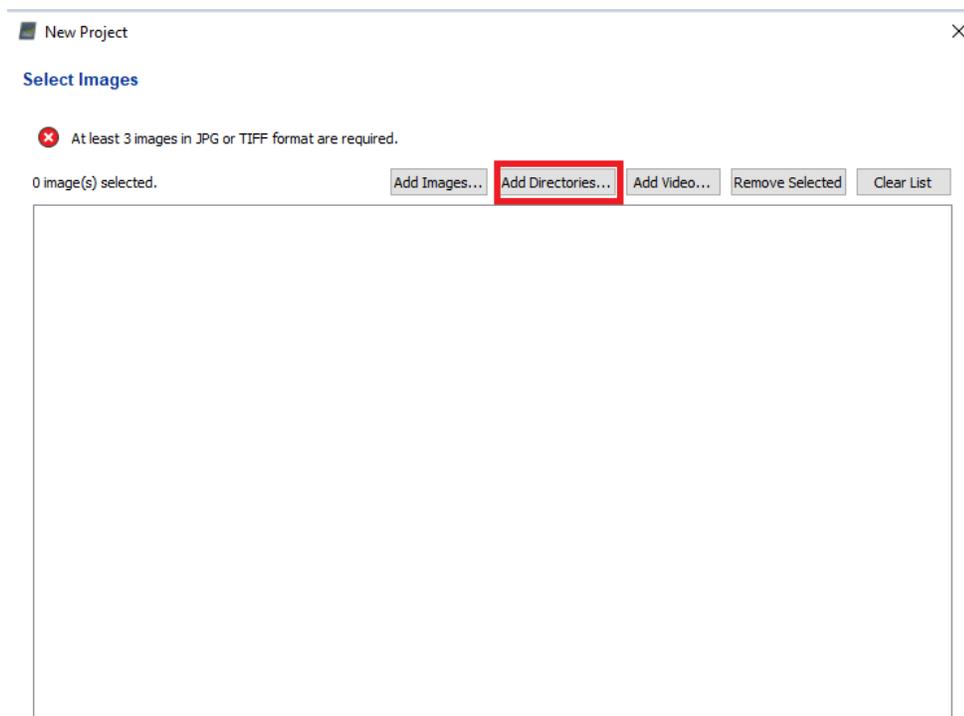


Imagen 4 - 4 Ventana de selección de imágenes.

Fuente: Elaboración propia.

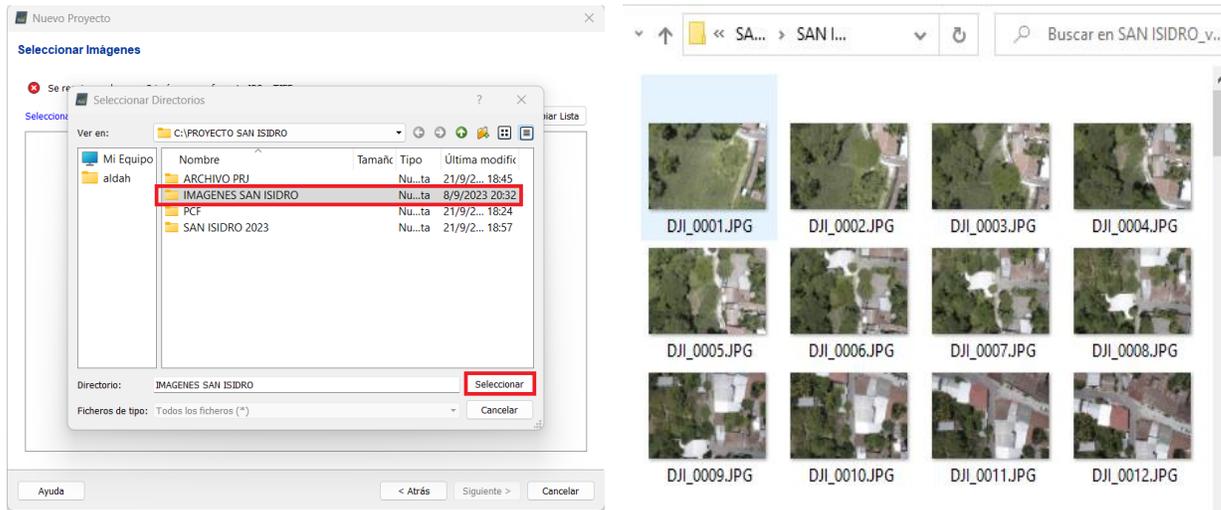


Imagen 4 - 5 Ventana de importación de imágenes.

Fuente: Elaboración propia.

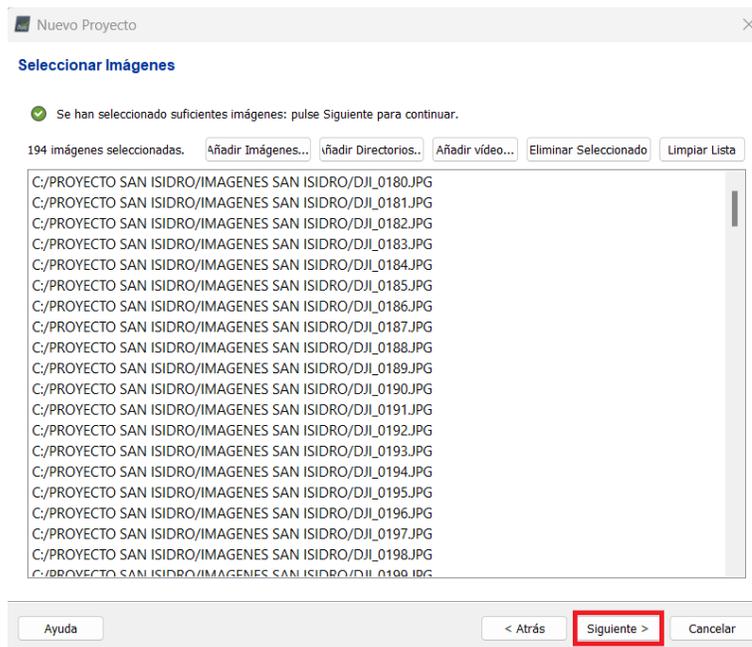


Imagen 4 - 6 Ventana de selección de imágenes.

Fuente: Elaboración propia.

Inmediatamente se nos muestra la siguiente ventana especificando que todas las imágenes han sido correctamente cargadas y que han sido vinculadas al *Sistema de Referencia global WGS-84*. Además de eso, se hace énfasis en la información geográfica de cada fotografía, la cual describe específicamente el punto que representa el centro geométrico de cada fotografía. Sin embargo, hay que tener en cuenta también que estas coordenadas son de navegación por lo que tienen un error en su posición y para solucionarlo añadiremos puntos de control fotogramétricos.

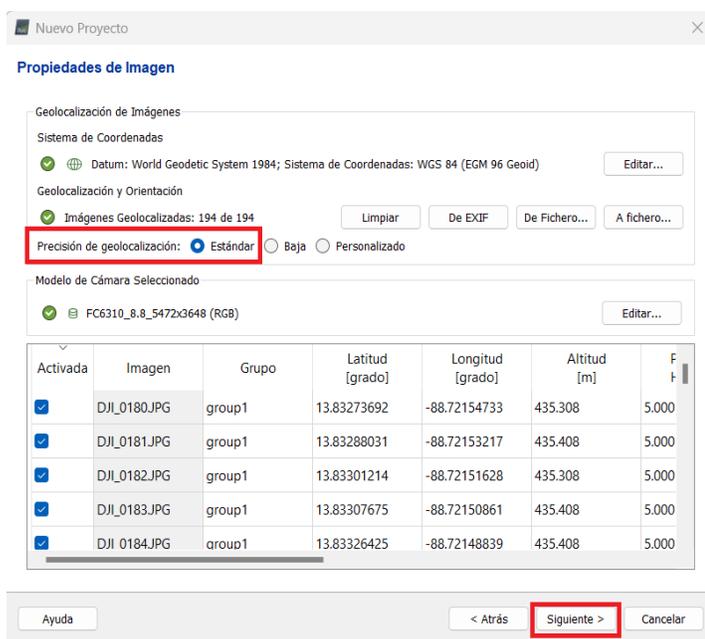


Imagen 4 - 7 Ventana de propiedades de imagen.

Fuente: Elaboración propia.

Después de cargar todas las fotografías aparecerá el siguiente cuadro de dialogo, en el cual tendremos que seleccionar el sistema de coordenadas de salida con el que vamos a trabajar, y esto lo haremos cargando el archivo con *extensión*.

prj, el cual está almacenado en una de las tres carpetas creadas anteriormente. Además de esto tenemos que seleccionar el modelo de geoide con el que vamos a trabajar para la definición de posición en altura de toda la nube de puntos. Todo esto lo hacemos de la siguiente manera:

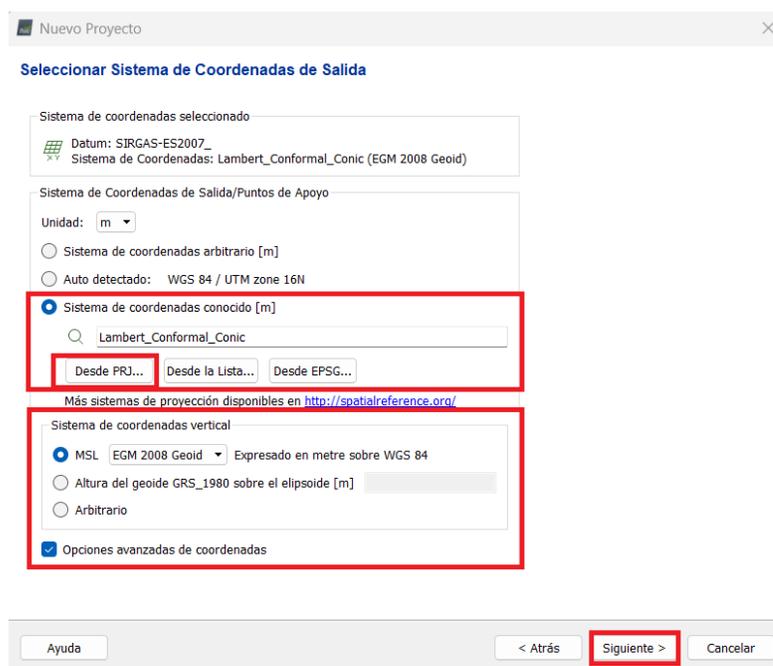


Imagen 4 - 8 Menú de selección de sistema de coordenadas de salida.

Fuente: Elaboración propia.

Después de esto, el software nos ofrecerá diferentes plantillas de opciones de procesamiento con las cuales trabajar. Para este trabajo seleccionaremos la primera opción de las plantillas estándar denominada *3D Maps*. Además de esto, tenemos que evitar seleccionar la opción de *Iniciar Procesamiento Ahora* con el objetivo de realizar cambios en el procesamiento como, por ejemplo, realizarlo en tres fases y no en una sola; y hacemos click en *Finalizar*.

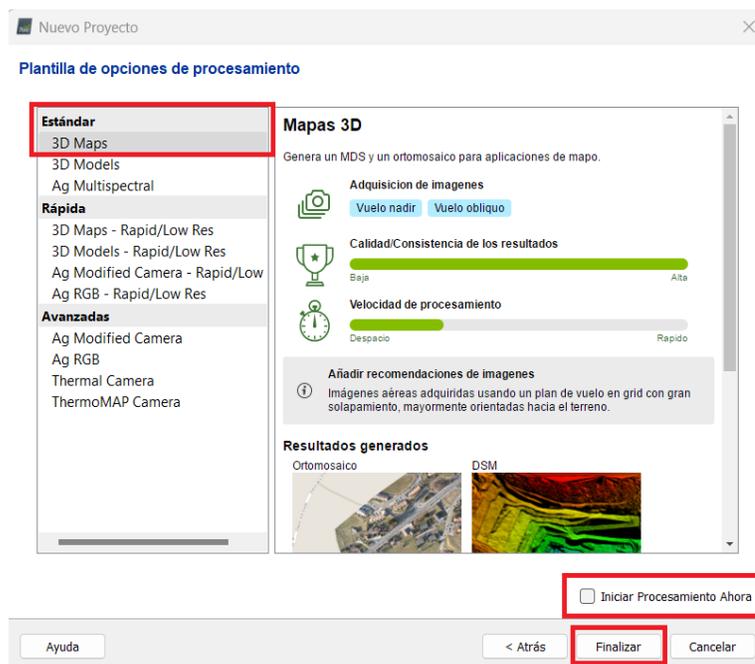


Imagen 4 - 9 Menú de plantillas de opciones procesamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se nos mostrará la siguiente pantalla con todas las fotografías captadas por el dron, y en la parte inferior derecha se nos muestra el sistema de coordenadas con el cual estamos trabajando. En esta interfaz podemos definir ciertos cambios como, por ejemplo, dividir el procesamiento de las fotografías en tres partes con el objetivo de ir estableciendo parámetros según nuestro criterio en cada parte, de analizar los informes de calidad que arroje al finalizar cada procesamiento y sus productos derivados, también para añadir puntos de control para que la ortofoto se georreferencie con mayor precisión, entre otros cambios.

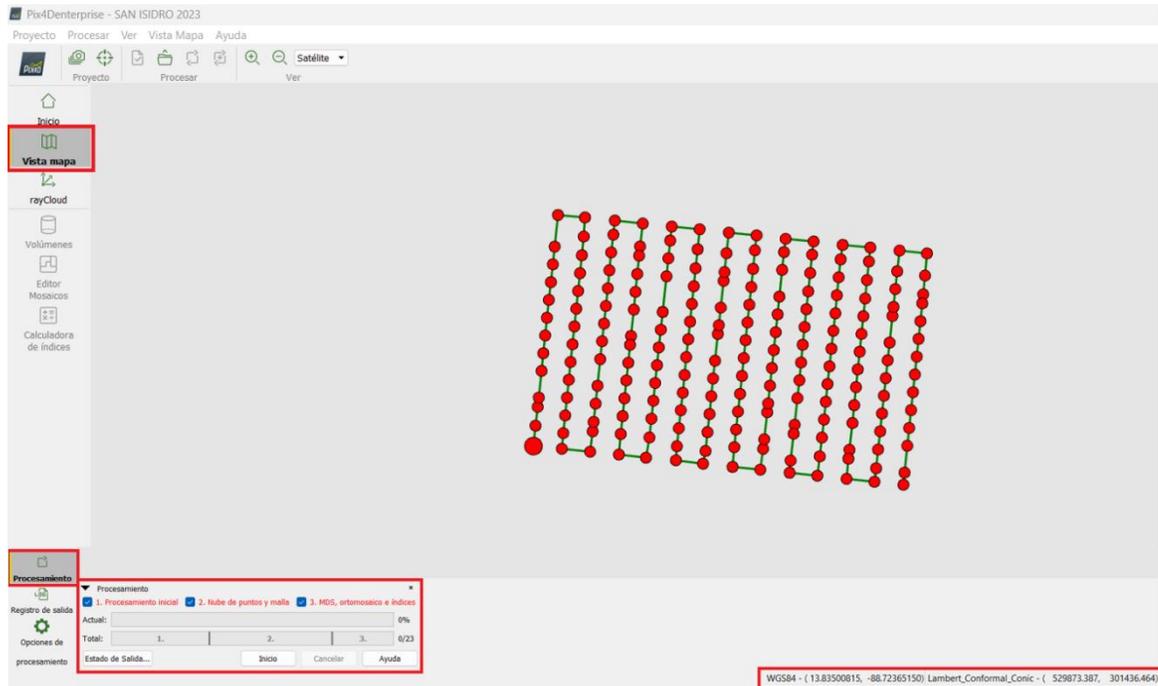


Imagen 4 - 10 Interfaz principal de Procesamiento.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Paso 1: Procesamiento Inicial.

Este procesamiento inicial consiste en realizar la alineación automática de las imágenes, tomando como referencia el traslape definido en el plan de vuelo, de modo que se determine la posición y orientación relativa de cada imagen. A partir de las imágenes alineadas el software crea una nube de puntos que representa la superficie del terreno y los objetos en la escena. Esta nube de puntos se utiliza como base para crear modelos tridimensionales. Entonces para ejecutar este procesamiento lo seleccionamos y desmarcamos las partes dos y tres.



Imagen 4 - 11 Selección de Procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Antes de darle click en *Inicio* tenemos que ver las *Opciones de procesamiento* de modo que fijemos solamente la opción de *Procesamiento inicial* como en la indicación anterior y que trabajaremos con una escala *completa* de imagen para puntos clave, esto hará que el procesamiento sea más lento, pero más riguroso en aspectos de precisión, cantidad de puntos generados por fotografía para la nube. También, vamos a marcar la opción de *Informe de Calidad* para que al final del procesamiento podamos visualizar parámetros como cantidad de fotografías procesadas, cantidad de puntos generados y una previsualización de la ortofoto que se va a generar. Finalmente le damos en *Aceptar* y luego en *Inicio* para que el procesamiento se empiece a ejecutar y esperamos a que finalice cuando nos arroje el informe de calidad. Todo esto se muestra de forma ordenada en las siguientes imágenes:

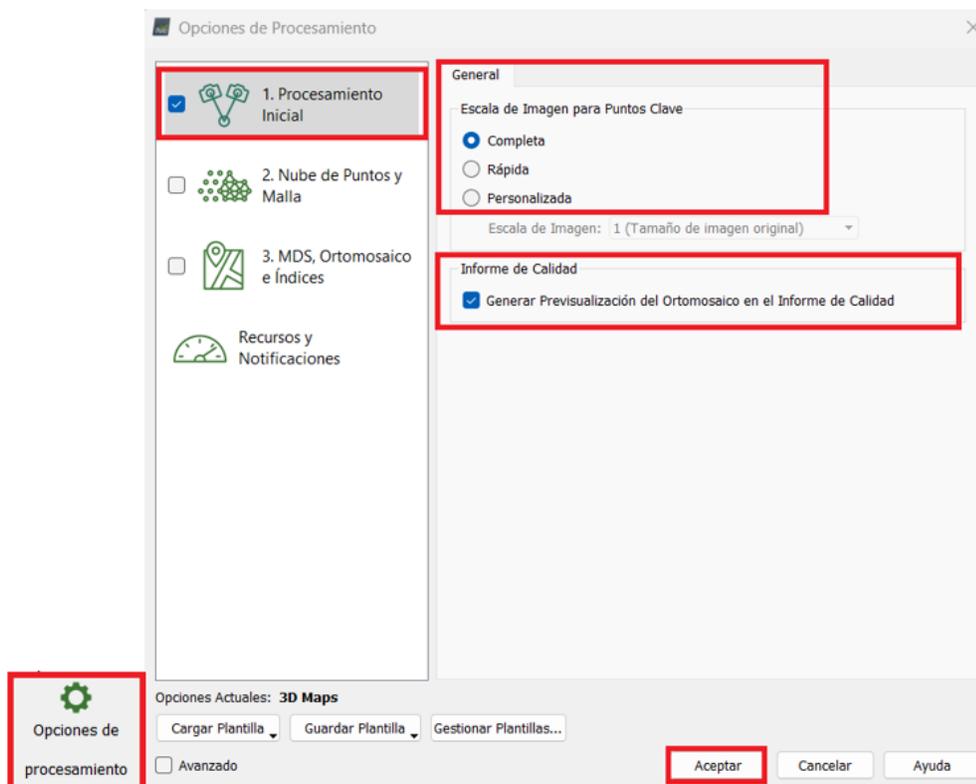


Imagen 4 - 12 Configuración de opciones para el procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia.

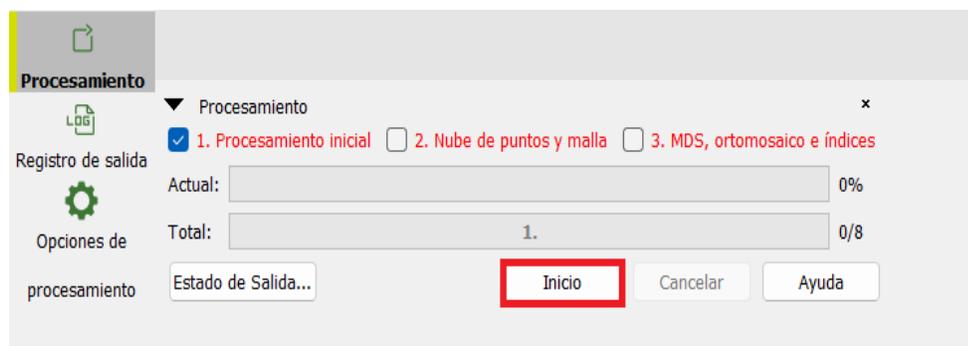


Imagen 4 - 13 Selección de Inicio para el procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia.

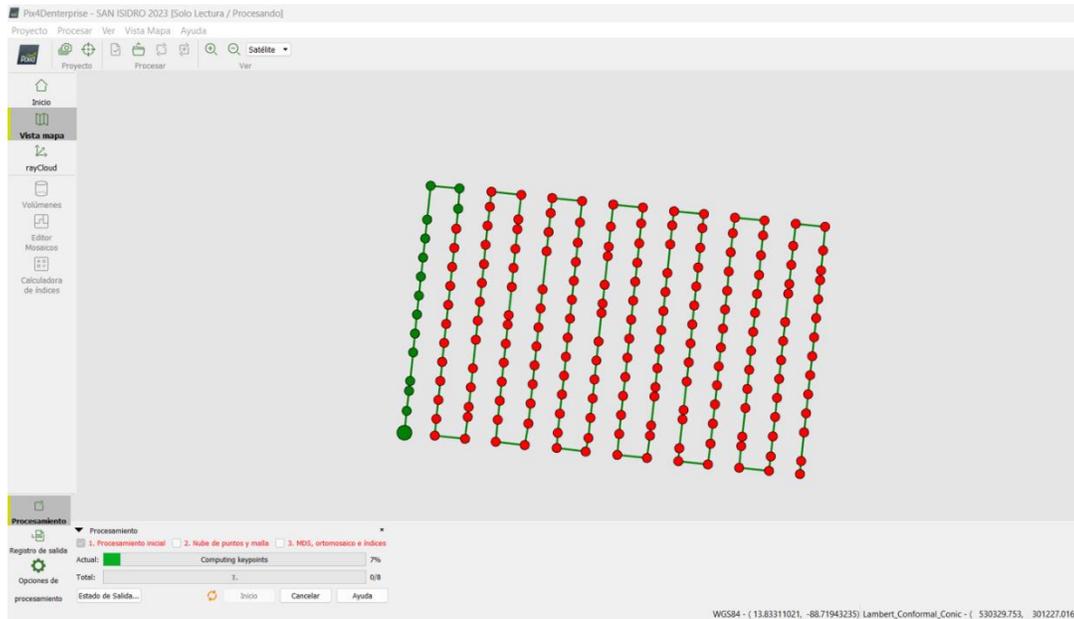


Imagen 4 - 14 Procesamiento inicial de las fotografías.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando finalice el procesamiento el software nos arrojará un informe de calidad, en el cual podemos analizar parámetros como, por ejemplo, el número de puntos por imagen, gráficos que muestran en cuantas imágenes ha sido solapado un pixel y si son más de cinco imágenes obtendremos resultados de buena calidad, cantidad de imágenes procesadas, entre otros. Además de eso tendremos una previsualización de la ortofoto que será uno de los productos derivados del procesamiento completo y con la cual vamos a poder realizar una restitución fotogramétrica, la cual es uno de los objetivos de este proyecto.

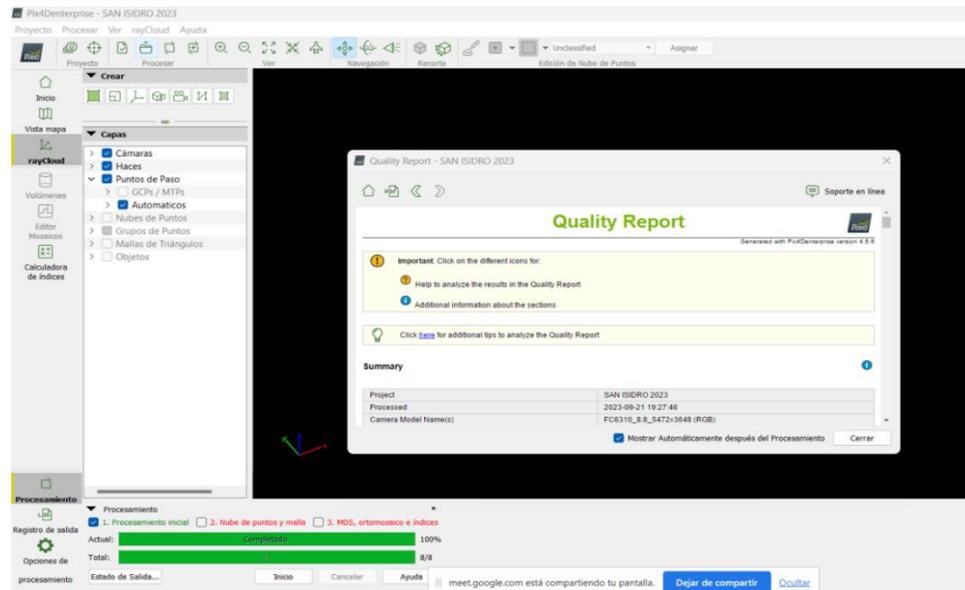


Imagen 4 - 15 Informe de calidad del procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 4 - 16 Informe de calidad del procesamiento inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de analizar los parámetros de interés del informe de calidad y así finalizar el procesamiento inicial, nos dirigimos a la opción denominada *rayCloud* donde se nos mostrará la nube de puntos dispersa generada. Si queremos una mejor visualización de la nube de puntos podemos bloquear las cámaras que aparecen sobre la nube haciendo click en *Cámaras* en la barra de opciones de *Capas*.

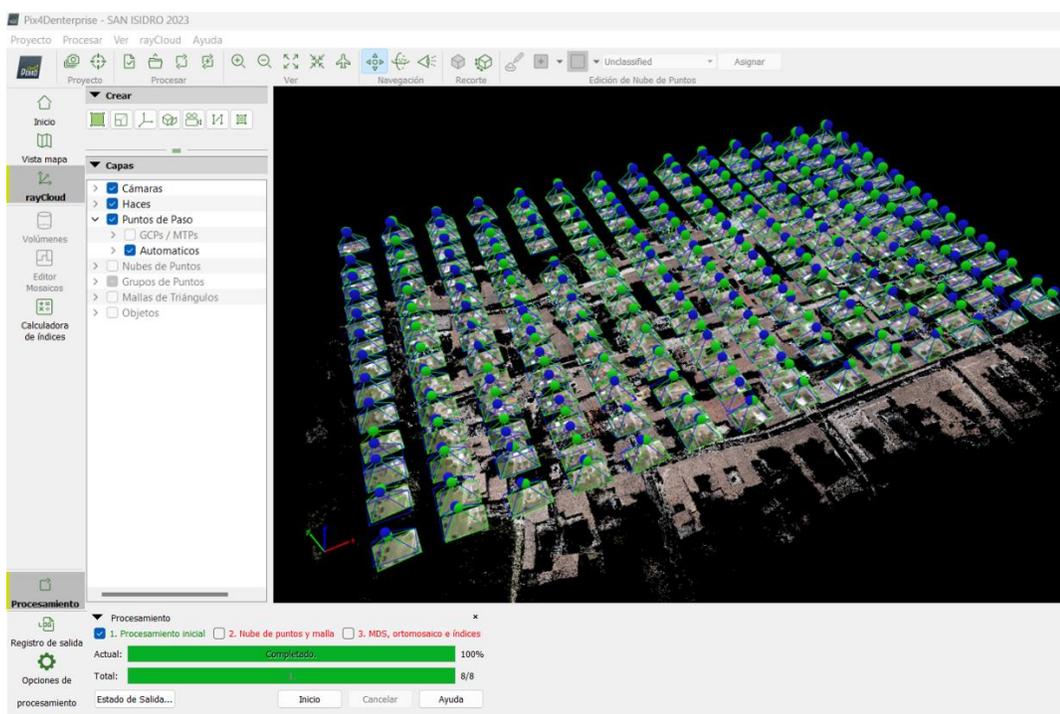


Imagen 4 - 17 Nube de puntos generada.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Creación de Puntos de paso.

Ahora bien, antes de realizar el siguiente procesamiento debemos de establecer puntos de paso o de apoyo sobre la nube de puntos. Estos puntos de paso consisten en puntos foto identificables que nos permiten unir, orientar y alinear fotografías a partir de puntos en común entre ellas con el fin de reducir la distorsión de los productos finales. Este proceso mejora el traslape efectuado en el procesamiento anterior.

Al darle click en cualquier parte de la nube de puntos se nos desplegará la barra de *Imágenes* mostrándonos todas las fotografías que contengan el punto que marcamos en la nube, tal como se muestra en la siguiente imagen. Además, se recomienda que se marquen como mínimo cinco puntos de paso en cada eje cardinal y en la parte central del área de estudio, sin embargo, la variación de la cantidad de estos puntos también va a depender de la magnitud del área en estudio, la importancia del proyecto y de su disponibilidad.

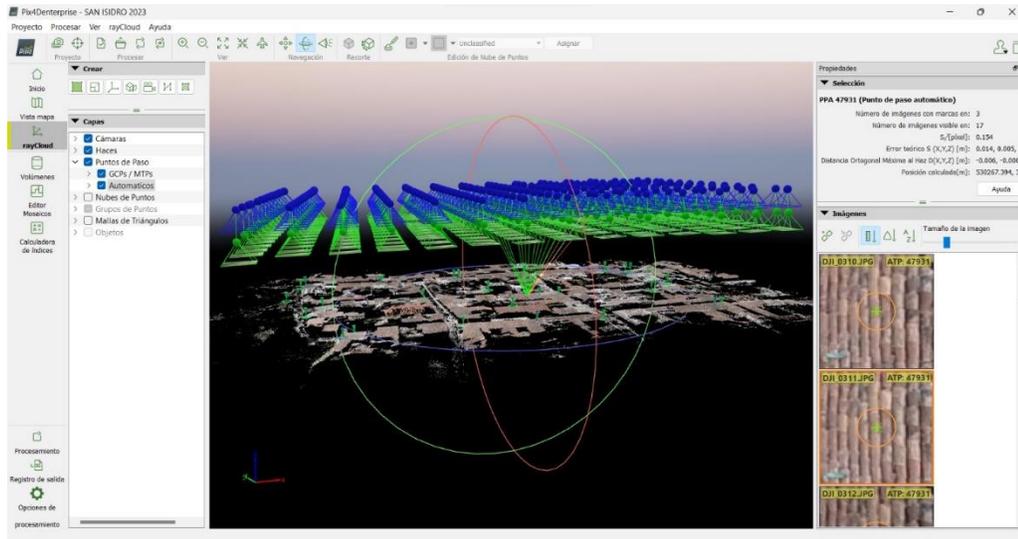


Imagen 4 - 18 Punto marcado mostrando todas las imágenes que lo vinculan.

Fuente: Elaboración propia.

Para asignar puntos de paso se hace lo siguiente:

- Seleccionamos un punto en la nube en cualquier dirección y en las fotografías donde aparezca empezamos a buscar un elemento o estructura representativa.
- Enfocamos un elemento que sea fácilmente identificable en otras fotografías y que además se pueda señalar correctamente dentro de su contorno, es decir, poder marcarlo en su centro geométrico o en uno de sus vértices para evitar errores de precisión. Hacemos click en el icono de cadena denominado *Punto de paso nuevo* e inmediatamente se nos desplegará una barra de opciones que muestran características del punto.

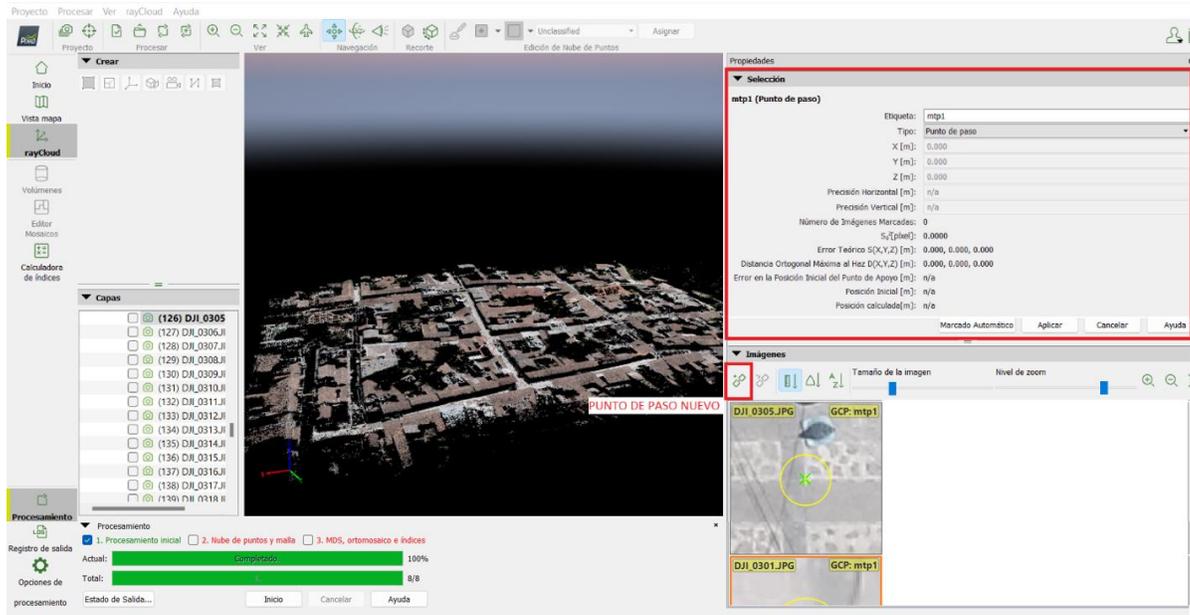


Imagen 4 - 19 Creación de puntos de paso.

Fuente: Elaboración propia.

- Inmediatamente hacemos click en el centro geométrico o en uno de los vértices del elemento o estructura. Hacemos lo mismo para la segunda fotografía que aparezca en el listado y luego damos click en el icono denominado *Foco en la selección*, el cual nos ayudará a enfocar de forma automática el mismo punto en las demás fotografías del listado. Seguidamente hacemos click cada una de las fotografías para marcar el punto de análisis.

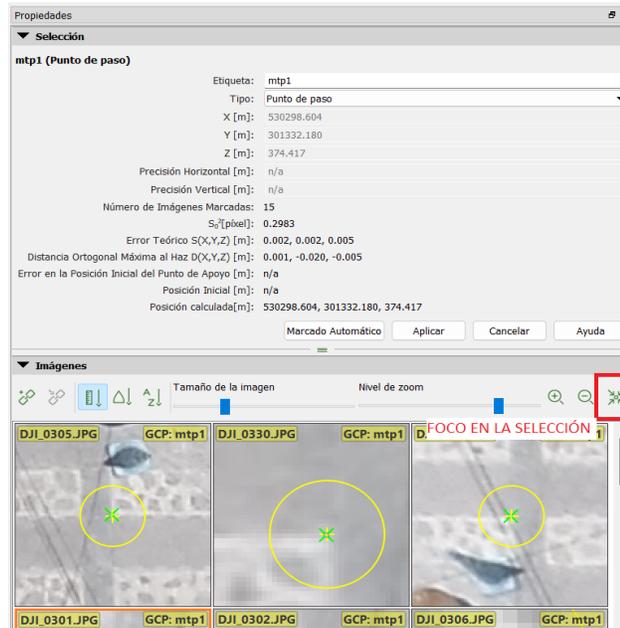


Imagen 4 - 20 Enfoque y selección de puntos de paso sobre las fotografías.

Fuente: Elaboración propia.

- Finalmente, le damos en *Aplicar* para que el punto de paso se genere y se guarde. Exactamente lo mismo que se ha descrito anteriormente se hace para generar los demás puntos de paso. En la pestaña de *Capas* se van a ir añadiendo cada punto de paso que se genere de modo que sea fácil su selección y edición.

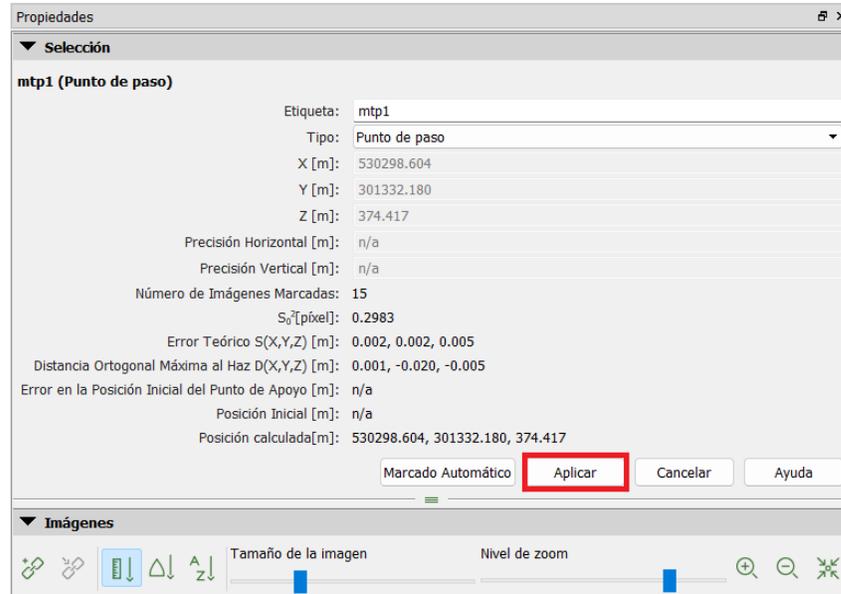


Imagen 4 - 21 Creación de puntos de paso.

Fuente: Elaboración propia.

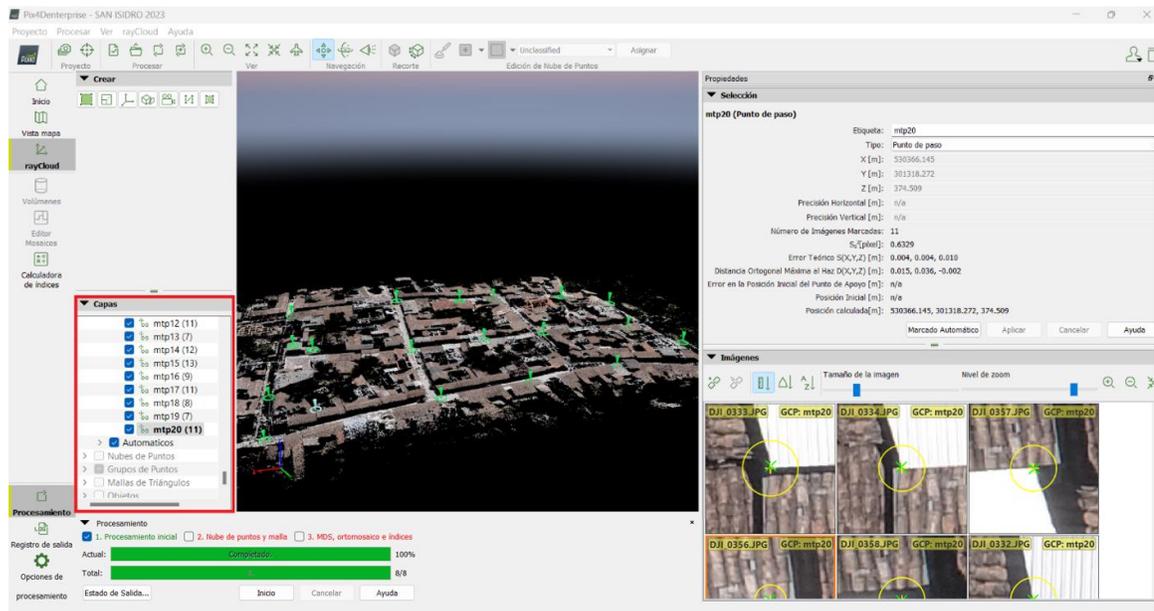


Imagen 4 - 22 Creación del último punto de paso y ventana de capas conteniéndolos a todos los puntos creados.

Fuente: Elaboración propia.

- Después de generar todos los puntos de paso considerados, debemos de emparejar nuevamente las fotografías aéreas, es decir, se van a traslapar de nuevo pero esta vez no tomando como referencia el traslape del plan de vuelo, sino que se tomará como referencia los puntos de paso generados. Con este proceso se espera disminuir aún más la distorsión que pudo haber tenido la nube de puntos y la previsualización de la ortofoto generada en el procesamiento anterior. Tenemos que ir a la pestaña de *Procesar* y luego hacer click en *Reemparejar y optimizar* y luego dar en *Aceptar* al cuadro de dialogo que menciona que los resultados serán sobrescritos.

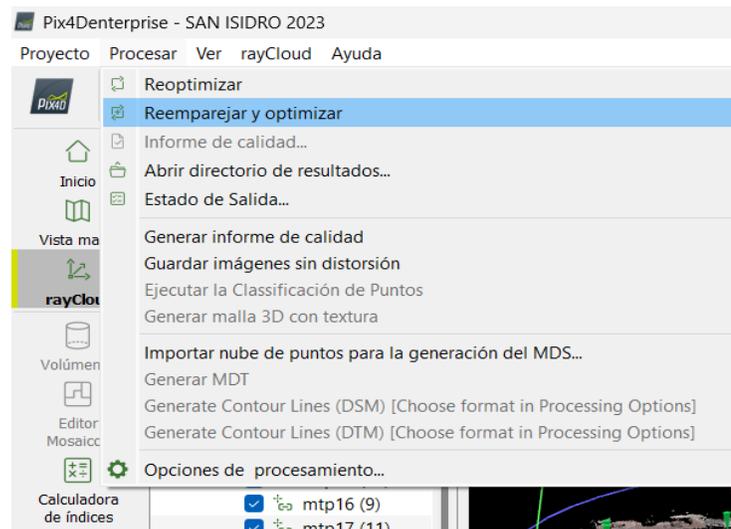


Imagen 4 - 23 Reemparejar y optimizar puntos de paso.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Importación de Puntos de Control Fotogramétricos.

Luego de generar los puntos de paso tenemos que introducir el archivo con extensión .txt que contienen la posición geográfica de los puntos de control fotogramétricos, los cuales fueron obtenidos a partir de un levantamiento con equipo GPS empleando la técnica de medición RTK. Con estos puntos se quiere adecuar la posición geográfica de toda la nube de puntos, es decir, vamos a disminuir el error de posición que contiene la información recolectada por navegación en el vuelo fotogramétrico. Esto funciona así, por ejemplo, luego de tener un error de posición de ± 5 metros con las coordenadas de navegación en un punto, al añadir los PCF vamos a pasar tener una precisión centimétrica de ± 1 cm. La precisión del resultado final va a depender de la técnica de medición empleada y del cuidado que se tenga en el levantamiento de los PCF, porque cualquier proyecto puede alcanzar los milímetros de precisión.

La importación del archivo se hace de la siguiente forma:

- Seleccionamos la pestaña *Proyecto* y hacemos click en *Gestor GCP/MTP*

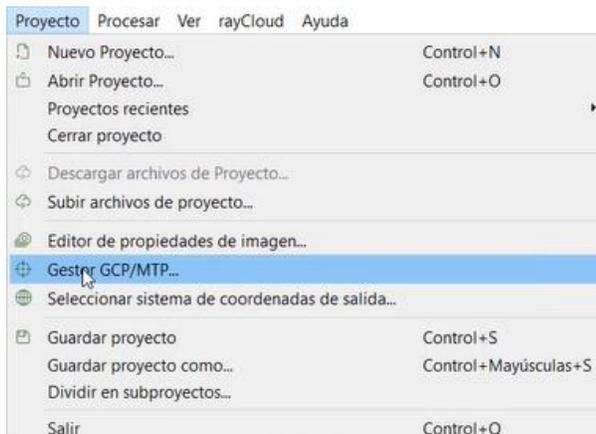


Imagen 4 - 24 Gestor GCP/MPT.

Fuente: Elaboración propia.

- El cuadro de dialogo que aparece nos muestra la información geográfica de cada punto de paso generado. Para añadir los puntos de control tenemos que hacer click en la opción *Importar puntos de apoyo*. Luego tenemos que añadir el orden de las coordenadas que contiene el archivo .txt, y extraer el archivo denominado *SAN ISIDRO*. Después de cargarlo le damos en *Aceptar*.

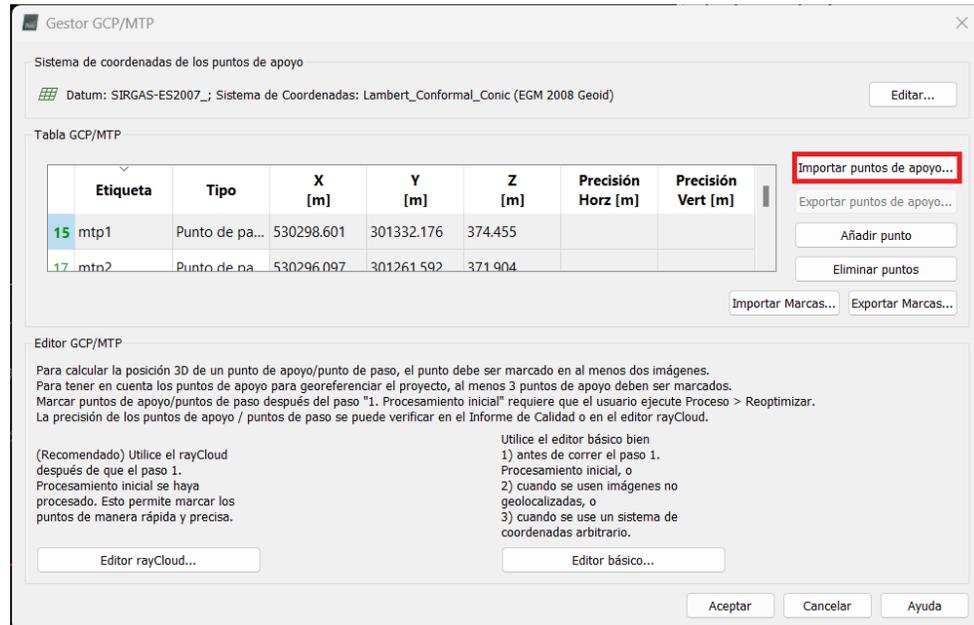


Imagen 4 - 25 Importación de puntos de control fotogramétricos.

Fuente: Elaboración propia.

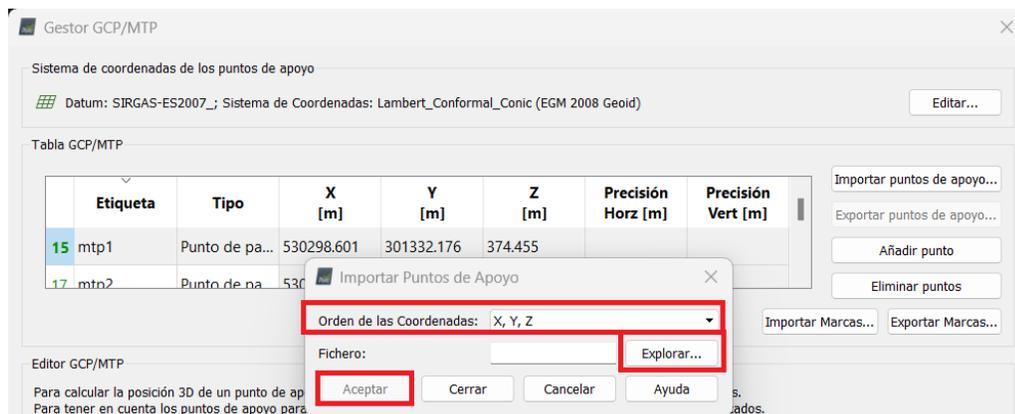


Imagen 4 - 26 Importación de puntos de control fotogramétricos.

Fuente: Elaboración propia.

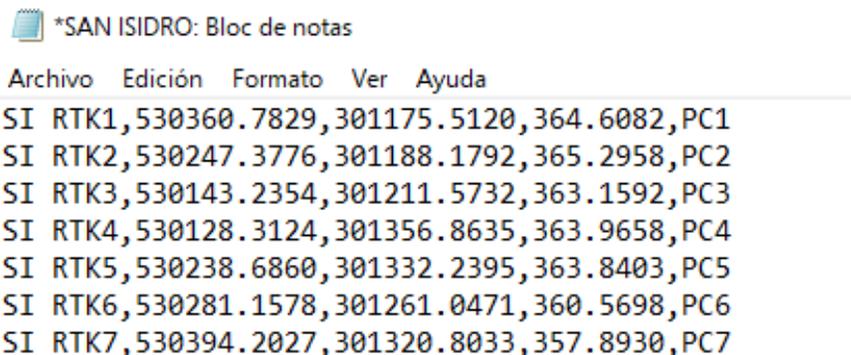


Imagen 4 - 27 Importación de puntos de control fotogramétricos.

Fuente: Elaboración propia.

- Seguidamente se nos mostrará la tabla de *Gestor GCP/MTP*, que en un inicio solamente tenía la información de los puntos de paso, pero esta vez también con la información geográfica de cada punto de control y le damos en *Aceptar*.

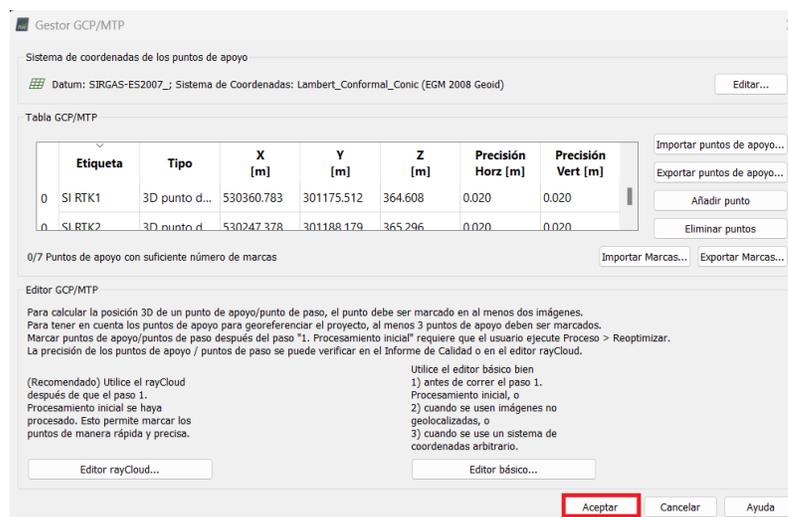


Imagen 4 - 28 Puntos de control añadidos.

Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de control fotogramétricos (PCF) fueron creados automáticamente, sin embargo, cada uno de los PCF deberán ser marcados en cada fotografía que los contenga, es decir, vamos a hacer el mismo procedimiento de enfocar y marcar como se hizo para los puntos de paso. Lo anterior se hace para darle posición corregida a cada PCF en la nube de puntos porque como se ha venido explicando el vuelo fotogramétrico trabajó con coordenadas de navegación y esta información de posición tiene un error considerable, el cual puede ser reducido a precisiones centimétricas o milimétricas dependiendo de la técnica de medición GPS empleada.

Por ejemplo, el error generado por las coordenados de navegación con respecto a la posición real del objeto de interés puede verse así:

- La posición geográfica del centro geométrico de la diana (lona de color blanco y negro) cae sobre la marca circular de color azul a unos metros de ella debido a la medición con coordenadas de navegación.

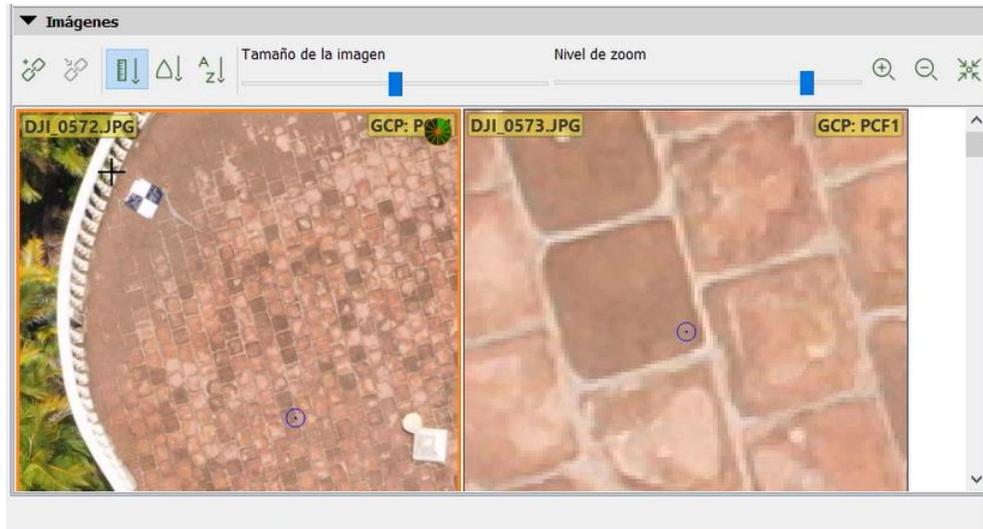


Imagen 4 - 29 Coordenada de navegación con respecto al punto de interés.

Fuente: Ejemplo de clase del curso de especialización.

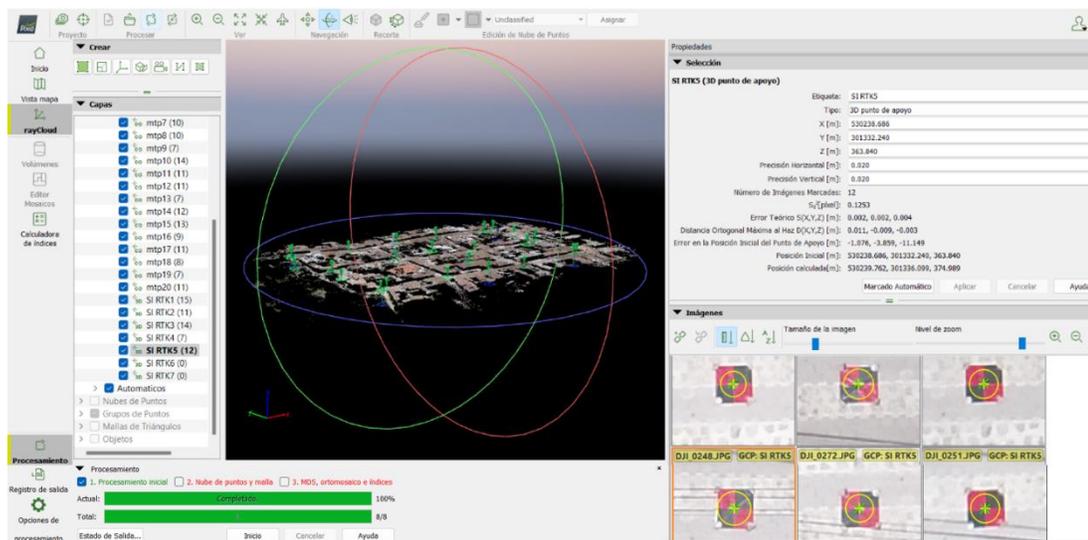


Imagen 4 - 30 Enfocar y marcar puntos de control sobre las fotografías.

Fuente: Elaboración propia.

- Inmediatamente después de haber marcado todos los PCF tenemos que reemparejar los resultados como se hizo con los puntos de paso. Como resultado obtendremos la nube de puntos georreferenciada adecuadamente y un informe de calidad de los procesos realizados hasta este punto.

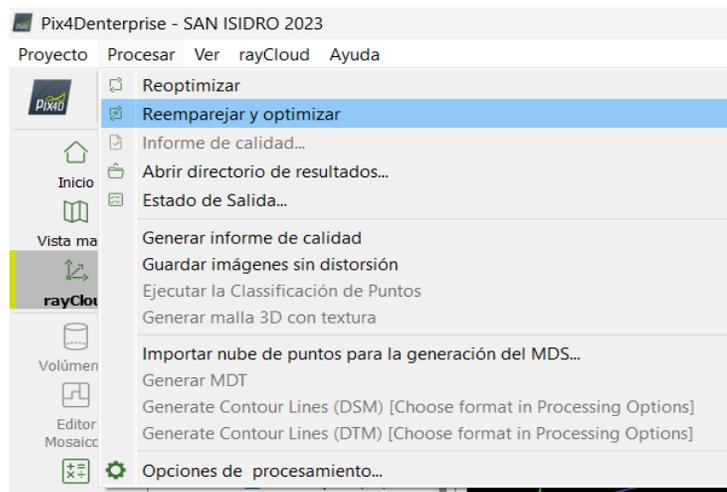


Imagen 4 - 31 Reemparejar y optimizar PCF.

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Paso 2: Nube de Puntos y Malla.

Esta etapa se produce después del procesamiento inicial y se centra en la creación de una representación tridimensional más detallada de la superficie y los objetos en la escena. En esta etapa, se toma la nube de puntos generada durante el procesamiento inicial y se realiza un refinamiento. Esto implica eliminar ruido, corregir imperfecciones y, en general, mejorar la precisión y calidad de la nube de puntos.

A partir de la nube de puntos refinada, se crea una malla 3D. La malla 3D es una superficie tridimensional formada por triángulos o cuadriláteros que se ajustan a la topografía y la forma de los objetos capturados en las imágenes. Esta malla puede ser texturizada con las imágenes originales, lo que la hace visualmente más atractiva y útil para la interpretación visual.

La combinación de la malla 3D y las texturas de las imágenes crea modelos 3D realistas de la escena. Estos modelos pueden ser explorados y visualizados desde diferentes ángulos, lo que permite una representación precisa y detallada del terreno y los objetos capturados.

Después de añadir los puntos de paso y los puntos de control fotogramétricos podemos realizar el procesamiento del paso número dos. Para ejecutarlo se hace lo siguiente:

- Tenemos que desmarcar la opción de *Procesamiento inicial* y marcar solamente la que diga *Nube de puntos y malla*.

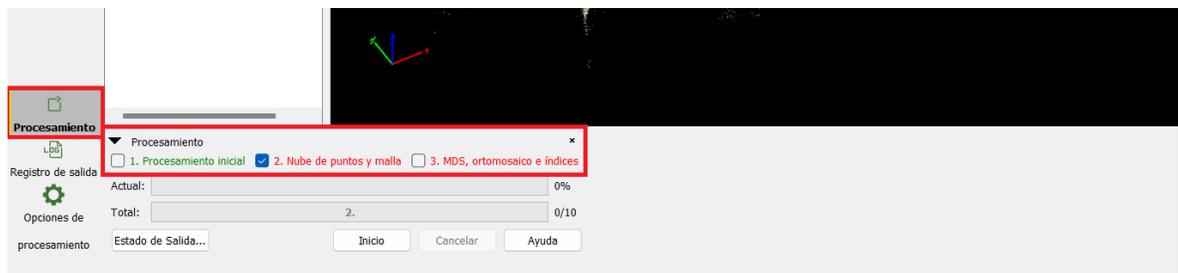


Imagen 4 - 32 Procesamiento de la nube de puntos.

Fuente: Elaboración propia.

- Luego damos click en *Opciones de procesamiento* y verificamos que solamente la opción *Nube de puntos y malla* esté seleccionada. En la pestaña de *Nube de puntos* se nos mostraran parámetros referentes a calidad de densificación de puntos, escala de imagen, clasificación de nube de puntos en donde esta última nos arrojará una clasificación haciendo referencia a la vegetación, superficie de rodamiento, objetos creados por el ser humano, edificaciones, entre otras. Se recomienda aplicar los parámetros definidos en la siguiente imagen:

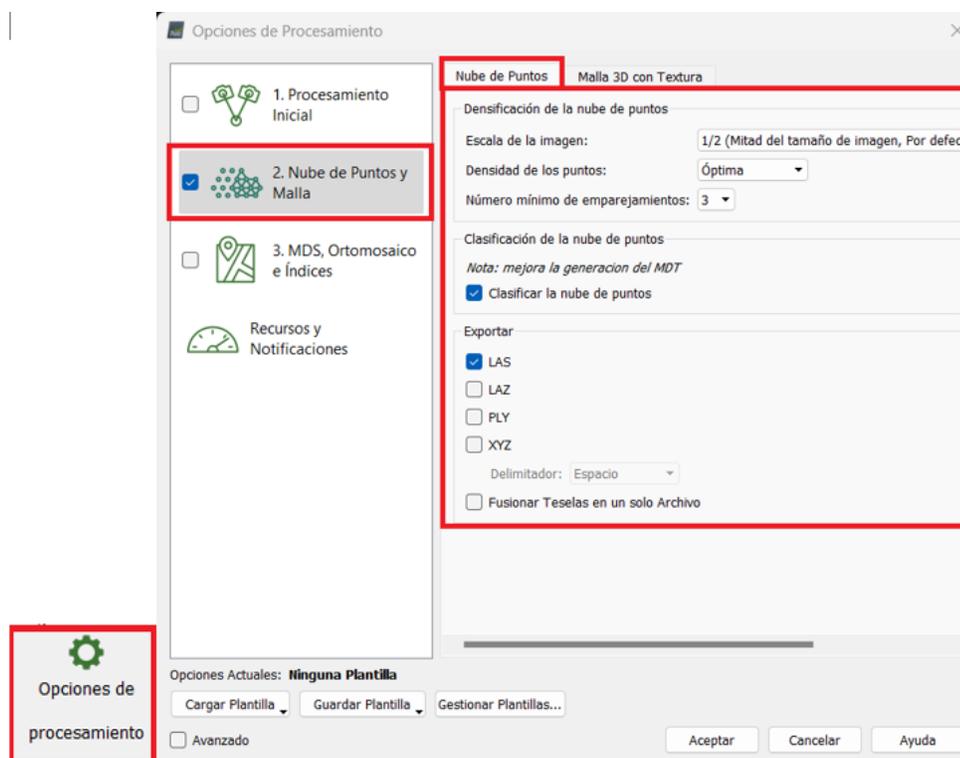


Imagen 4 - 33 Configuración de opciones para el procesamiento de la nube de puntos.

Fuente: Elaboración propia.

- En la pestaña denominada *Malla 3D con textura* definiremos los parámetros como se muestra en la siguiente imagen, y al finalizar le damos click en *Aceptar* y en *Inicio* para ejecutar el procesamiento.

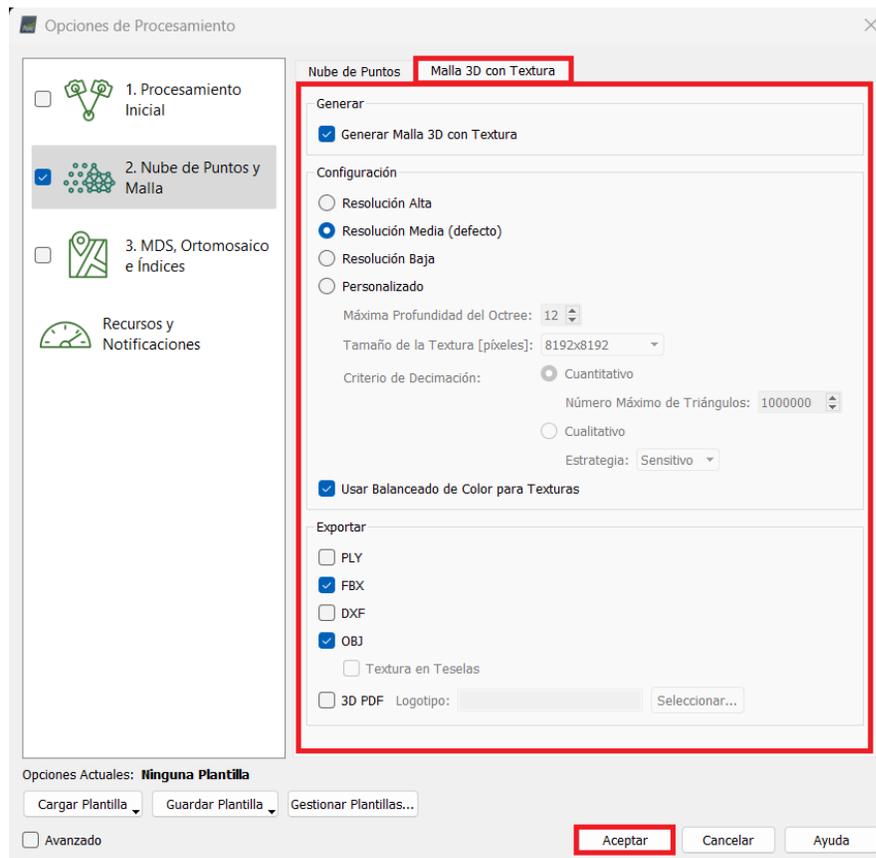


Imagen 4 - 34 Configuración de opciones para el procesamiento de la malla 3D.

Fuente: Elaboración propia.

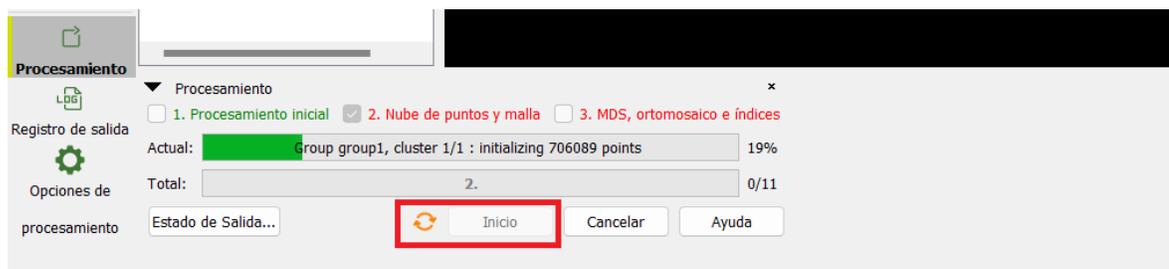


Imagen 4 - 35 Inicio del procesamiento de la nube de puntos y malla 3D.

Fuente: Elaboración propia.

- Al finalizar la densificación de la nube de puntos y el texturizado de la malla 3D, el software nos entregará un informe de calidad de todos los procesos realizados hasta este punto, en el cual podemos analizar nuevos parámetros como el error medio cuadrático y que a partir de él podamos determinar si el procesamiento cumple con ciertas normas de precisión. También vamos a poder observar un análisis estadístico de la precisión de cada punto de paso y los puntos de control fotogramétricos junto con la cantidad de fotografías a las cuales fueron asociados cada uno. Además de esto, en la pestaña de *Capas* se habilitarán las opciones de *Nube de puntos*, *Grupo de puntos* y sus propiedades, y la *Malla de triángulos*.

El procesamiento de nuestro proyecto tuvo un error medio cuadrático (RMS) de un centímetro, error relativamente aceptable para la magnitud e importancia del proyecto desarrollado, considerando que se utilizó la técnica de medición RTK para posicionar puntos con coordenadas conocidas y que esta técnica produce entre uno y tres centímetros de error.

Summary



Project	SAN ISIDRO 2023
Processed	2023-09-21 22:52:37
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.57 cm / 0.62 in
Area Covered	0.084 km ² / 8.4220 ha / 0.03 sq. mi. / 20.8220 acres

Quality Check



Images	median of 73626 keypoints per image	
Dataset	194 out of 194 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	0.06% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 30711.6 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.01 m	

Imagen 4 - 36 Informe de calidad.

Fuente: Elaboración propia.

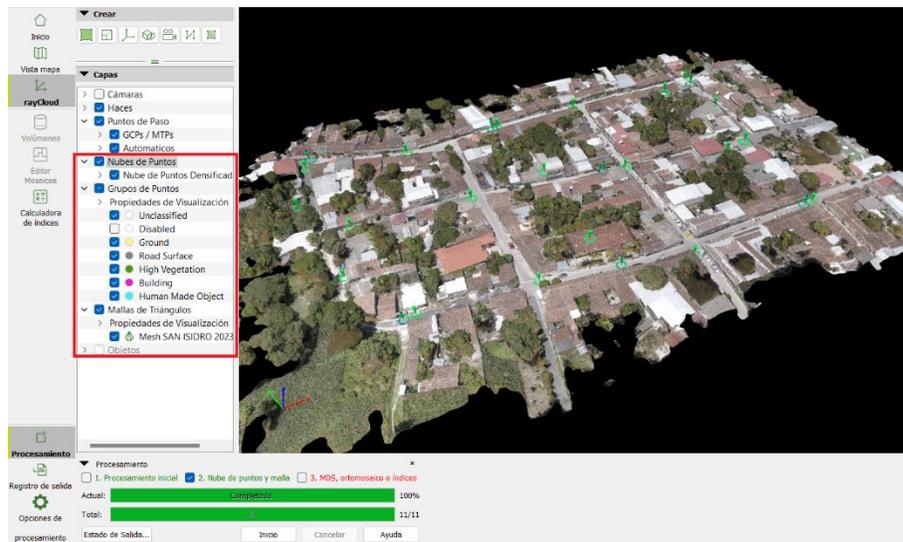


Imagen 4 - 37 Capas derivadas del procesamiento de la nube de puntos y malla 3D.

Fuente: Elaboración propia.

- Resultado del procesamiento inicial:

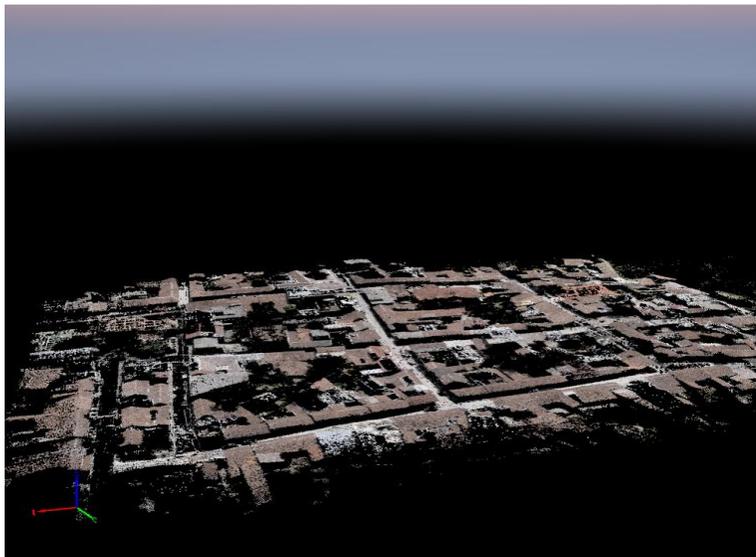


Imagen 4 - 38 Nube de puntos dispersa.

Fuente: Elaboración propia.

- Resultado del procesamiento de la nube de puntos y malla 3D:



Imagen 4 - 39 Nube de puntos densificada.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Paso 3: MDS, Ortomosaico e Índices.

Seguidamente después de culminar el proceso de densificación de la nube de puntos vamos a trabajar con la última opción de la pestaña *Procesamiento*, denominada *MDS, ortomosaico e índices*, con el objetivo de que el software nos genere los modelos digitales tanto del terreno, así como el de superficie y la ortofoto y que nos permita exportarlos para los futuros trabajos que se tengan que realizar con cada producto derivado. Este último procesamiento se hace de la siguiente manera:

- Mantenemos seleccionada solamente la opción de *MDS, ortomosaico e índices* y nos vamos a *Opciones de procesamiento* para analizar los parámetros correspondientes.

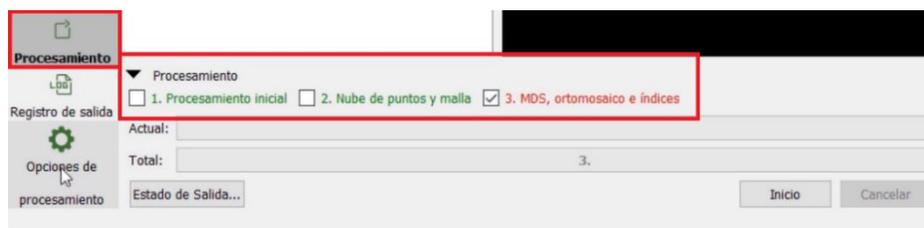


Imagen 4 - 40 Procesamiento de MDS, ortomosaico e índices.

Fuente: Elaboración propia.

- En la primera pestaña de *Opciones de procesamiento*, denominada *MDS* y *Ortomosaico*, definiremos los siguientes parámetros tal como se muestra en la siguiente imagen con el objetivo de generar el modelo digital de superficie y el ortomosaico:

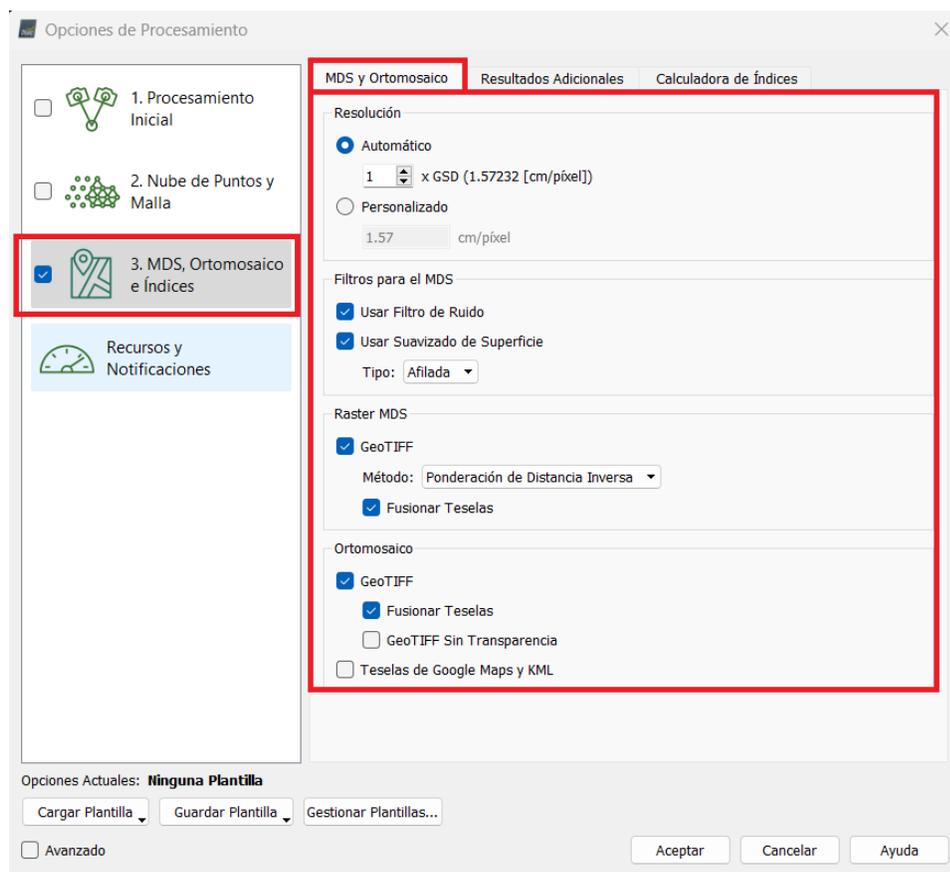


Imagen 4 - 41 Configuración de opciones de la pestaña de MDS y Ortomosaico.

Fuente: Elaboración propia.

- Para la segunda pestaña, denominada *Resultados Adicionales*, vamos a considerar los parámetros seleccionados que se muestran en la siguiente imagen para generar el modelo digital del terreno y las respectivas curvas de nivel del área del levantamiento fotogramétrico. En la última pestaña de *Calculadora de Índices* dejamos las opciones que nos aparecen por defecto y damos click en *Aceptar*. Finalmente hacemos click en *Inicio* para que el procesamiento de los modelos digitales y de la ortofoto se empiece a ejecutar.

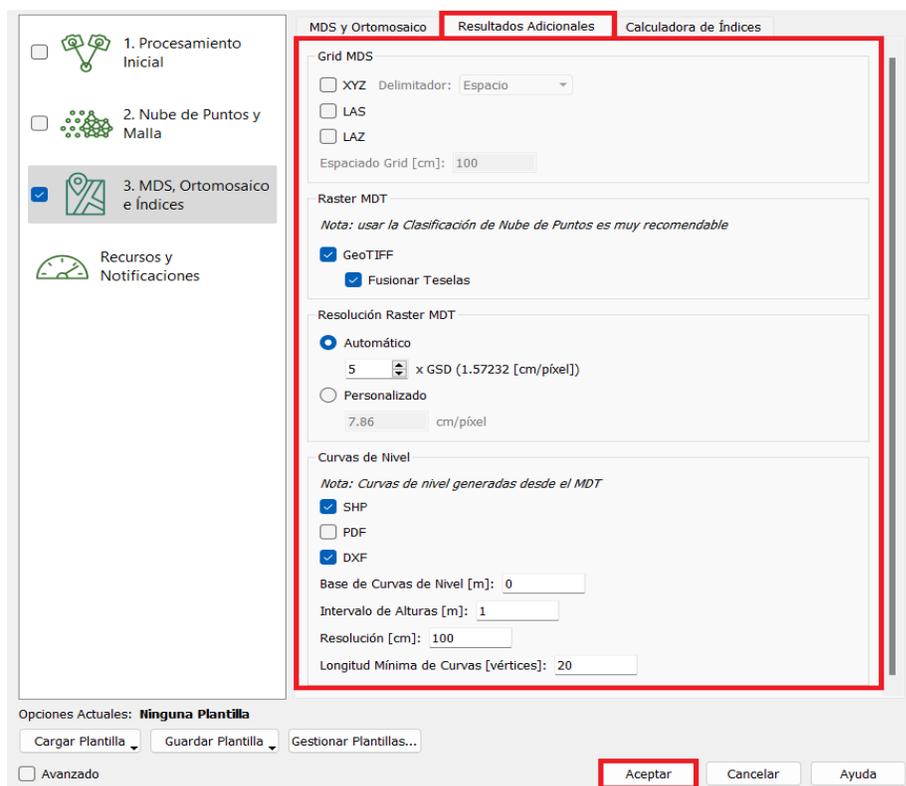


Imagen 4 - 42 Configuración de opciones de la pestaña *Resultados Adicionales*.

Fuente: *Elaboración propia*.

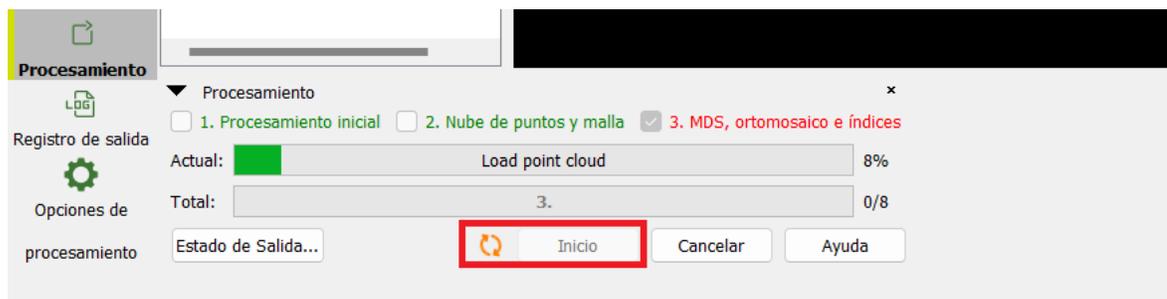


Imagen 4 - 43 Inicio del procesamiento del MDS, ortomosaico e índices.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los productos resultantes de las tres fases del procesamiento realizado en el software PIX4D MAPPER:

Con la ayuda de la siguiente opción que se muestra seleccionada se despliega un menú conteniendo los tres productos, por lo tanto, si queremos observar uno de los modelos solamente desplegamos el menú y lo seleccionamos.

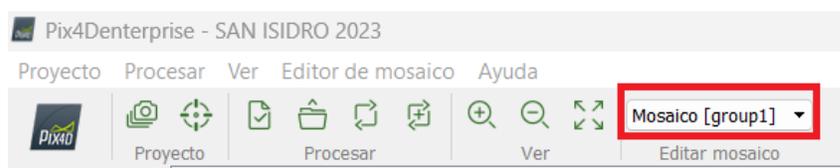


Imagen 4 - 44 Menú de productos resultantes del procesamiento del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

- Ortofoto:



Imagen 4 - 45 Ortofoto.

Fuente: Elaboración propia.

- Modelo digital de superficie:

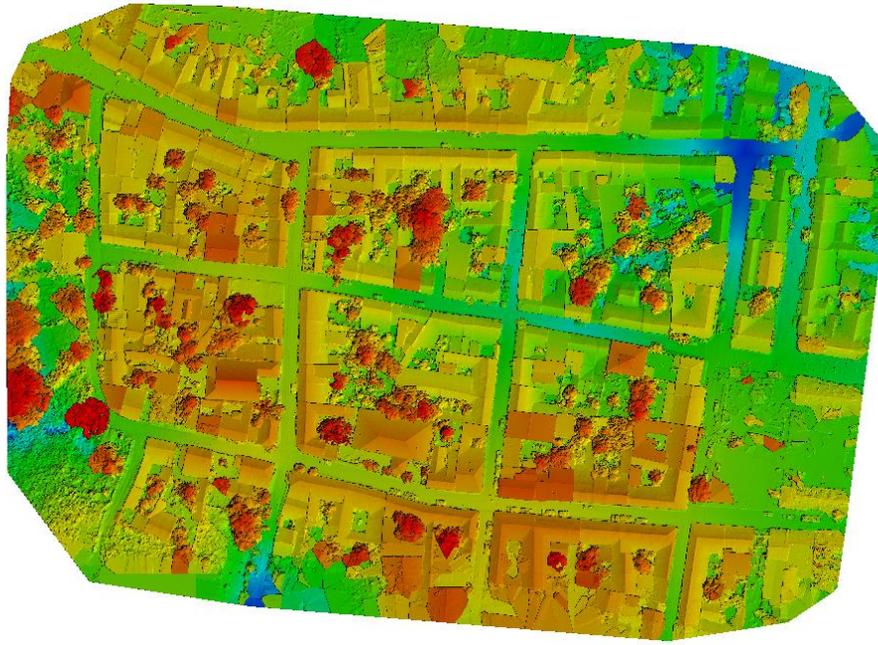


Imagen 4 - 46 Modelo digital de superficie.

Fuente: Elaboración propia.

- Modelo digital del terreno:

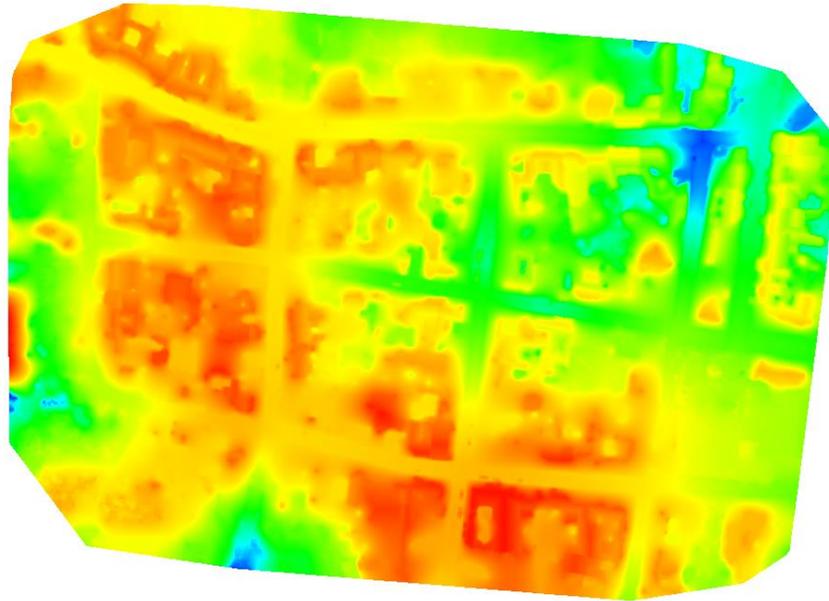


Imagen 4 - 47 Modelo digital del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V: RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA DE LA ORTOFOTO.

5.1 ¿En qué consiste una Restitución?

La Restitución Fotogramétrica es el procedimiento empleado para extraer detalles cartográficos de aerofotografías, imágenes de satélite y de otras fuentes de información para la preparación de un mapa nuevo o actualizado. La restitución fotogramétrica, es la última etapa dentro del trabajo en fotogrametría. En ella se junta todo el trabajo anterior (vuelo y apoyo) para trazar los mapas propiamente dichos.

El plano a escala obtenida de una fotografía aérea, permite visualizar información detallada de muros, construcciones, topografía, vegetación, ríos, mobiliario urbano, etc; dando inicio con la transformación de la proyección cónica de una fotografía aérea a una proyección ortogonal en un plano. En este proceso se transfiere toda la información planimétrica y altimétrica que contiene una fotografía aérea a un plano a escala. La restitución obtenida constituye una base de datos cartográfica, ya que se grafica en una proyección cartográfica.

5.2 Procesamiento del Ortomosaico en Civil 3D.

¿Qué es Civil 3D?

Civil 3D es un Software de computadora desarrollado, actualizado y comercializado por la empresa Autodesk; es muy útil para el diseño y generación

de planos especializado específicamente en los proyectos de movimientos de tierras, topografía, redes de tubería y toda obra de infraestructura.

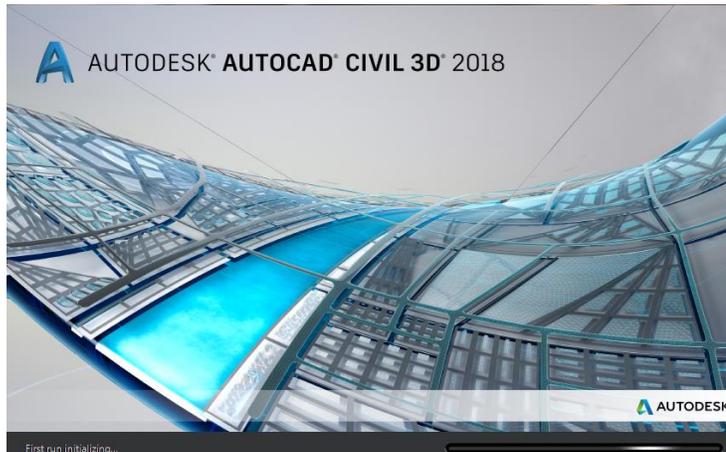


Imagen 5 - 1 Interfaz de Civil 3D

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Aplicaciones de Civil 3D.

- ✓ Herramientas de diseño de emplazamientos.

Gestiona objetos (parcelas, alineaciones, explanaciones y líneas características) con una topología común en una colección de emplazamientos.

- ✓ Herramientas de topografía.

Agiliza la descarga, la creación, el análisis y los ajustes de datos topográficos capturados sobre el terreno.

- ✓ Flujo de trabajo del terreno hasta el final.
Procesa de forma más eficaz los datos topográficos capturados sobre el terreno para crear un mapa base inteligente en Civil 3D.
- ✓ Modelado geotécnico.
Visualiza y analiza datos geotécnicos y, a continuación, utiliza esos datos directamente en el modelo de diseño de Civil 3D.
- ✓ Herramientas de explanación.
Las herramientas y los comandos de explanación facilitan el diseño eficiente de las superficies de rasante.

Civil 3D ofrece una enorme gama de procesamiento de datos para ser utilizados como levantamientos topográficos, facilitando y actualizando toda la información requerida por el usuario.

Como herramienta de procesamiento para el ortomosaico generado por el software de PIX4D MAPPER, Civil 3D es un complemento para tener un plano catastral georrefenciado y bien delimitado de los bloques que fueron sometidos al levantamiento, permitiendo la actualización de los lotes, para posteriormente trabajarlos y poder hacer su respectivo registro catastral para la Alcaldía de San Isidro departamento de Cabañas.

5.2.2 Exportación del Ortomosaico a Civil 3D.

1. Para poder trabajar el ortomosaico generado en PIX4D, debemos importarlo a CIVIL 3D, entramos a la interfaz del programa y se presenta la siguiente ventana.

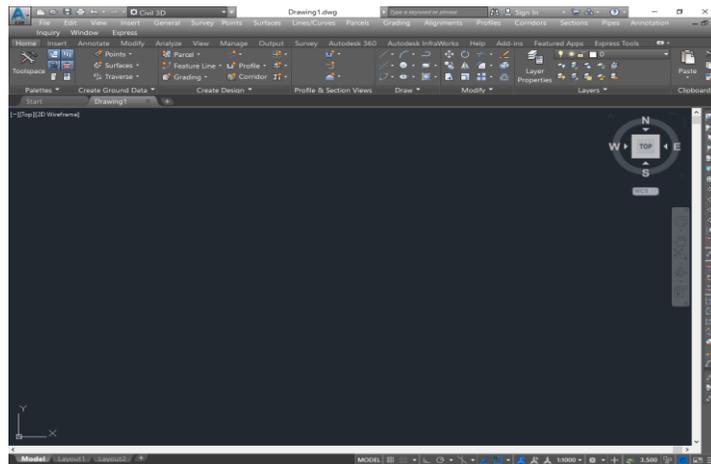


Imagen 5 - 2 Interfaz de CIVIL 3D

Fuente: Elaboración propia.

2. En la parte superior de la barra de herramientas damos click en la opción Planificación y análisis.

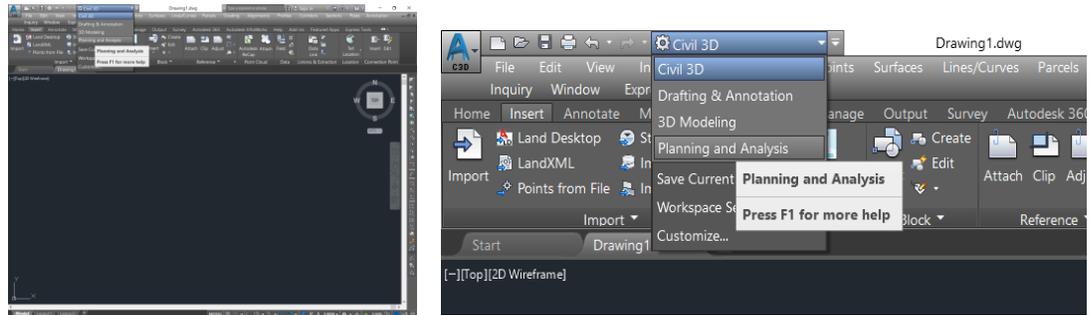


Imagen 5 - 3 Ventana de planificación y análisis

Fuente: Elaboración propia.

3. Continuamos en la pestaña insertar, dando click en “IMAGEN”, se abrirá una ventana que contiene diferentes opciones de extensiones para subir imágenes, para el caso de nuestro archivo ocuparemos “todas las imágenes” y buscamos la imagen del ortomosaico.

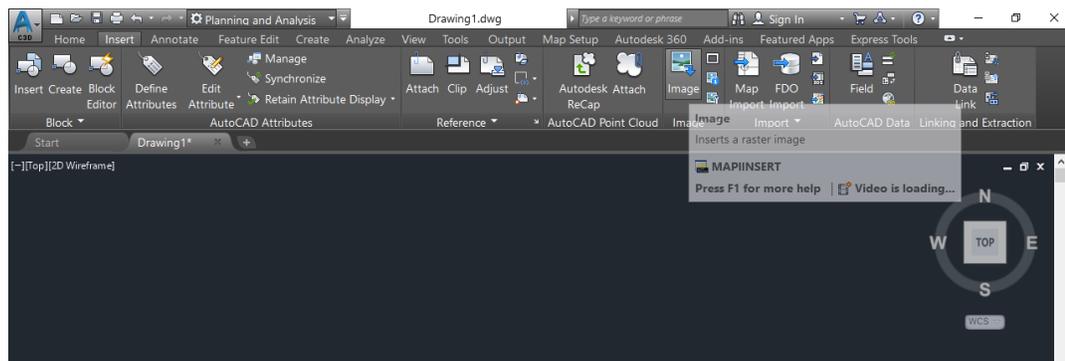


Imagen 5 - 4 Menú para insertar ortomosaico

Fuente: Elaboración propia.

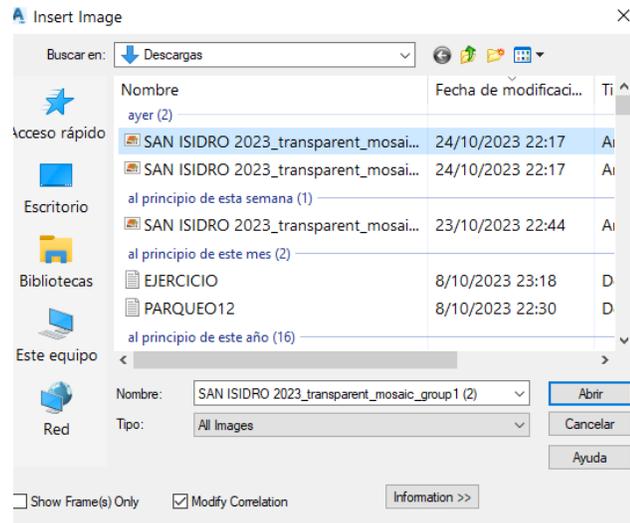


Imagen 5 - 5 Ventana para insertar ortomosaico “San Isidro”

Fuente: Elaboración propia.

4. A continuación, se desplegará una ventana con parámetros relacionados con el levantamiento realizado y se dejan por defecto, aplicamos y damos “ok”.

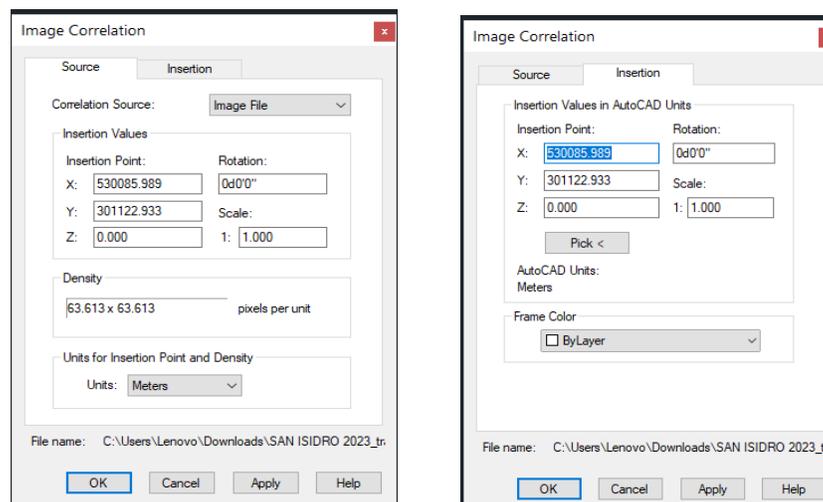


Imagen 5 - 6 Parámetros relacionados al levantamiento “San Isidro”

Fuente: Elaboración propia.

5. Se presenta la imagen de nuestro levantamiento en CIVIL 3D, lista para ser trabajada.

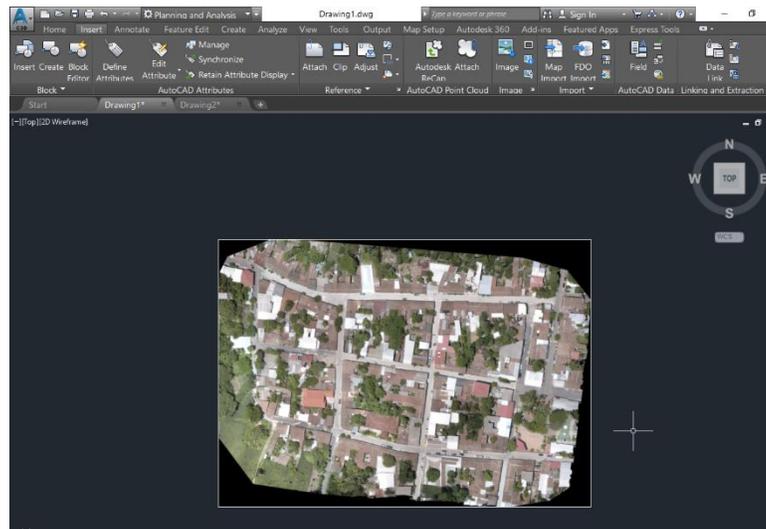


Imagen 5 - 7 Ortomosaico del levantamiento "San Isidro"

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Creación de plano catastral en Civil 3D.

1. Posteriormente de cargar el ortomosaico en CIVIL 3D, se vectoriza la imagen para generar la delimitación de cada una de las propiedades y así obtener un plano catastral del área de interés.



Imagen 5 - 8 Ortomosaico del levantamiento "San Isidro"

Fuente: Elaboración propia.

2. Luego de dibujar sobre la imagen tomando como referencia el área marcada por techos y muros hasta obtener el plano catastral, se hace una corrección con las mediciones que se detallan en el capítulo 3.5, para generar de forma precisa las delimitaciones de los lotes según sus paredes perimetrales.

Además, se agrega el nombre del propietario de cada lote, sus colindantes y se utiliza una numeración definida por el grupo de trabajo para identificar cada propiedad. Todo esto se hace con el objetivo de definir registros legales como descripciones técnicas y también para generar una base de datos catastral.



Imagen 5 - 9 Construcción del plano catastral de "San Isidro"

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5 - 10 Construcción del plano catastral de "San Isidro"

Fuente: Elaboración propia.

- Luego, podemos hacer una comprobación del levantamiento realizado y trazado mediante el programa Global Mapper, lo primero que se debe hacer es convertir el archivo “.dwg” a un archivo “.kmz” de tipo vector para después cargarlo en Google Earth.

✓ Ingresar el sistema de Referencia SIRGAS 2007.

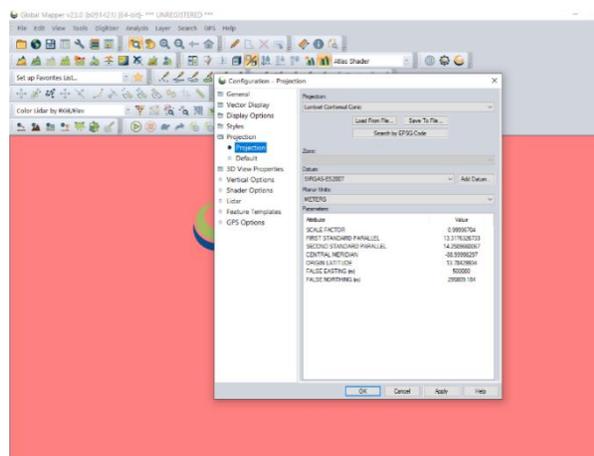


Imagen 5 - 11 Sistema de referencia SIRGAS-ES2007

Fuente: Elaboración propia.

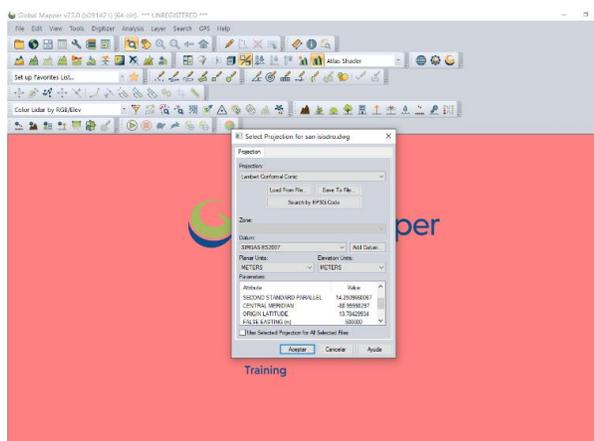


Imagen 5 - 12 Sistema de referencia SIRGAS-ES2007

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Cargar el archivo DWG con la ortofoto trazada.

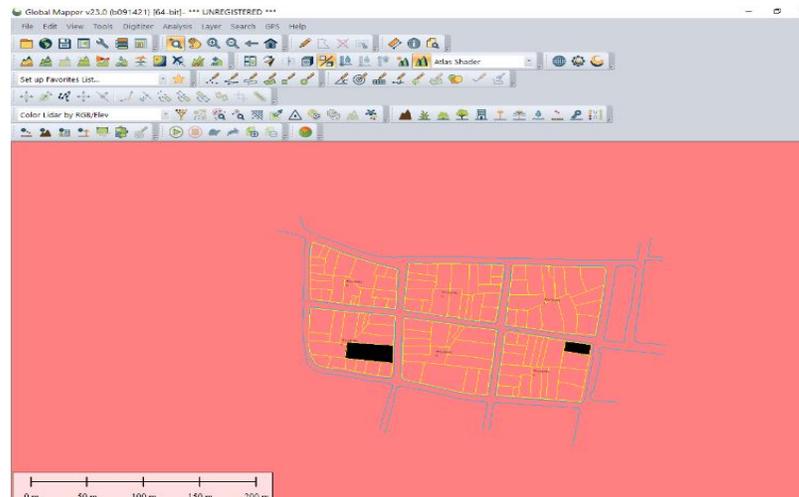


Imagen 5 - 13 Levantamiento de San Isidro cargado en GLOBAL MAPPER

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Exportar el archivo en un formato KMZ.

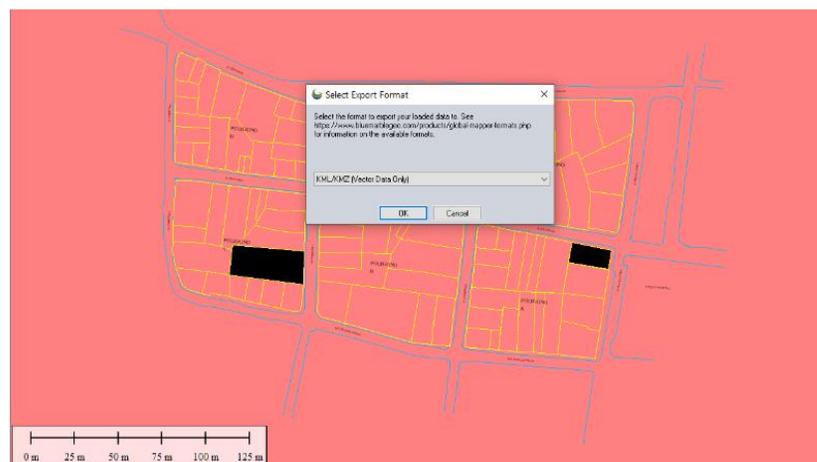


Imagen 5 - 14 Exportar documento a KMZ

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Cargar el documento KMZ en Google Earth.

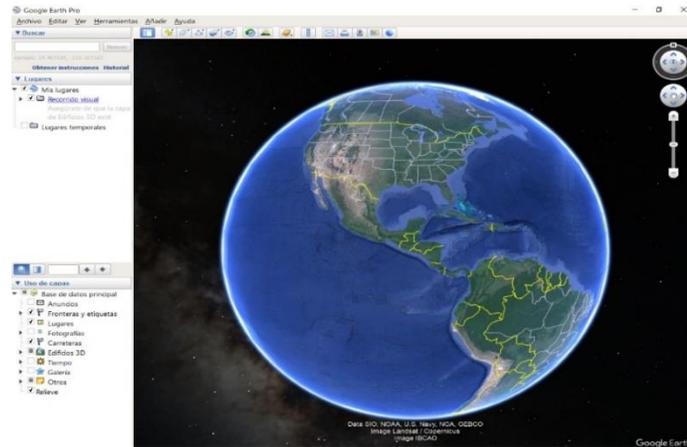


Imagen 5 - 15 Interfaz de Google Earth.

Fuente: Elaboración propia.

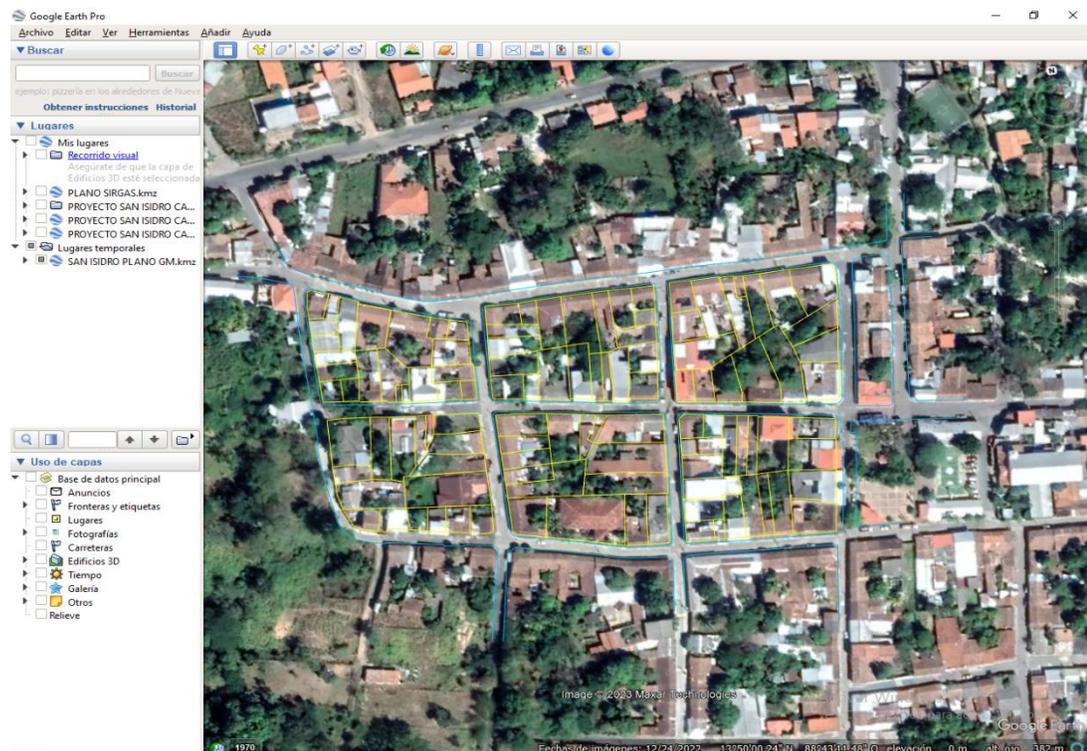


Imagen 5 - 16 Ortofoto procesada sobre la plataforma de Google Earth.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO VI: PROCESAMIENTO DE DATOS EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

6.1 Fundamentos teóricos respecto a QGIS.

6.1.1 Sistema de información geográfico.

Los Sistemas de Información Geográfico (SIG). Es una tecnología que cada vez cuenta con mayor éxito y popularidad en muchas actividades. En parte, este crecimiento en conocimiento y uso en diversas áreas se debe al avance y acceso del software y hardware que permite a los usuarios aplicar y apoyar sus decisiones basadas en información espacial. Los sistemas de posicionamiento global (GPS), los servicios Web de geolocalizaciones, consultas de direcciones, mapeo de tráfico vial, consulta de la ruta más eficiente para recorrer una serie de puntos de interés, entre otras posibilidades, son ejemplos de popularización de estas tecnologías en los últimos años. La tecnología SIG actual ofrece la oportunidad para almacenar, manejar, visualizar y analizar grandes volúmenes de datos temporales y geográficos, potencial que ofrece un nuevo conocimiento significativo para ciencia en Historia, ya que permite extraer información, explorar e identificar patrones dinámicos integrando la dimensión tiempo y la localización.

Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) se han desarrollado paralelos a las técnicas aplicadas al cartografiado y análisis espacial. Estos sistemas han estado demandados por distintas áreas del conocimiento que tienen muchas coincidencias en sus bases. Así, se pueden citar como núcleo de interrelación a

la topografía, cartografía temática, geografía, ingeniería civil, planificación rural y urbana, edafología, inventariado, fotogrametría, etc. Las últimas incorporaciones han sido la utilización de las redes informáticas, los sensores remotos y el análisis de la imagen Satélite. También no hay que olvidarnos que en las últimas décadas las tecnologías de la información y la comunicación (habitualmente suelen identificarse con las siglas TICs) porque vienen revolucionado el desarrollo, implementación, almacenamiento y distribución de la información mediante la utilización de diferentes medios.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como bases de datos geográficas, han evolucionado rápidamente ligados al crecimiento de las tecnologías de la información, ofreciendo e integrando cada vez más aplicaciones técnicas para la gestión y procesamiento de los datos espaciales en el software.

Esto, sintéticamente quiere decir que los GIS tienen como característica principal que el manejo de la información geográfica y alfanumérica se realiza de forma integrada, dentro de un mismo sistema informático, pudiendo abordar de aspectos de alta complejidad relacionando datos de distintos orígenes.



Imagen 6 - 1 Sistema de Información Geográfica.

Fuente: Open Clip Art Library.

6.1.2 Software QGIS.

QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) es el software libre que se utiliza para crear un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android, que consta de un conjunto de aplicaciones con las cuales se pueden crear datos, mapas, modelos, aplicaciones y consultar datos geoespaciales, los datos geoespaciales se refieren a información geográfica de una entidad.

Fue uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo y en 2008 oficialmente superó la fase de incubación. Permite manejar formatos ráster y vectoriales a través de la biblioteca GDAL (GADL/OGR), así como bases de datos. Algunas de sus características son:

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, MapInfo, GRASS GIS, DXF, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos ráster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.).



Imagen 6 - 2 Logo de software QGIS

Fuente: <https://www.qgis.org/es/site/>

6.2 Manejo de información en QGIS.

6.2.1 Descarga, Instalación e Interfaz de QGIS.

- Descarga:

QGIS puede descargarse del sitio oficial tanto para sistemas Windows, Mac OS X, Linux, BSD y Android. En particular se recomienda utilizar versiones LTR (long-term repositories) para entornos de producción.

- Instalación:

Se recomienda seguir las instrucciones de instalación recomendadas en el sitio de QGIS.

- Interfaz:

Una vez instalado, el primer inicio de QGIS nos dar la bienvenida. La apariencia inicial ser semejante a la siguiente:

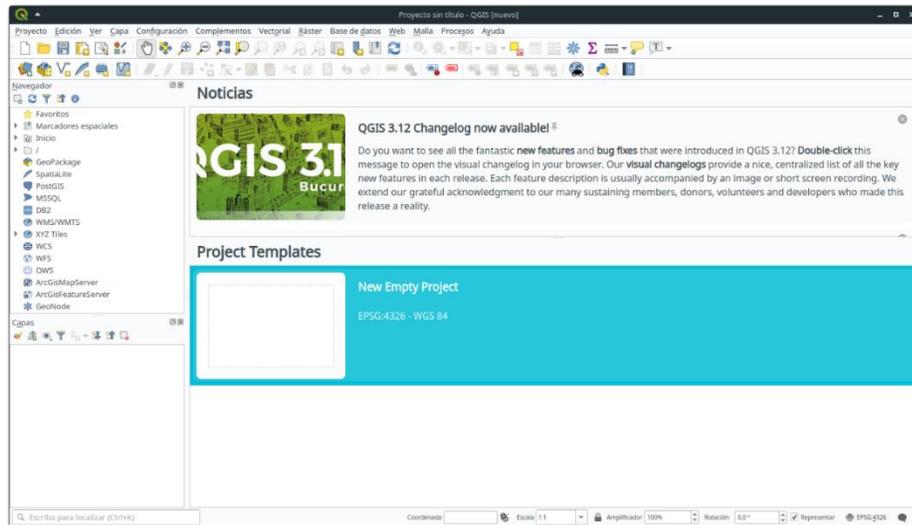


Imagen 6 - 3 QGIS, pantalla inicial.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2 Abrir y guardar el proyecto nuevo.

Lo primero que haremos es guardar un proyecto nuevo. Este proyecto aún no tiene contenido, sin embargo, lo iremos completando a medida se desarrolle el

procesamiento de la información catastral obtenida en las visitas de campo. Para guardar un proyecto nuevo iremos a la barra del menú:

«Proyecto» y seleccionar Guardar como... PROYECTO QGIS SAN ISIDRO. En general, se recomienda guardar el proyecto en una carpeta especial EN //:C, ya que se generarán y agregarán varios archivos. De esta manera nos organizaremos mejor y podremos ubicar los archivos trabajados en la computadora de forma más rápida.

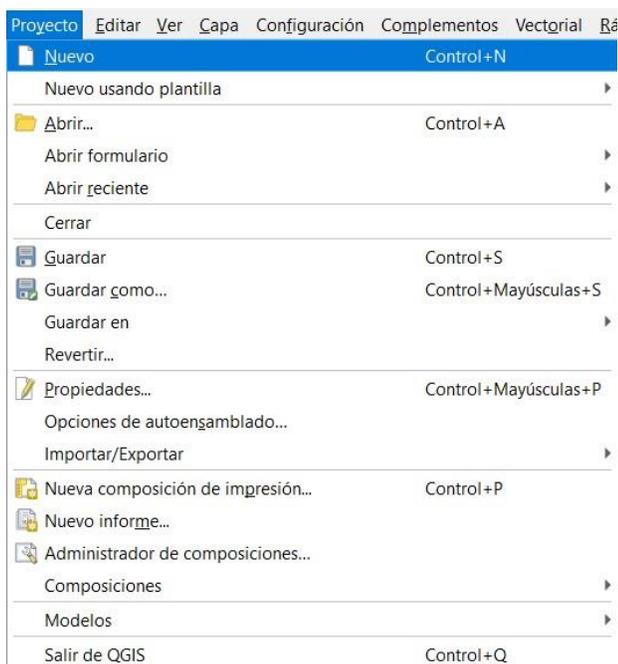


Imagen 6 - 4 QGIS, crear un proyecto nuevo.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.3 Configuración del Sistema de Referencia de Coordenadas.

SRC del Proyecto.

Para trabajar con Coordenadas correctas para la localización de nuestro proyecto debemos establecer el SRC del proyecto, esto se hará de la siguiente manera:

«Proyecto» «Propiedades del proyecto» «SRC» y seleccionar WGS 84 con el ID de la autoridad EPSG:4326.

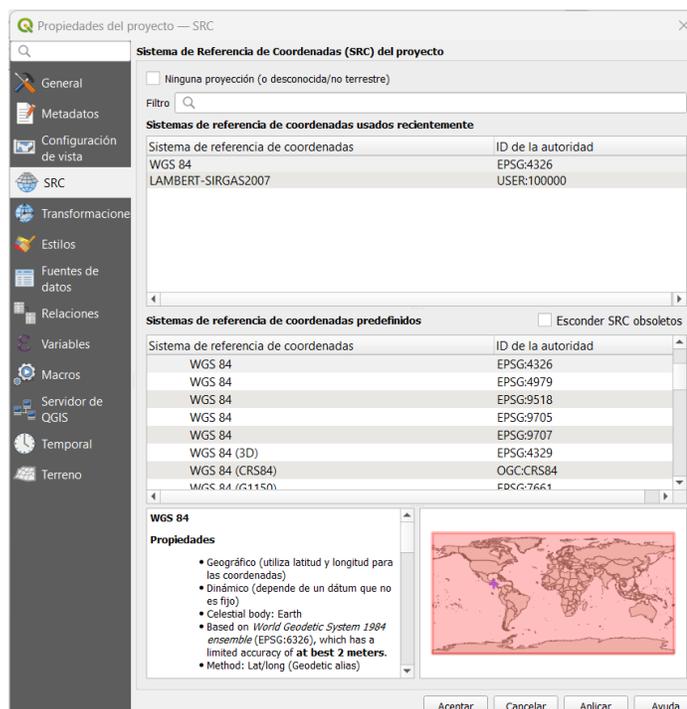


Imagen 6 - 5 Configuración SRC proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.4 SRC para Capas.

Carga de SRC de El Salvador en QGIS.

A continuación, se crea la proyección local LAMBERT SIRGAS-ES2007.

Para cargar el SRC de El Salvador en QGIS nos tenemos que ir al menú «Configuración» y seleccionar la opción «Proyecciones personalizadas...».

En la ventana que se nos abre debemos dar click al símbolo «+», darle un nombre al SRC (en nuestro caso LAMBERT SIRGAS-ES2007), abrimos el archivo PRJ creado en Global Mapper y copiamos el texto en cadena con los parámetros adecuados de nuestro sistema local de referencia, asegurarnos que el formato de introducción es «Proj String».

Definición de sistema de referencia de coordenadas personalizado

Definición

You can define your own custom Coordinate Reference System (CRS) here. The definition must conform to a WKT or Proj string format for specifying a CRS.

Nombre	Parámetros
SIRGAS	PROJCS["Lambert_Conformal_Conic",GEOGCS["GCS_SIRGAS...

Nombre:

Format:

Parámetros:

```
PROJCS["Lambert_Conformal_Conic",GEOGCS["GCS_SIRGASES2007",DATUM["D_SIRGASES2007",SPHEROID["GRS_1980",6378137,298.257222101]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT["Degree",0.017453292519943295]],PROJECTION["Lambert_Conformal_Conic"],PARAMETER["scale_factor",0.99996704],PARAMETER["standard_parallel_1",14.25096601000004],PARAMETER["standard_parallel_2",13.31763267],PARAMETER["central_meridian",-88.99998297000097],PARAMETER["latitude_of_origin",13.78429933999976],PARAMETER["false_easting",500000],PARAMETER["false_northing",
```

Probar

Use los cuadros de texto para probar la definición del SRC que está creando. Introduzca una coordenada donde tanto la lat/long como el resultado transformado sean conocidos (por ejemplo tomándolos de un mapa). Pulse luego el botón Calcular para ver si la definición del SRC que está creando es correcto.

Geográficas / WGS84: Norte Este

SCR de destino:

Calcular

Aceptar Cancelar Ayuda

Imagen 6 - 6 Creación SRC de El Salvador, Lambert Sirgas-Es2007.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.5 Formatos de archivos de un SIG.

Como se explicó anteriormente un SIG trabaja con capas de información, una sobre otra. Esta información es, en general, de dos tipos:

Vectorial: Es información que se define desde el punto de vista geométrico como punto, segmento o polígono. Visualmente este tipo de información en un SIG para nuestro proyecto será una capa de puntos que simbolizan cada uno de los lotes en el mapa, o polígonos que definen o delimiten el área de cada lote. El formato de archivo más difundido desde los años 90's es el shape file, o shape a secas.

Actualmente se recomienda utilizar otros formatos alternativos y más modernos que el shape, como GeoPackage o Bases de Datos espaciales que proveen más funcionalidades e integridad de los datos.

Ráster: El formato ráster no es más que una imagen como lo es una fotografía común y corriente. Es más, podría tratarse de una imagen fotográfica aérea de la ciudad. En general los formatos más difundidos son los GeoTiff, .tiff.

La idea básica es que un SIG apila capas de información territorial, una sobre otra. Gráficamente puede ser como imagen (ráster) o un objeto geométrico (vectorial), donde cada píxel u objeto contiene datos. Es primordial entender que cada capa en un nivel superior cubre a la que esté por debajo, por lo que conviene que las capas de tipo ráster se coloquen siempre por debajo de las vectoriales, siempre y cuando el caso no amerite lo contrario (con transparencia, por ejemplo).

6.2.6 Añadir archivos ráster del proyecto.

Básicamente una capa ráster es una imagen digital georreferenciada representada en una matriz o malla (pixel), como una imagen satelital o aérea. Añadir el Ortomosaico generado por el procesamiento de fotos tomadas por el dron, será de ayuda base para saber sobre el área que se está guardado la información y su correcta georreferenciación.

Para agregar la capa ráster del Ortomosaico desde nuestro equipo a nuestro proyecto podemos:

«Capa» «Añadir capa» Añadir capa ráster»

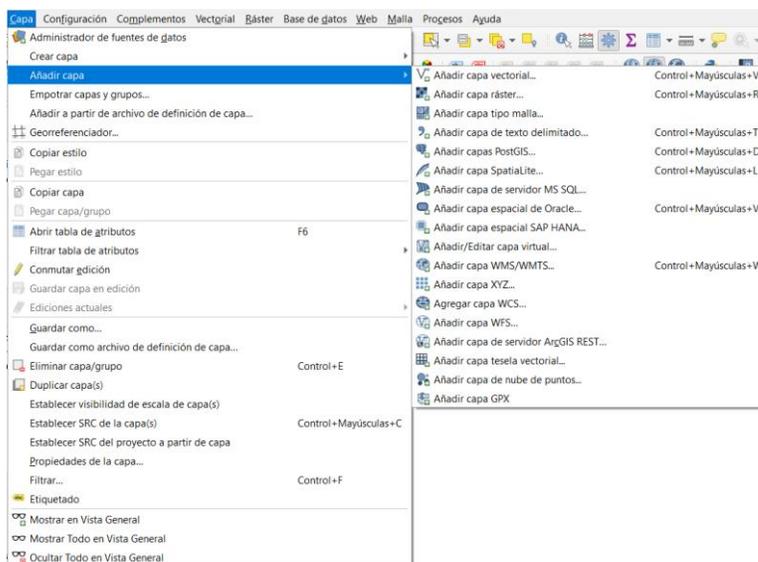


Imagen 6 - 7 Añadir capas ráster, QGIS.

Fuente: Elaboración Propia.

Luego buscaremos la ubicación del archivo donde se guardó el proyecto de procesamiento del Pix4DMapper que para nuestro proyecto tiene la siguiente ruta:

C:\PROYECTO SAN ISIDRO\SAN ISIDRO 2023\3_dsm_ortho:

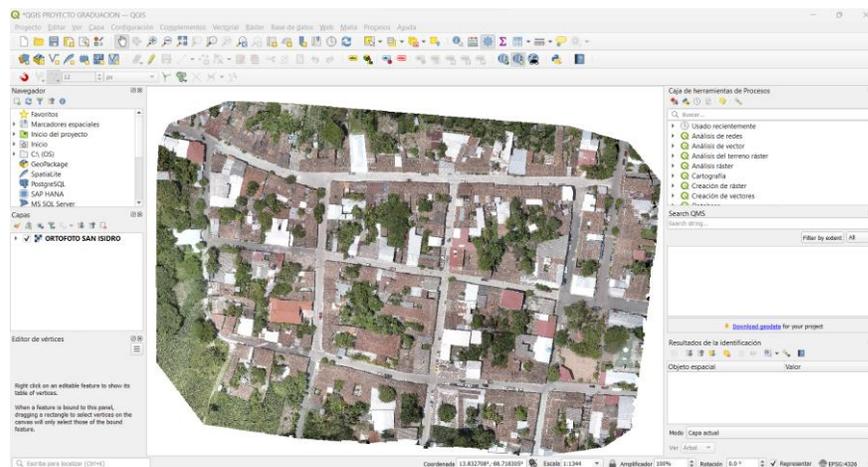


Imagen 6 - 8 Ortofoto cargada como capa ráster, QGIS.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez cargado el archivo, nos dirigimos hacia el panel de capas, damos click derecho sobre la capa de la ortofoto, luego «SRC de capa» y seleccionamos el SRC local creado para EL Salvador.

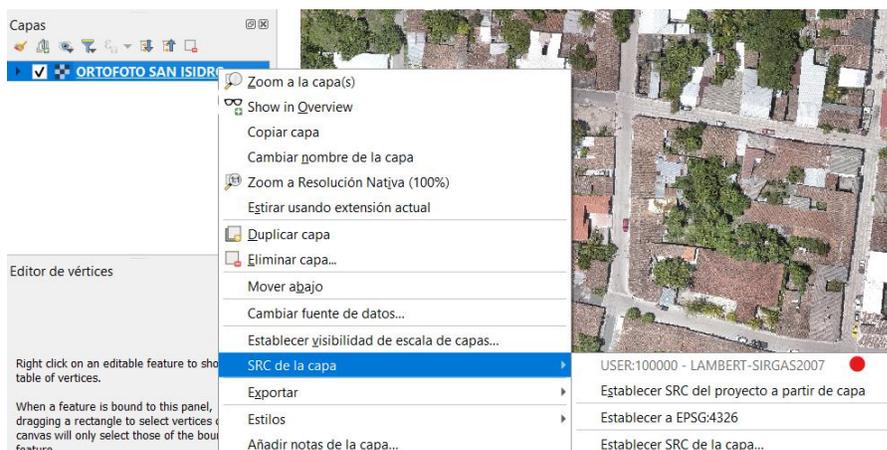


Imagen 6 - 9 Transformar capa a SRC Lambert Sirgas-ES2007.

Fuente: Elaboración Propia.

Con esto se logrará asociar nuestro proyecto al Sistema de Coordenadas Local, LAMBERT SIRGAS-ES2007.

6.2.7 Crear archivos vectoriales del proyecto.

Una vez creado el plano de restitución, podrá subirse a QGIS la capa vectorial para observar la delimitación de las lotificaciones y calles del proyecto.

En AutoCAD nos aseguraremos de limpiar el plano de cualquier otro objeto espacial que no sean líneas, una vez obtenido este parte del plano lo guardaremos como archivo de extensión .DXF y no .dwg como acostumbramos a guardar los archivos de planos.

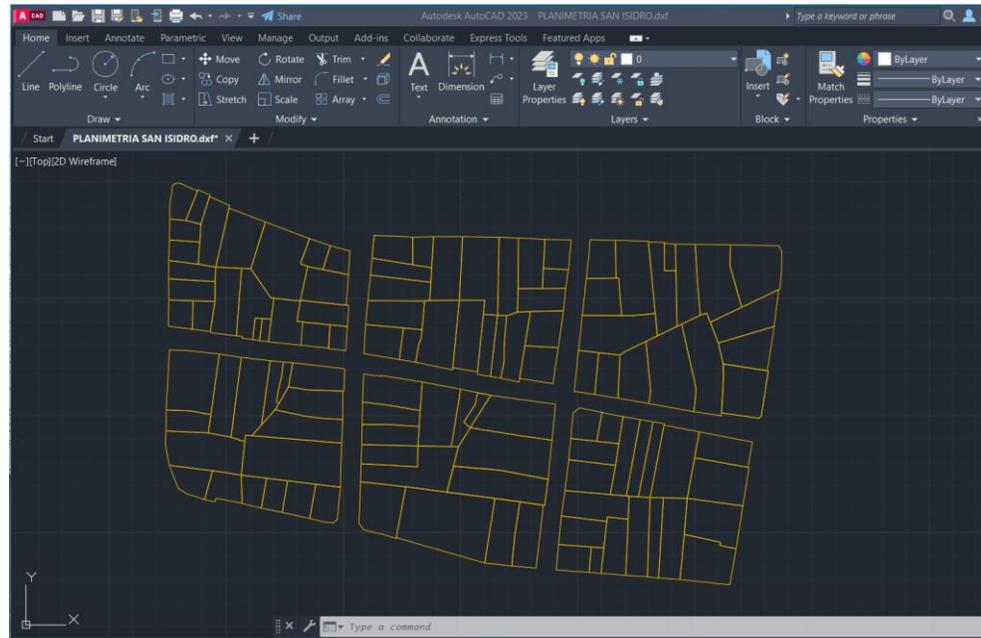


Imagen 6 - 10 Archivo de CAD con división de lotes del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

Para guardar el archivo en una extensión compatible con QGIS seguiremos los pasos que se mencionan a continuación:

«Logo AutoCAD (archivo)» «Guardar como» seleccione la ruta en la que guardará el archivo, escoja un nombre, nuestro proyecto es PLANIMETRIA SAN ISIDRO y en files of type, cambiamos a .dxf, y guardamos.

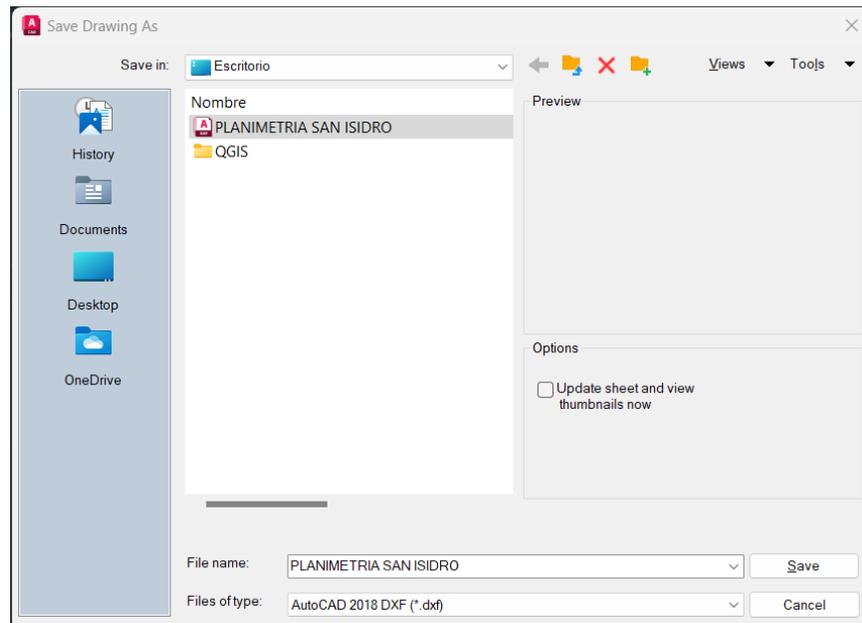


Imagen 6 - 11 Guardar archivo DXF de la planimetría del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.8 Añadir archivos vectoriales del proyecto.

En el programa QGIS suba el archivo vectorial para crear la capa de los polígonos de cada lote.

«Capa» «Añadir capa» Añadir capa vectorial»

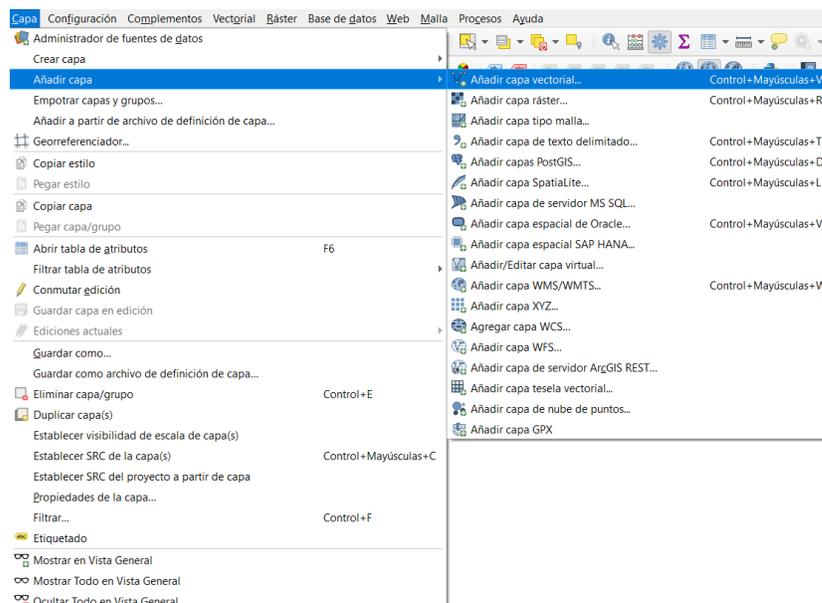


Imagen 6 - 12 Pasos para añadir capa vectorial al proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

«Buscamos ubicación del archivo deseado» «Abrir» «Añadir» ahora nos mostrará en nuestro proyecto las líneas de los lotes sobre el Ortomosaico cargado como archivo ráster con anterioridad.

Luego crearemos una capa vectorial de polígonos a partir de la capa de planimetría con una herramienta de geoprocso que nos ofrece el software.

Nos ubicamos en el panel de Caja de herramientas:

«Geometría vectorial» «Líneas a polígonos» seleccionamos y se desplegará el cuadro donde aplicaremos configuraciones para crear los polígonos a partir de las líneas de la planimetría, a su vez nos permitirá guardar el archivo creado, lo guardaremos como un archivo Geopackage para contener la información en un

solo archivo y no en varios, evitando así que al compartir el proyecto y no compartir un archivo generado nos presente un error al cargar las capas vectoriales.

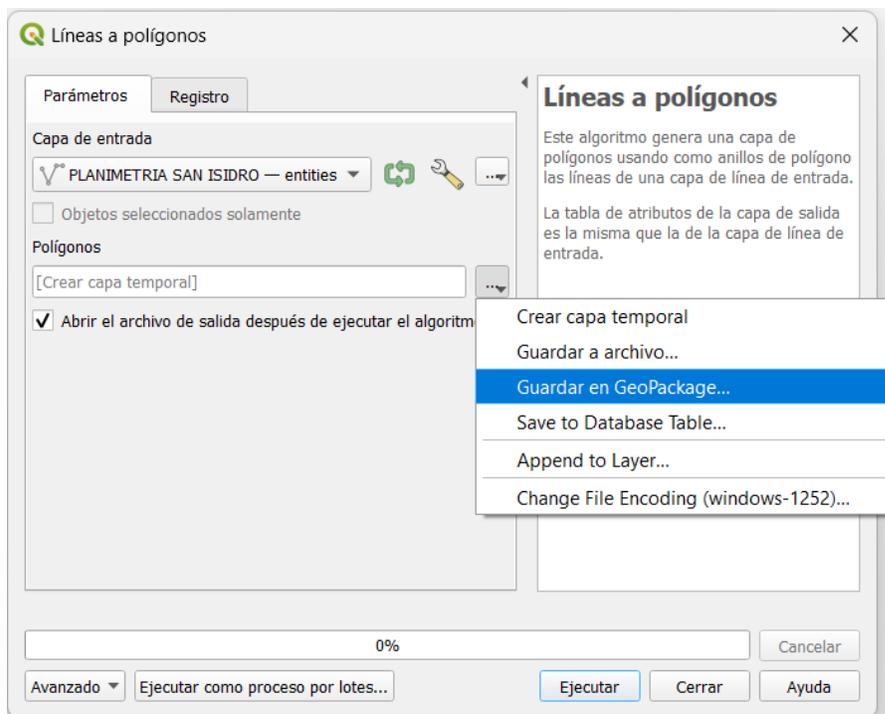


Imagen 6 - 13 Crear capa vectorial polígonos de lotes del Proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

Dar click a Ejecutar y nos aparece en el proyecto los polígonos de cada lote, los cuales para poder observar la ortofoto cargada tendremos que aplicar propiedades de transparencia a la capa polígonos.

«Click derecho sobre capa a modificar» «Estilos» «Editar símbolo»

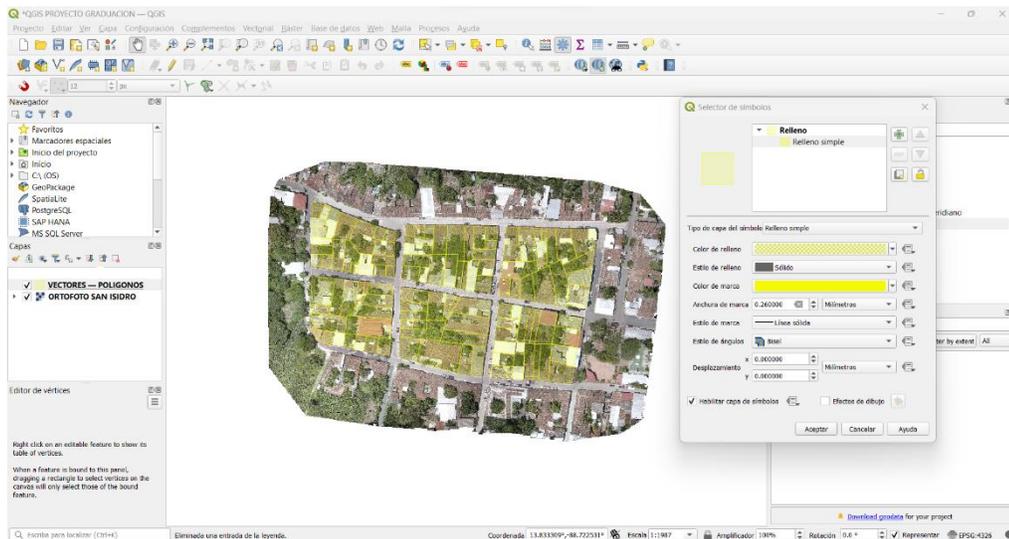


Imagen 6 - 14 Configuración de estilo de capa del Proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

Crear capa vectorial de puntos para insertar información de cada propiedad.

«Capa» «Crear capa» «Nueva capa GeoPackage»

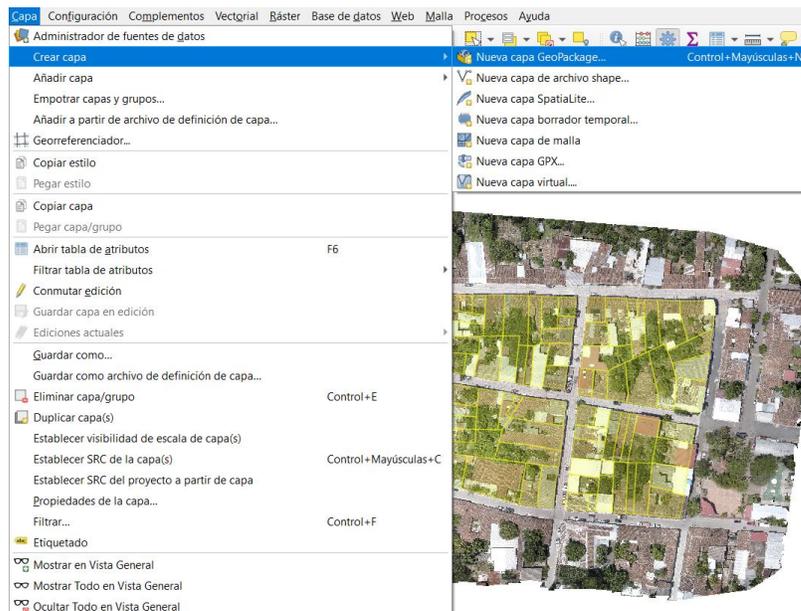


Imagen 6 - 15 Creación capa de puntos CATASTRO.

Fuente: Elaboración Propia.

Nueva capa GeoPackage

Base de datos: CHIVOS QGIS\CAPAS GEOPACKAGE\CATASTRO.gpkg

Nombre de la tabla: CATASTRO

Tipo de geometría: Punto

Incluir dimensión Z Incluir valores M

USER:100000 - LAMBERT-SIRGAS2007

Nuevo campo

Nombre:

Tipo: abc Texto (cadena)

Longitud máxima: 200

Añadir a la lista de campos

Lista de campos

Nombre	Tipo	Longitud
ID	text	20
DIRECCION	text	200
NOMBRE_PROPL...	text	200

Eliminar campo

Opciones avanzadas

Identificador de capa: CATASTRO

Descripción de la capa:

Columna ID del objeto: fid

Columna de geometría: geometry

Crear un índice espacial

Aceptar Cancelar Ayuda

Imagen 6 - 16 Ingresar y guardar campos de información de la tabla de atributos de la capa CATASTRO.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez establecida la ruta de ubicación para guardar el archivo vectorial, añadimos los campos de la tabla de atributos de la capa que contiene la información que se desea guardar y reflejar en el proyecto.

Los campos que se ingresarán para nuestro proyecto del manejo de información catastral del Municipio de San Isidro son los siguientes:

- **ID:** código alfanumérico con el que identificamos cada lote según el número que se le asignó en el levantamiento catastral, LOTE y su número quedando por ejemplo para el lote #1, LOTE 1
- **DIRECCIÓN:** ingreso de texto en cadena que contiene la dirección que ubica a lote en el municipio, en calle, avenida, barrio, referencia, etc.
- **NOMBRE PROPIETARIO:** nombre de la persona según documentación de escrituras a quien pertenece la propiedad.
- **ESTADO ADQUISITIVO:** describe el estado adquisitivo de la propiedad, si la usa el dueño de esta, será propio, sino entenderemos que el dueño la tiene en alquiler.
- **NOMBRE ALQUILER:** nombre de la persona que está alquilando la propiedad.
- **USO DEL INMUEBLE:** es la descripción del uso dado al inmueble, ya sea este uso residencial o negocio.
- **CÓDIGO CATASTRAL:** ingreso del código catastral según departamento, municipio y ubicación urbana o rural del lote o propiedad, el código generado para San Isidro sería: 0905U01- XX, en donde 09 es el código del Departamento, este caso Cabañas, 05 es el código de Municipio, San Isidro y U01 la U, es de urbano y 01 es la parte centro del municipio, y en donde tiene XX, es el número de casa, pero sino posee número de casa entonces se escribe S/N (sin número).

- **DESCRIPCIÓN TÉCNICA:** este campo permite cargar el enlace de ruta, que contiene el archivo PDF de la descripción técnica de cada lote, el cual al dar click sobre el enlace, se abrirá el visor de lectura de archivos pdf predeterminado en la PC.
- **MEMORIA DESCRIPTIVA:** este campo permite cargar el enlace de ruta, que contiene el archivo PDF de la memoria descriptiva de cada lote, el cual al dar click sobre el enlace, se abrirá el visor de lectura de archivos pdf predeterminado en la PC.
- **RUMBOS Y DISTANCIAS:** este campo permite cargar el enlace de ruta, que contiene el archivo PDF del cuadro de rumbos y distancias de cada lote, el cuál al dar click sobre el enlace, se abrirá el visor de lectura de archivos PDF predeterminado en la PC.
- **PLANO LOTE:** este campo permite cargar el enlace de ruta, que contiene el archivo PDF de la porción del plano de restitución que contiene al lote o propiedad, el cuál al dar click sobre el enlace, se abrirá el visor de lectura de archivos PDF predeterminado en la PC.
- **IMAGEN DE PROPIEDAD:** este campo permite cargar el enlace de ruta, que contiene el archivo JPG de una foto tomada en campo al lote o propiedad, el cuál al dar click sobre el enlace, se abrirá el visor imágenes predeterminado en la PC.

6.2.9 Configuración de campos para insertar hipervínculos PDF.

Ubicarse sobre la capa a configurar:

«Click derecho» «Propiedades de la Capa» «Configuración Atributos»

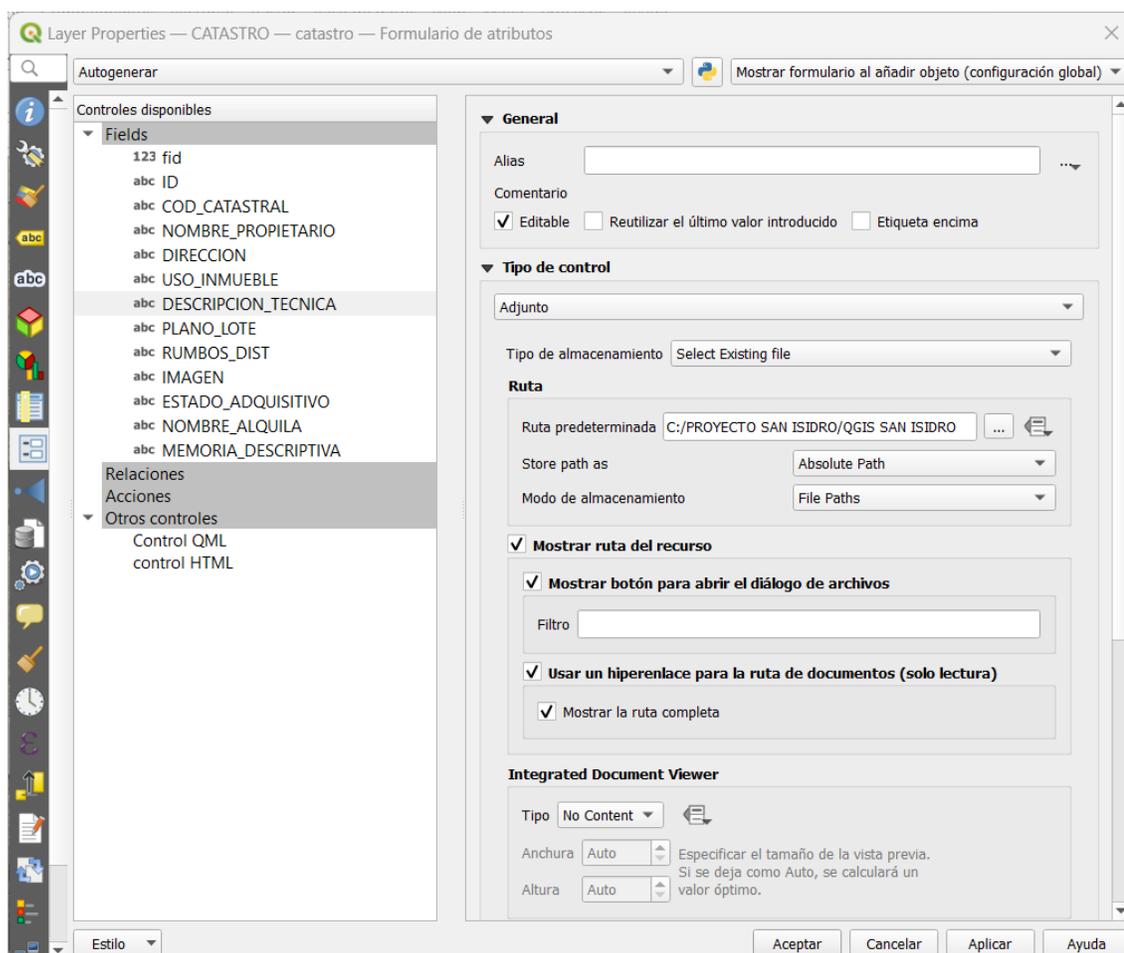


Imagen 6 - 17 Configuración de campo para ingreso de hipervínculo de archivo PDF del directorio a QGIS.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.10 Configuración de campos para insertar hipervínculos PNG.

Ubicarse sobre la capa a configurar:

«Click derecho» «Propiedades de la Capa» «Configuración Atributos»

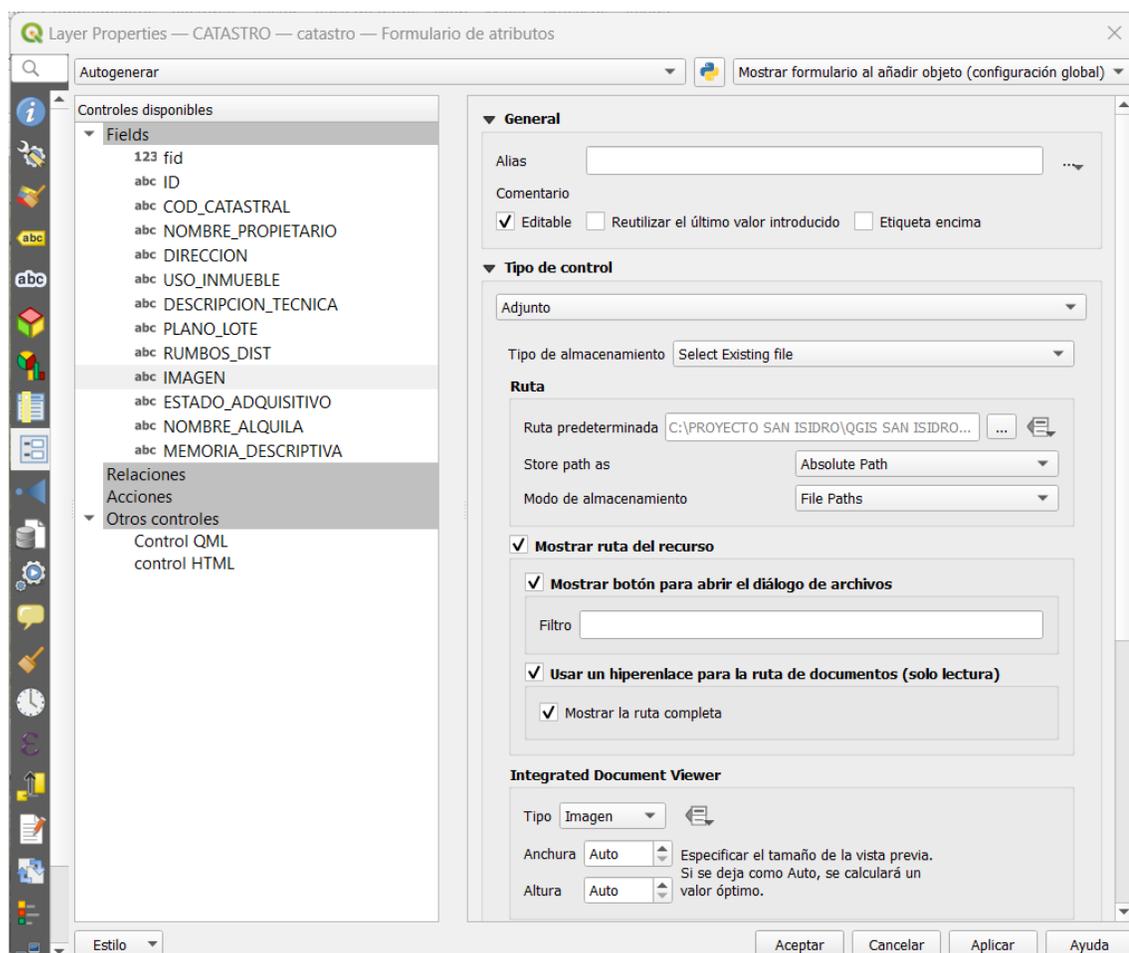


Imagen 6 - 18 Configuración de campo para ingreso de hipervínculo de archivo PNG del directorio a QGIS.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.11 Edición de tabla de atributos, ingreso de información obtenida en campo.

Una vez establecidos todos los campos de información de la tabla de atributos del SIG creado, procedemos a completar la información llenando cada uno de los campos de los lotes o propiedades contenidas en el plano de restitución.

Para poder editar la capa de puntos, se debe conmutar la edición de dicha capa, aplicado los pasos siguientes.

«Click derecho sobre capa CATASTRO» «Conmutar edición»

Luego click en añadir puntos.

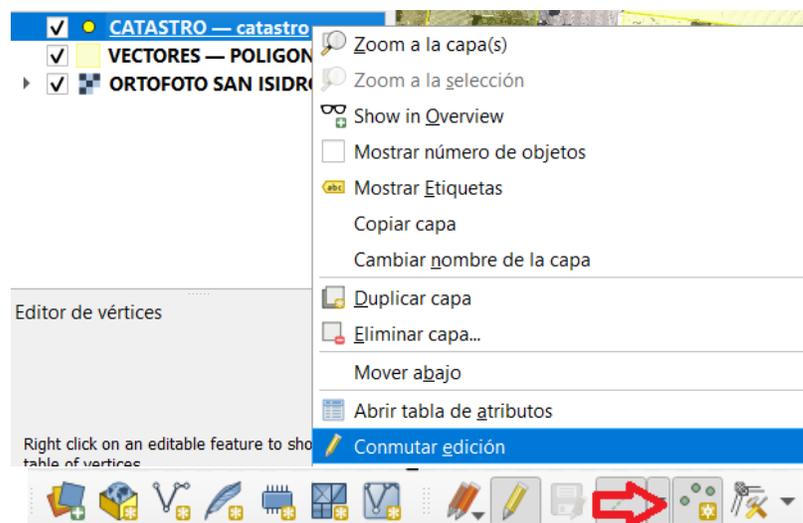


Imagen 6 - 19 Habilitar edición de capa para añadir puntos.

Fuente: Elaboración Propia.

Procedemos a ubicarnos sobre el lote o propiedad al cual le vamos a ingresar la información con el llenado de campos.

Una vez dado el click, se desplegará un formulario que pertenece a un lote como el de la imagen 6 - 20 en el cuál llenaremos con la información recolectada mediante las visitas de campo.

A continuación, en la imagen 6 - 21 se muestra cómo se completa la información por cada lote.

Para ingresar información en los campos donde se requiere hipervínculo, solo debemos dar click derecho sobre los tres puntos, buscar la ruta que redirecciona al directorio del archivo pdf, en el caso de los campos con esta extensión. Para el campo donde requiere imagen, buscaremos la ruta del archivo del directorio con extensión .jpg, en las imágenes 6 - 23 y 6 - 24 se aprecia como haremos este proceso de selección de ruta.

Importante mencionar, que para ingresar de manera fácil los archivos debemos tener organizado en carpetas por cada manzana, cada uno de los archivos generados para abrir en cada campo como se muestra en la imagen 6 – 22.

CATASTRO — catastro - Atributos del objeto espacial

fid	Autogenerar		
ID	NULL		
COD_CATASTRAL	NULL		
NOMBRE_PROPIETARIO	NULL		
DIRECCION	NULL		
USO_INMUEBLE	NULL		
DESCRIPCION_TECNICA	NULL		
PLANO_LOTE	NULL		
RUMBOS_DIST	NULL		
IMAGEN	NULL		
ESTADO_ADQUISITIVO	NULL		
NOMBRE_ALQUILA	NULL		
MEMORIA_DESCRPTIVA	NULL		

Aceptar Cancelar

Imagen 6 - 20 Formulario que se despliega al ingresar el punto sobre un Lote.

Fuente: Elaboración Propia.

CATASTRO — catastro - Atributos del objeto espacial

Acciones

fid	1		
ID	LOTE 1		
COD_CATASTRAL	0905U01-01		
NOMBRE_PROPIETARIO	FELIPA CATALINA ALVARADO VIJADAD DE IRAHETA		
DIRECCION	ENTRE AVENIDA 15 DE MAYO Y CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO CENTRO		
USO_INMUEBLE	RESIDENCIAL		
DESCRIPCION_TECNICA	C:\PROYECTO SAN ISIDRO\OGIS SAN ISIDRO\BASE DE DATOS DE LOTES\MANZANA 1\LOTE 1\OTP_LOTE 1.pdf		
PLANO_LOTE	C:\PROYECTO SAN ISIDRO\OGIS SAN ISIDRO\BASE DE DATOS DE LOTES\MANZANA 1\LOTE 1\PLANO_LOTE 1.pdf		
RUMBOS_DIST	C:\PROYECTO SAN ISIDRO\OGIS SAN ISIDRO\BASE DE DATOS DE LOTES\MANZANA 1\LOTE 1\RUMBOS Y DISTANCIAS_LOTE 1.pdf		
IMAGEN			
ESTADO_ADQUISITIVO	PROPIO		
NOMBRE_ALQUILA	-		
MEMORIA_DESCRPTIVA	C:\PROYECTO SAN ISIDRO\OGIS SAN ISIDRO\BASE DE DATOS DE LOTES\MANZANA 1\LOTE 1\MEMORIA DESCRIPTIVA_LOTE 1.pdf		

Aceptar Cancelar

Imagen 6 - 21 Formulario con información completa del punto ingresado sobre el lote.

Fuente: Elaboración Propia.

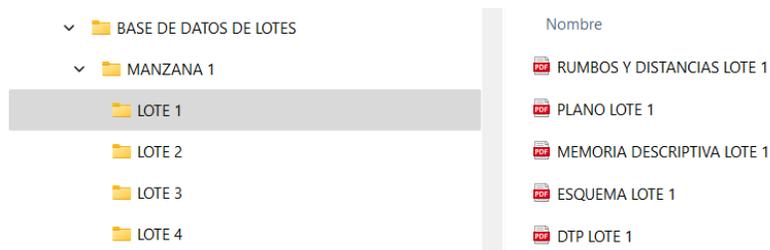


Imagen 6 - 22 Ordenamiento de archivos por capeta en el directorio, según Manzanas y Lotes en la base de datos.

Fuente: Elaboración Propia.

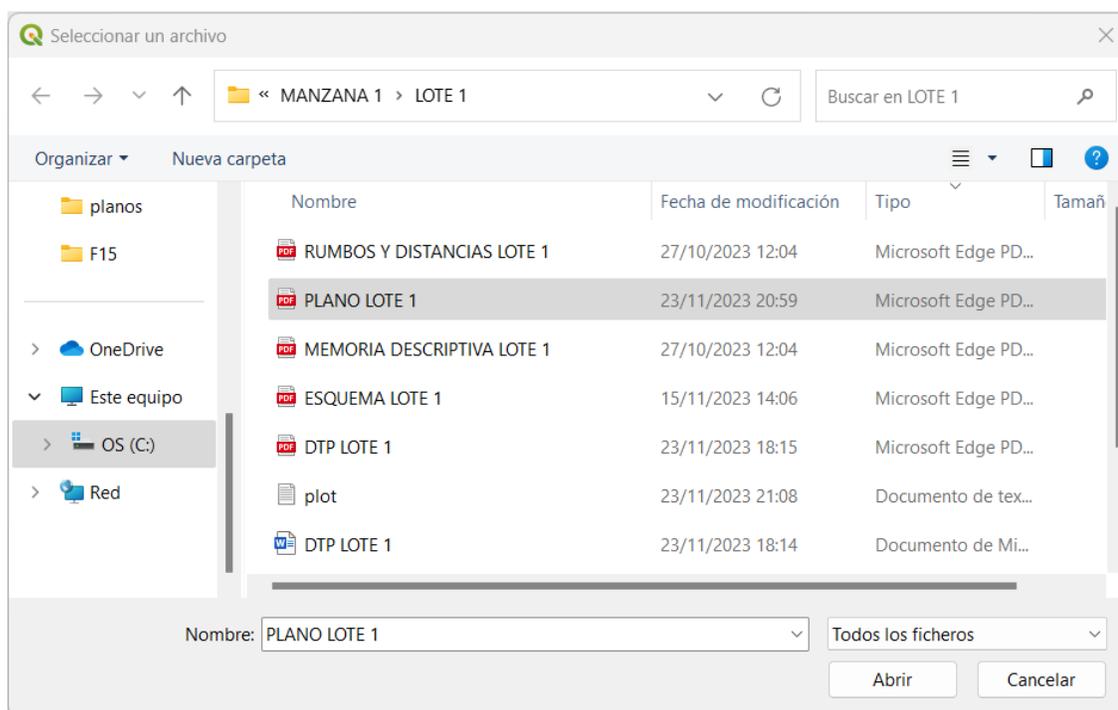


Imagen 6 - 23 Selección de archivo PDF en su ubicación para generar hipervínculo.

Fuente: Elaboración Propia.

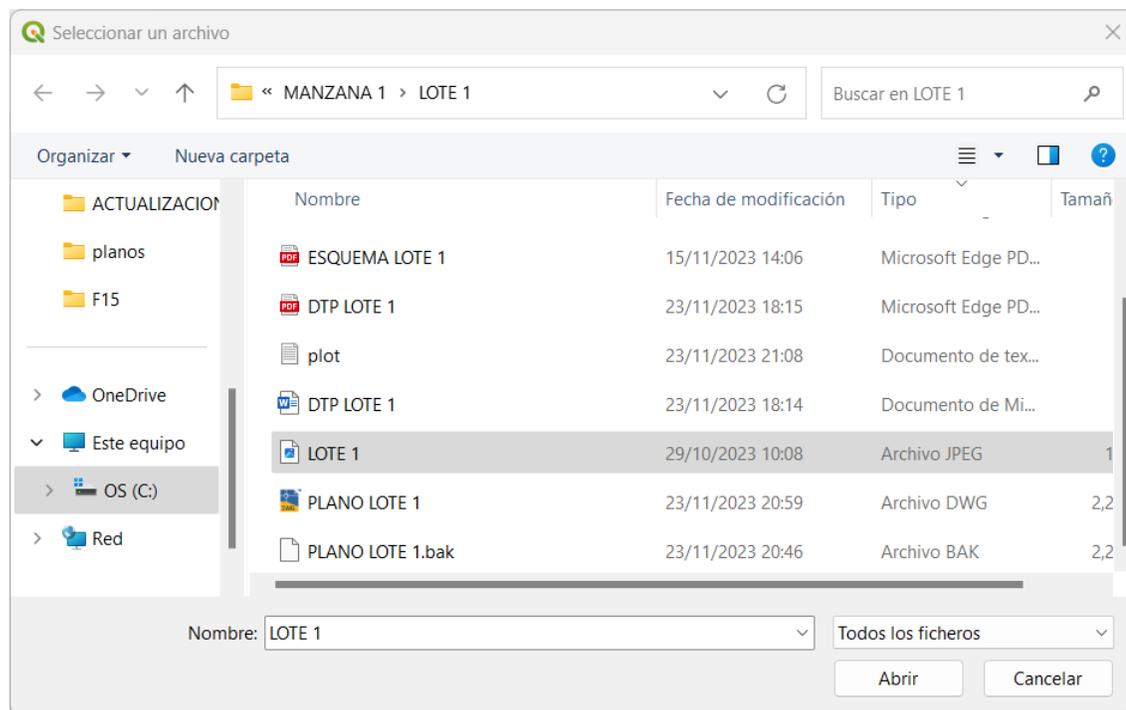


Imagen 6 - 24 Selección de archivo JPG en su ubicación para generar hipervínculo.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.12 Visualización de información desde QGIS.

Para visualizar los datos ingresados en QGIS, cada campo con su información completa, los archivos cargados en el visualizador pdf o jpg, basta con seleccionar el comando Identificar objetos espaciales (CTRL+SHIFT+I), y dar click sobre el punto que contiene la información del lote, para que se despliegue la información y poder abrir los enlaces que direccionaran a los archivos abiertos en el visualizador predeterminado de la PC.

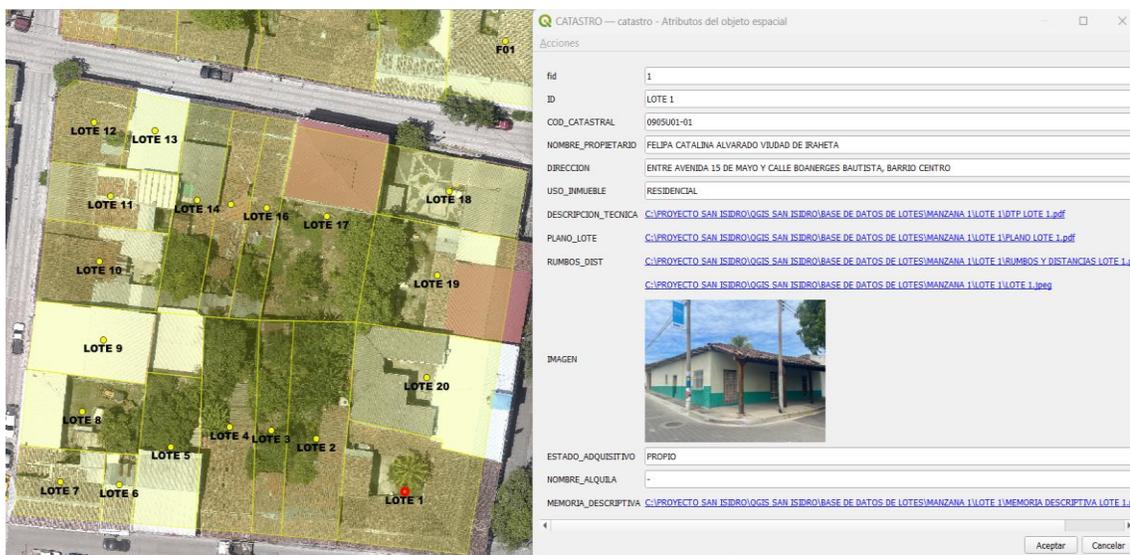


Imagen 6 - 25 Información desplegada al seleccionar el objeto identificado.

Fuente: Elaboración Propia.

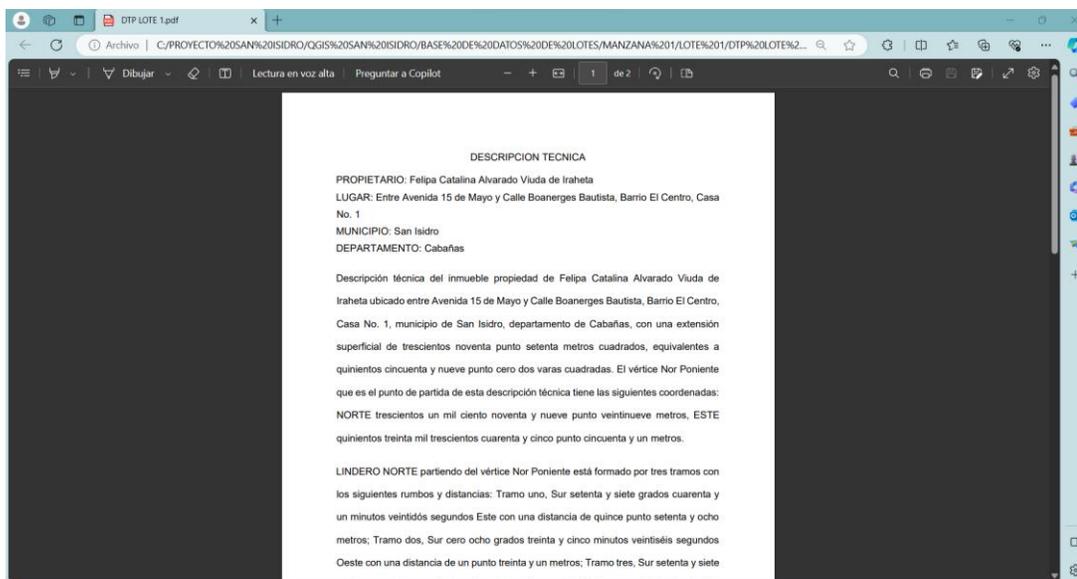


Imagen 6 - 26 Archivo PDF de descripción técnica en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.

Fuente: Elaboración Propia.

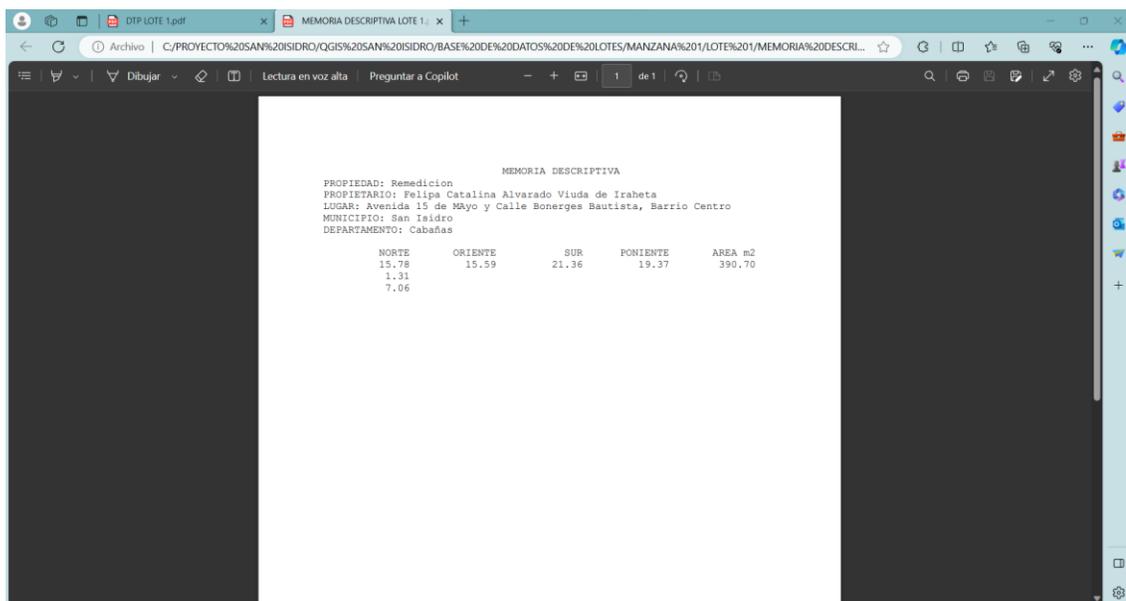


Imagen 6 - 27 Archivo PDF de memoria descriptiva en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.

Fuente: Elaboración Propia.

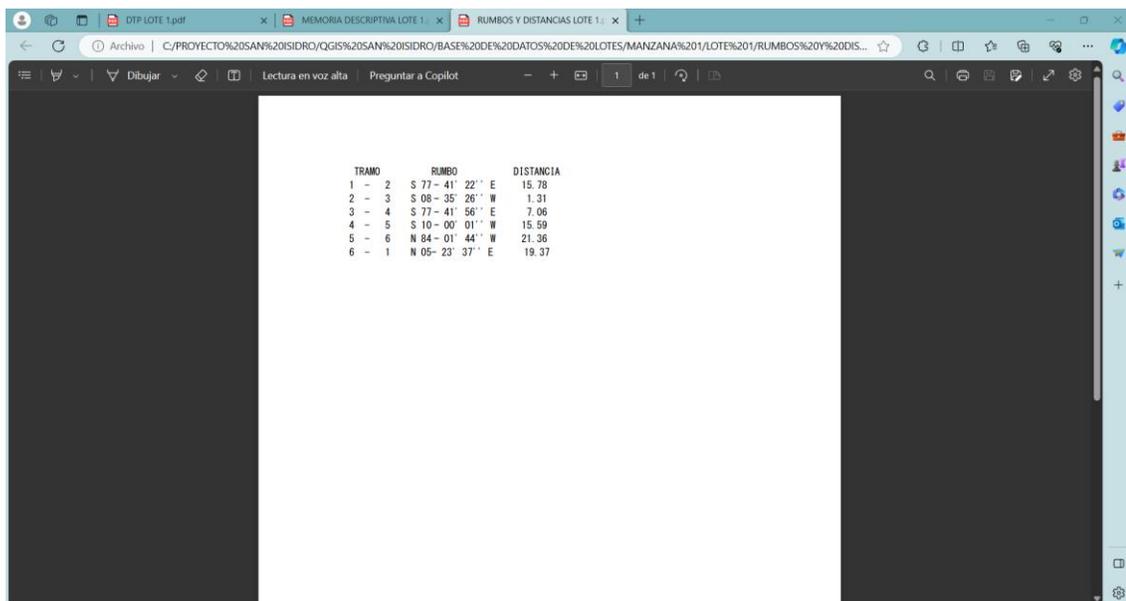


Imagen 6 - 28 Archivo PDF de rumbos y distancias en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 6 - 29 Archivo PDF de porción de plano del Lote en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.

Fuente: Elaboración Propia.

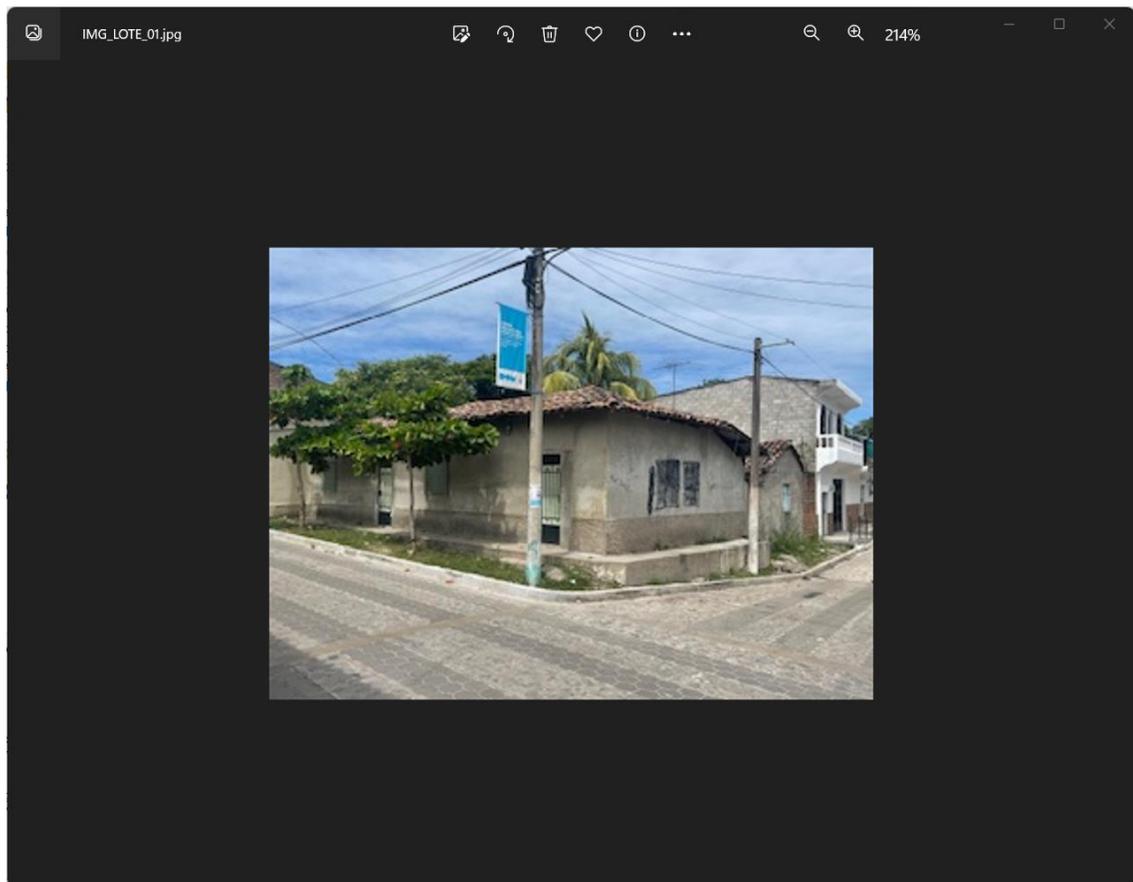


Imagen 6 - 30 Archivo JPG de Fotografía tomada en campo en Visualizador predeterminado, al abrir ruta de enlace.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Quality Check i

 Images	median of 73626 keypoints per image	
 Dataset	194 out of 194 images calibrated (100%), all images enabled	
 Camera Optimization	0.06% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
 Matching	median of 30711.6 matches per calibrated image	
 Georeferencing	yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.01 m	

El informe de calidad del procesamiento de las fotografías en el software de PIX4D MAPPER nos indica que dicho procesamiento fue ejecutado de una forma correcta mostrando parámetros como los siguientes:

- Todas las imágenes fueron calibradas y procesadas.
- El error medio cuadrático fue de 1 cm, el cual es un indicador de precisión relativamente bueno para el tipo de proyecto empleado.
- La calidad de las imágenes que muestra la nube de puntos es buena a pesar que el vuelo se ejecutó a una altura de 60 metros.
- No se muestra distorsión de la lente en el área de interés en la ortofoto, por lo tanto, hace que sea un producto con el que podamos ejecutar una excelente restitución.
- La nube de puntos es de gran magnitud lo cual permite trabajar de forma precisa y detallada en cualquier zona de ella.
- El procesamiento dio como resultado tres productos con una alta calidad como lo son la ortofoto, el modelo digital de superficie y el modelo digital del terreno.

También podemos definir que el levantamiento de los puntos de control fotogramétricos fue preciso y bien elaborado, ya que todas las coordenadas cayeron cerca del punto de interés sobre la nube de puntos procesada inicialmente con coordenadas conocidas. A partir de esto empieza la georreferenciación correcta de la nube de puntos mediante la introducción y marcaje de estos puntos de control.

Con la ortofoto generada y georreferenciada adecuadamente, se realizó la restitución de la zona de interés utilizando el software de Civil 3D, obteniendo un mapa preciso estableciendo los límites entre cada propiedad y delimitando su superficie. Además de esto, se recolectó de forma eficiente la información de cada propiedad permitiéndonos así vincularla con el mapa generado a partir del uso de un sistema de información geográfica, que para nuestro caso QGIS fue el software utilizado.

Todo lo descrito anteriormente nos permite generar un registro catastral de forma precisa y detallada y que, a partir del cual, la alcaldía municipal puede tomarlo como base utilizar para ejecutar funciones que van a generar un crecimiento en el municipio de San Isidro, y que también la municipalidad podría retomar la metodología empleada para realizar un levantamiento en toda su extensión municipal con la ayuda de profesionales conocedores de todo el proceso realizado en este proyecto.



Imagen 7 - 1 Plano catastral de la zona central del municipio de San Isidro.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 7 - 2 Plano catastral de la zona central del municipio de San Isidro cargado junto con el ortomosaico procesado.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 Conclusiones.

Realizado el proceso en campo del levantamiento fotogramétrico y puntos de control con la técnica RTK mediante el empleo de equipo GPS, se obtuvieron resultados con alto grado de precisión, los cuales fueron fundamentales para la correcta georreferenciación de las imágenes tomadas por el Dron y posteriormente la elaboración del plano catastral en el Software de dibujo y diseño Civil 3D, concluyendo con esto que el trazo realizado de los linderos de cada propiedad es una fiel representación a las dimensiones reales de cada vivienda.

La zona del proyecto fue seleccionada estratégicamente teniendo un área libre de obstrucciones para la ejecución del vuelo y la toma de fotografías aéreas, al tener la presencia de árboles dentro de las viviendas represento una pequeña dificultad para el trazo de detalles de los linderos internos de las viviendas pero se corrigió mediante el empleo de mediciones tradicionales con cinta métrica, por esto se concluye que en algunos casos el proceso de levantamiento fotogramétrico puede presentar inconvenientes y desventajas en zonas con presencia de mucha vegetación para el trazo de detalles por lo cual es un factor importante de considerar en la planificación del proyecto.

Una buena planificación del método a emplear para la elaboración de un plano catastral garantiza la obtención de resultados óptimos, en este caso mediante el levantamiento fotogramétrico y técnicas de medición RTK con equipo GPS, implica tener un grado de conocimiento previo de cada etapa del proceso para un correcto manejo del equipo, se concluye en el presente proyecto la satisfacción como grupo de trabajo al realizar cada etapa acorde a lo aprendido en el “curso de especialización de Tecnología GPS y sensores remotos para proyectos de Ingeniería Civil”, la toma de datos en campo, el procesamiento y manejo de los programas PIX4D Mapper, Civil 3D, Global Mapper y un software de sistema de información geográfica QGIS, empleando este último para la subida de datos catastral de cada vivienda a un sitio donde se puede tener fácil acceso y disponer de inmediato toda información pertinente por parte de la municipalidad u otras entidades.

A medida que la tecnología avanza también hay progreso en equipos y programas de ingeniería para diferentes tipos de proyectos, por lo cual se debe estar a la vanguardia de estas tecnologías y aprovechar las ventajas que estas ofrecen, algunos equipos o software tendrá su pro y contra, pero es imperativo el empleo de estos para realizar trabajos de una forma rápida y eficaz.

8.2 Recomendaciones.

- Revisar el pronóstico del clima para la ejecución del vuelo para evitar complicaciones como los días lluviosos, espacio con neblina, entre otros factores que podrían generar malos resultados en la captura de datos.
- Asegurarse que el dron DJI Phantom 4 esté calibrado y tenga sus sensores activos, revisar que cuente con suficiente batería y si es posible cargar una de repuesto para el caso que se necesite que el vuelo sea un poco más extenso
- Los puntos de control o PCF deben estar situados en lugares abiertos que permitan una fotografía clara, estos puntos son inamovibles por lo cual su ubicación son claves para la georreferenciación del levantamiento.
- Para la creación de la base de datos en el software QGIS se debe tener previamente planificado el orden que tendrá la base de datos definiendo los diferentes atributos que servirán para la introducción de toda la información necesaria para ejecutar de la mejor forma posible el proyecto.
- Se recomienda a la alcaldía municipal definir un número de identificación para cada propiedad de modo que se tenga un orden en su planificación urbana y además de esto, se sugiere continuar con el levantamiento en toda su extensión territorial.

BIBLIOGRAFÍA.

Conceptos de Geodesia:

- ✓ https://www.ign.gob.ar/archivos/geodesia/sistemas_geodesicos.pdf
- ✓ <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6277/1/50107997.pdf>

Elipsoide, Datum:

- ✓ https://iho.int/uploads/user/pubs/cb/c-13/spanish/C-13_Capitulo_2.pdf
- ✓ https://sirgas.ipgh.org/docs/Boletines/Bol16/Figueroa_Actualizacion_Red_es_Geodesicas_El_Salvador.pdf

Sistema de Referencia Geodésico Lambert SIRGAS-ES2007.8:

- ✓ <https://docplayer.es/72181651-Integracion-de-la-red-geodesica-basica-nacional-de-el-salvador-a-sirgas-sirgas-es2007.html>
- ✓ https://sirgas.ipgh.org/docs/Boletines/Bol23/14_Escobar_2018_Integracion_RGBN_El_Salvador_a_SIRGAS.pdf

Proyecciones Cartográficas:

- ✓ <https://concepto.de/proyeccion-cartografica/>

Levantamiento Geodésico con GNSS:

- ✓ <https://paratopografia.com/geodesia/posicionamiento-con-receptores-gnss/>
- ✓ <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/3042/Capitulo5.pdf>

Calibración sensores de visión dron Phantom 4 Pro:

- ✓ <https://guiadrones.com/reparaciones-y-actualizaciones/calibrar-los-sensores-de-vision-en-el-phantom-4-para-corregir-errores/>

Conceptos de Fotogrametría:

- ✓ <https://gisgeography.com/what-is-photogrammetry/>
- ✓ <https://wingtra.com/es/dron-fotogrametria-vs-lidar/>
- ✓ <https://www.geosysteming.com/sistemas-uav/lidar-vs-fotogrametria-para-topografia-aerea/>
- ✓ https://idc.apddrones.com/fotogrametria/fotogrametria-con-drones-todo-lo-que-debes-saber/?gclid=CjwKCAjw5_GmBhBIEiwA5QSMxNPC3dcHwqt_wm8T_DfeFucrRxXFGFwD78ZxKRkqK-jLxKddjIjzSBoCShEQAvD_BwE
- ✓ <https://acolita.com/diferencias-dsm-dem-dtm/>

ANEXOS.

10.1 Informe de calidad de procesamiento en PIX4D MAPPER.



Quality Report

Generated with Pix4Denterprise version 4.5.6

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary ?

Project	SAN ISIDRO 2023
Processed	2023-09-21 22:52:37
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.57 cm / 0.62 in
Area Covered	0.084 km ² / 8.4220 ha / 0.03 sq. mi. / 20.8220 acres

Quality Check ?

? Images	median of 73626 keypoints per image	✔
? Dataset	194 out of 194 images calibrated (100%), all images enabled	✔
? Camera Optimization	0.06% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✔
? Matching	median of 30711.6 matches per calibrated image	✔
? Georeferencing	yes, 7 GCPs (7 3D), mean RMS error = 0.01 m	✔

Preview ?

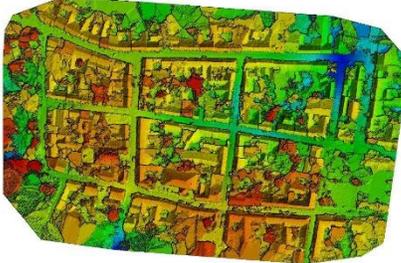



Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details ?

Number of Calibrated Images	194 out of 194
Number of Geolocated Images	194 out of 194

Initial Image Positions

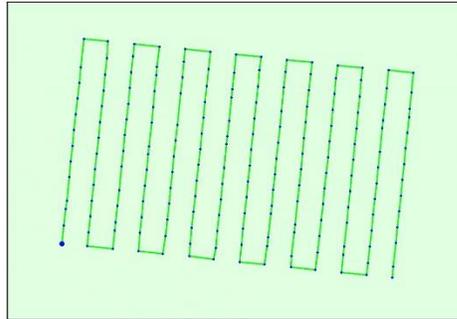
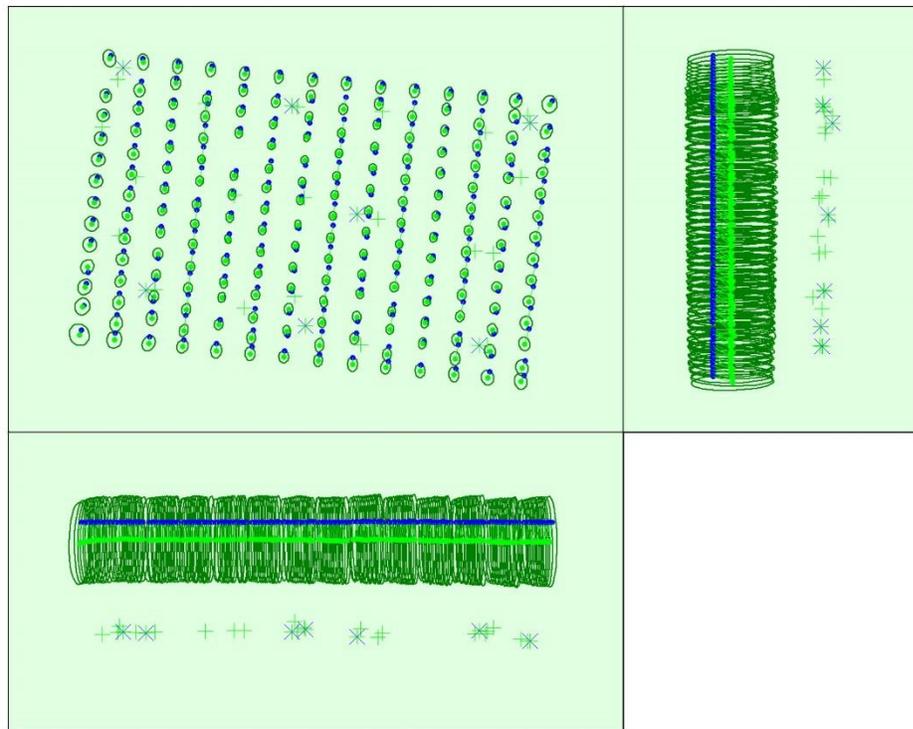


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



Uncertainty ellipses 1000x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties



X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
------	------	------	----------------	--------------	----------------

Mean	0.003	0.004	0.028	0.003	0.003	0.001
Sigma	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000

Overlap

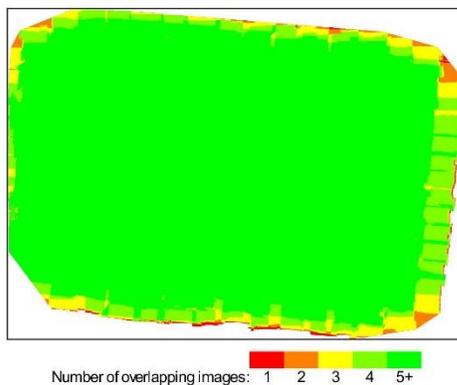


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

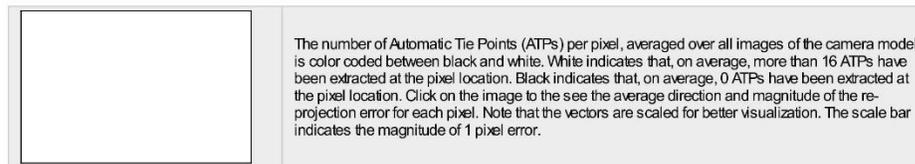
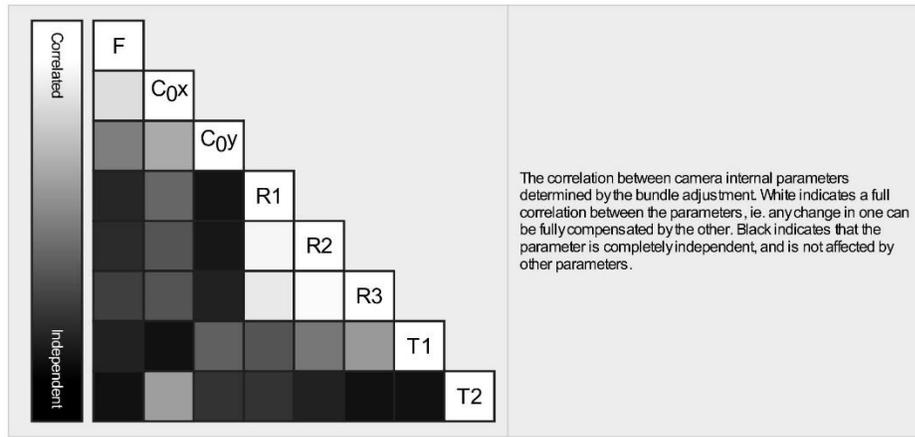
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	5633027
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	1943346
Mean Reprojection Error [pixels]	0.174

Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3666.545 [pixel] 8.599 [mm]	2724.502 [pixel] 6.390 [mm]	1846.554 [pixel] 4.331 [mm]	0.006	-0.010	0.010	0.001	-0.000
Uncertainties (Sigma)	1.691 [pixel] 0.004 [mm]	0.054 [pixel] 0.000 [mm]	0.046 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	73626	30712
Mn	53494	2449
Max	79873	41707
Mean	72383	29036

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	1237257
In 3 Images	332943
In 4 Images	151052
In 5 Images	74723
In 6 Images	47399
In 7 Images	32212
In 8 Images	22018
In 9 Images	14428
In 10 Images	10306
In 11 Images	7296
In 12 Images	5232
In 13 Images	3376
In 14 Images	2371
In 15 Images	1454
In 16 Images	884
In 17 Images	281
In 18 Images	99
In 19 Images	8
In 20 Images	7

2D Keypoint Matches

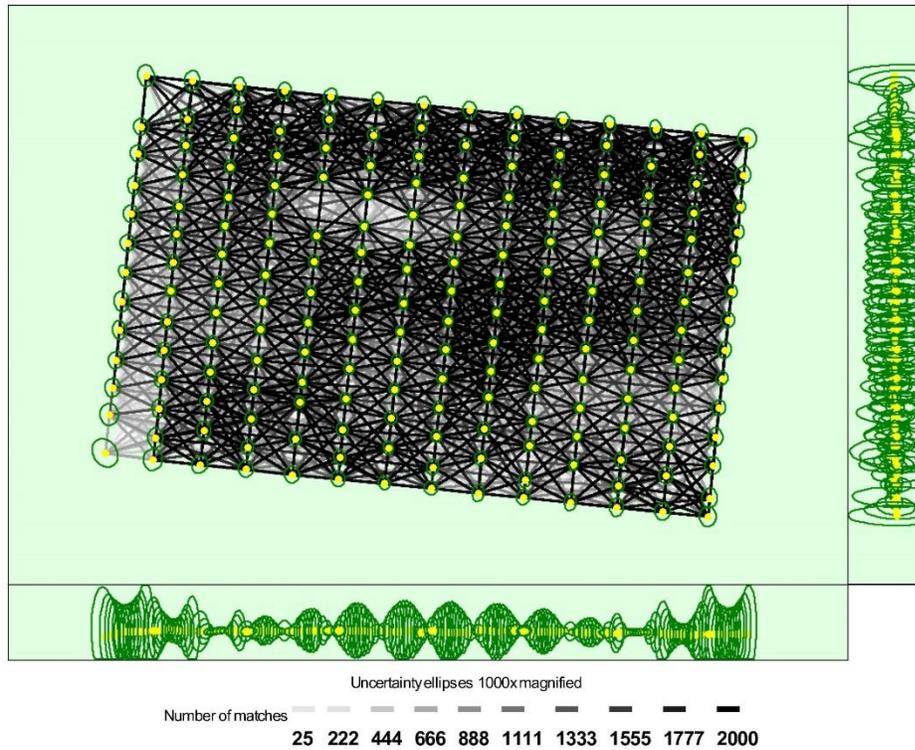


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.003	0.003	0.009	0.008	0.012	0.001
Sigma	0.001	0.001	0.005	0.004	0.006	0.000

Manual Tie Points

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp1	0.619	15 / 15
mtp2	1.735	17 / 17
mtp3	0.795	12 / 12
mtp4	0.549	8 / 8
mtp5	0.737	12 / 12
mtp6	0.886	10 / 10
mtp7	0.714	10 / 10
mtp8	0.884	10 / 10
mtp9	1.024	7 / 7
mtp10	0.765	14 / 14
mtp11	0.794	11 / 11
mtp12	0.850	11 / 11
mtp13	1.150	7 / 7
mtp14	0.545	12 / 12
mtp15	0.833	13 / 13

mtp16	0.679	9 / 9
mtp17	0.796	11 / 11
mtp18	0.688	8 / 8
mtp19	0.532	7 / 7
mtp20	0.876	11 / 11

Projection errors for manual tie points. The last column counts the number of images where the manual tie point has been automatically verified vs. manually marked.

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
SI RTK1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.009	0.010	0.002	0.752	15 / 15
SI RTK2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.005	-0.006	-0.015	0.782	11 / 11
SI RTK3 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	0.002	0.007	0.572	14 / 14
SI RTK4 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.012	0.001	0.427	7 / 7
SI RTK5 (3D)	0.020/ 0.020	0.019	-0.005	-0.004	0.392	12 / 12
SI RTK6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.014	-0.002	0.018	0.686	10 / 10
SI RTK7 (3D)	0.020/ 0.020	0.018	0.011	-0.011	0.577	10 / 10
Mean [m]		0.000184	-0.000116	-0.000126		
Sigma [m]		0.011995	0.007873	0.010242		
RMS Error [m]		0.011996	0.007874	0.010243		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Mn 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	14.43	0.00
-6.00	-3.00	0.00	4.64	0.00
-3.00	0.00	51.03	32.99	60.82
0.00	3.00	48.97	21.13	39.18
3.00	6.00	0.00	23.71	0.00
6.00	9.00	0.00	3.09	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]		1.070743	3.787615	11.899943
Sigma [m]		0.618129	3.981005	0.621701
RMS Error [m]		1.236355	5.494946	11.916172

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	1.070743	3.787615	11.899943

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	100.00	65.98	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.817
Phi	0.212
Kappa	3.103

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: 12th Gen Intel(R) Core(TM) i7-12650H RAM 16GB GPU: Intel(R) UHD Graphics (Driver: 31.0.101.3962), NVIDIA GeForce RTX3050 Laptop GPU (Driver: 31.0.15.1691)
Operating System	Windows 10 Home Single Language, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	Lambert_Conformal_Conic (EGM2008 Geoid)
Output Coordinate System	Lambert_Conformal_Conic (EGM2008 Geoid)

Processing Options

Detected Template	3D Maps
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes

3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: yes
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	14m:53s
Time for Point Cloud Classification	02m:14s
Time for 3D Textured Mesh Generation	12m:20s

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	25115603
Average Density (per m ³)	650.75

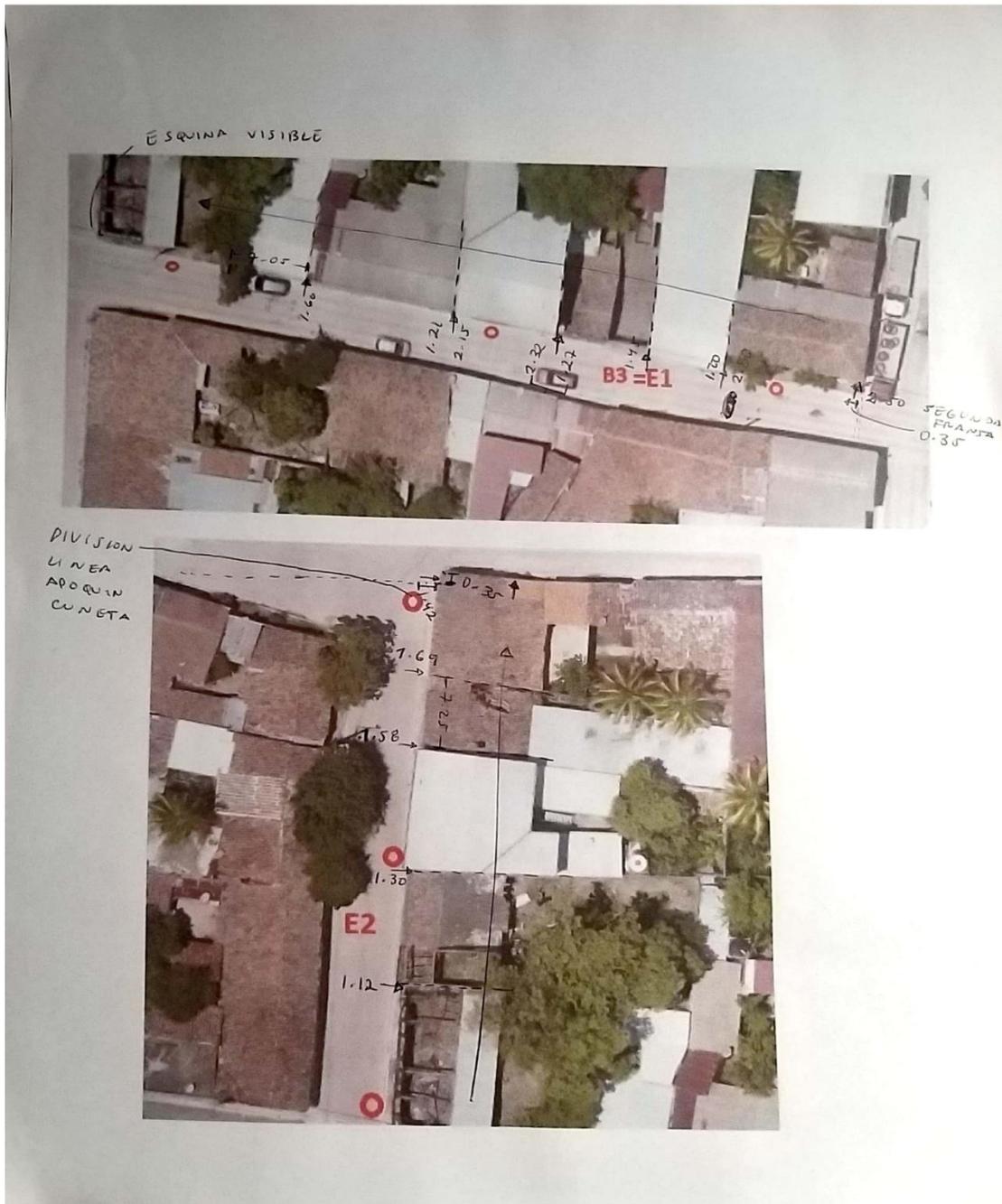
DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (1.57 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (1.57 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 1 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	08m:09s
Time for Orthomosaic Generation	17m:19s
Time for DTM Generation	05m:34s
Time for Contour Lines Generation	02s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

10.2 Anotaciones para las correcciones de las dimensiones de cada propiedad.

Ejemplo Manzana No. 4:





10.3 Tablas de recolección de información de cada propiedad.

Ejemplo Manzana No. 5:

BLOQUE C

Numero correlativo de propiedad (Poligono-Casa)	Codigo de vivienda	Nombre del propietario	Estado adquisitivo	Dirección	Uso del inmueble	Colindantes
C1-1		Oscar Iraheta	propietario		Inhabilitada	
C1-2	-	Milda Magaly Campos Amaya	Propietaria		Residencial	
C1-3		Juan Carlos Iraheta Esperanza del Carme Arancio	propietario Alquila		Residencial	
C1-4		Hugo Iraheta	Propietario		Residencial	
C1-5		Nancy Carol Mejía Patricia	Propietario Alquiler			
C1-6		Elmer Serrano Elmer	Propietario		Residencial En Construcción	
C2-1		Carmen Platero	Propietario		Residencial	
C2-2		Jorge Antonio Iraheta	propietario		Residencial	
C2-3		Propiedad Municipal			RADIO CX UNIDAD DE SALUD	EMASIC
C3-1		Manuel Bautista de Jesús	propietario		Residencial	
C3-2		Héctor Maya	propietario		" "	
C3-3	↗ en dos	Elvira Abelina Castillo Dagoberto Rodríguez	propietario			
C3-4	↖	Israel Alvarado Pérez	propietario		Residencial Tienda y Barbería	
C3-5		Leopidas Alvarado	propietario		Practica Baldra	
C3-6						

10.4 Descripciones técnicas y planos topográficos por inmueble.

Ejemplo Manzana No. 1:

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Felipa Catalina Alvarado Viuda de Iraheta

LUGAR: Entre Avenida 15 de Mayo y Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 1

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Felipa Catalina Alvarado Viuda de Iraheta ubicado entre Avenida 15 de Mayo y Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 1, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de trescientos noventa punto setenta metros cuadrados, equivalentes a quinientos cincuenta y nueve punto cero dos varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil ciento noventa y nueve punto veintinueve metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos cuarenta y cinco punto cincuenta y un metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por tres tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur setenta y siete grados cuarenta y un minutos veintidós segundos Este con una distancia de quince punto setenta y ocho metros; Tramo dos, Sur cero ocho grados treinta y cinco minutos veintiséis segundos Oeste con una distancia de un punto treinta y un metros; Tramo tres, Sur setenta y siete grados cuarenta y un minutos cincuenta y seis segundos Este con una distancia de siete punto cero seis metros;

colindando con el inmueble propiedad de la Alcaldía Municipal de San Isidro con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados cero cero minutos cero un segundos Oeste con una distancia de quince punto cincuenta y nueve metros; lindando con Parque Municipal con Avenida 15 de Mayo con seis punto cincuenta metros de ancho de por medio.

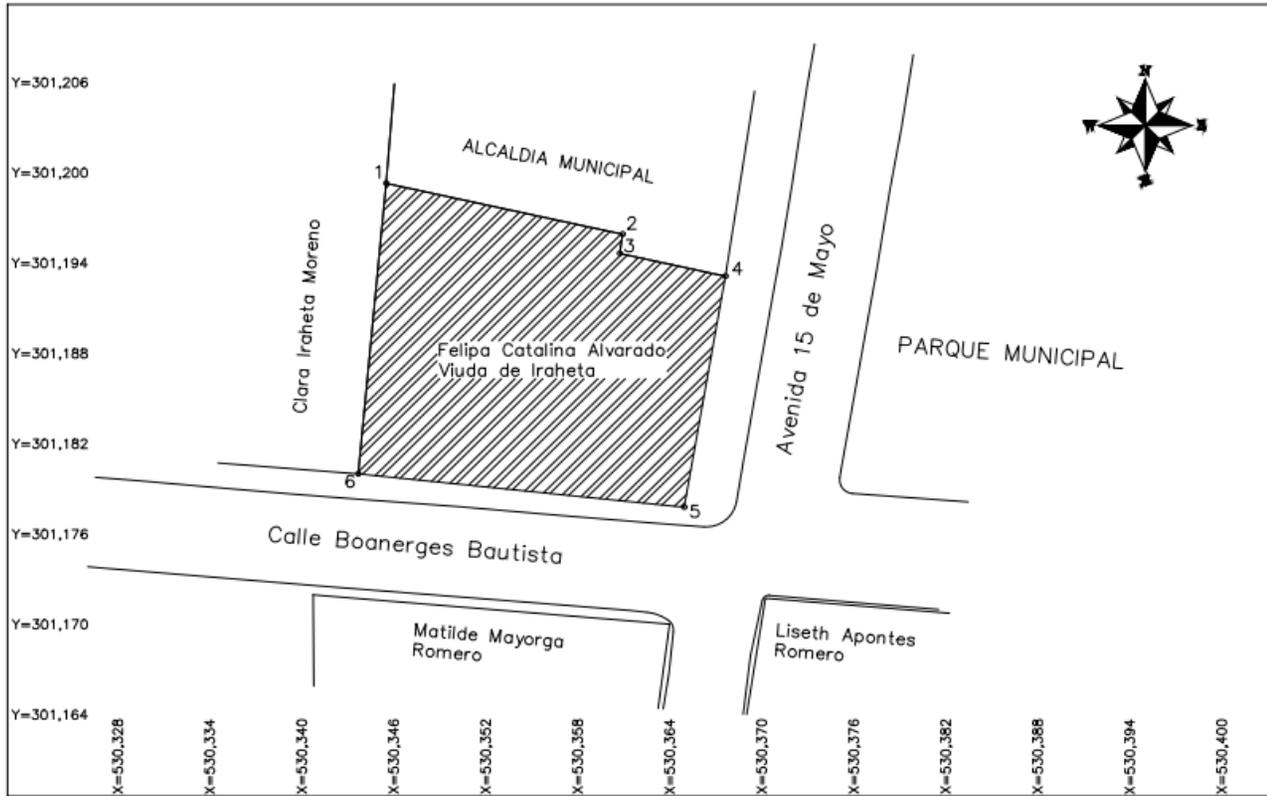
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cuatro grados cero un minutos cuarenta y cuatro segundos Oeste con una distancia de veintiún punto treinta y seis metros; lindando con el inmueble propiedad de Matilde Mayorga Moreno con Calle Boanerges Bautista con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cinco grados veintitrés minutos treinta y siete segundos Este con una distancia de diecinueve punto treinta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Clara Iraheta Moreno con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,199.29	530,345.51	
1	2	S 77°41'22" E	15.78	2	301,195.92	530,360.94
2	3	S 08°35'26" W	1.31	3	301,194.63	530,360.74
3	4	S 77°41'56" E	7.06	4	301,193.13	530,367.64
4	5	S 10°00'01" W	15.59	5	301,177.78	530,364.93
5	6	N 84°01'44" W	21.36	6	301,180.00	530,343.69
6	1	N 05°23'37" E	19.37	1	301,199.29	530,345.51

SUPERFICIE = 390.70 m2 = 559.02 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
ENTRE AVENIDA 15 DE MAYO Y CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO EL CENTRO, CASA No.1

PROPIETARIO:
FELIPA CATALINA ALVARADO VIUDA DE IRAHETA

ÁREA: 390.70 M2
559.02 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Clara Iraheta Moreno

LUGAR: Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 2

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Clara Iraheta Moreno ubicado en Calle Boanerges Bautista, Barrio Centro, Casa No. 2, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de trescientos treinta y cinco punto noventa y tres metros cuadrados, equivalentes a cuatrocientos ochenta punto sesenta y seis varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos catorce punto noventa metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos treinta y seis punto sesenta metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y nueve grados cero cero minutos cuarenta y seis segundos Este con una distancia de diez punto diecisiete metros; colindando con el inmueble propiedad de María Abarca con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero cuatro

grados treinta y ocho minutos cero seis segundos Oeste con una distancia de quince punto cuarenta y nueve metros; colindando con Alcaldía Municipal con muro de por medio; Tramo dos, Sur cero cinco grados veintitrés minutos treinta y siete segundos Oeste con una distancia de diecinueve punto treinta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Felipa Catalina Alvarado Viuda de Iraheta con muro de por medio.

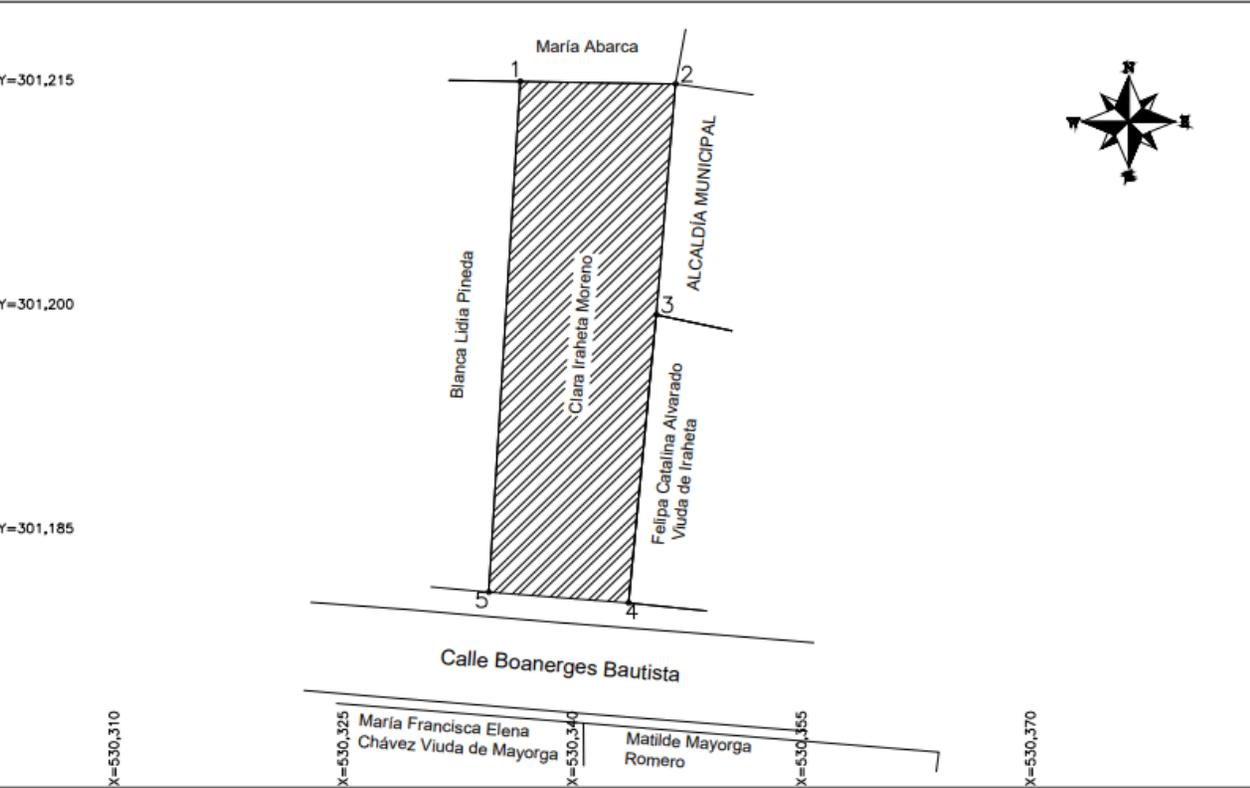
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados veintiocho minutos cuarenta y ocho segundos Oeste con una distancia de nueve punto dieciocho metros; lindando con el inmueble propiedad de Matilde Mayorga Romero y el inmueble propiedad de María Francisca Elena Chávez Viuda de Mayorga ambos con Calle Boanerges Bautista con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero tres grados veintiséis minutos catorce segundos Este con una distancia de treinta y cuatro punto veinticuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Blanca Lidia Pineda con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,214.90	530,336.60	
1	2	S 89°00'46" E	10.17	2	301,214.72	530,346.77
2	3	S 04°38'06" W	15.49	3	301,199.29	530,345.51
3	4	S 05°23'37" W	19.37	4	301,180.00	530,343.69
4	5	N 85°28'48" W	9.18	5	301,180.72	530,334.54
5	1	N 03°26'14" E	34.24	1	301,214.90	530,336.60

SUPERFICIE = 335.93 m² = 480.66 v²



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO EL CENTRO, CASA No.2

PROPIETARIO:
CLARA IRAHETA MORENO

ÁREA: 335.93 M²
480.66 V²

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Blanca Lidia Pineda

LUGAR: Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 3

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Blanca Lidia Pineda ubicado en Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 3, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento setenta y ocho punto sesenta metros cuadrados, equivalentes a doscientos cincuenta y cinco punto cincuenta y cinco varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos quince punto cero cero metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos treinta punto noventa y dos metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y nueve grados cero cero minutos cuarenta y seis segundos Este con una distancia de cinco punto sesenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de María Abarca con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero tres grados veintiséis

minutos catorce segundos Oeste con una distancia de treinta y cuatro punto veinticuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Clara Iraheta Moreno con muro de por medio.

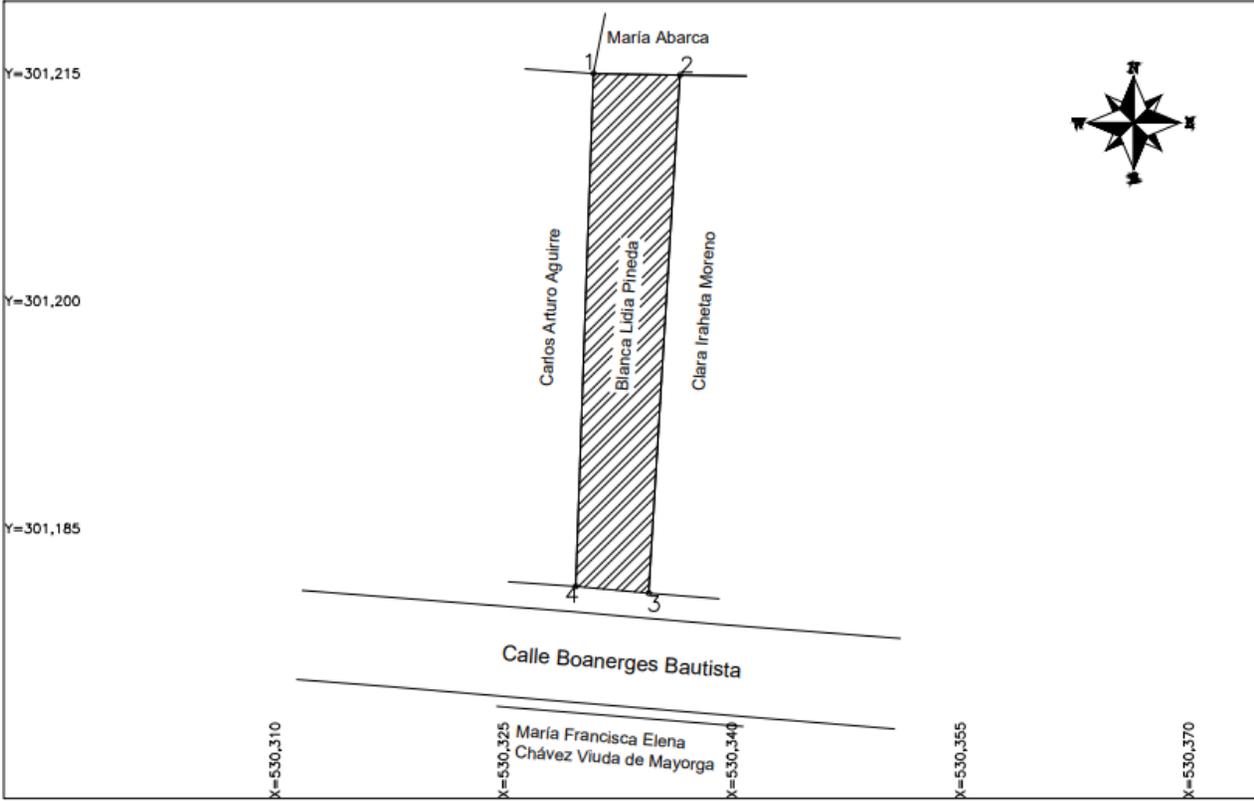
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cuatro grados cuarenta y un minutos veintisiete segundos Oeste con una distancia de cuatro punto ochenta y dos metros; lindando con el inmueble propiedad de María Francisca Elena Chávez Viuda de Mayorga con Calle Boanerges Bautista con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero un grados cincuenta y nueve minutos veintiséis segundos Este con una distancia de treinta y tres punto ochenta y cinco metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Arturo Aguirre con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
1	S 89°00'46" E	5.68	2	301,215.00	530,330.92	
2	S 03°26'14" W	34.24	3	301,214.90	530,336.60	
3	N 84°41'27" W	4.82	4	301,181.17	530,329.74	
4	N 01°59'26" E	33.85	1	301,215.00	530,330.92	

SUPERFICIE = 178.60 m² = 225.55 v₂



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO EL CENTRO, CASA No.3

PROPIETARIO:
BLANCA LIDIA PINEDA

ÁREA: 178.60 M2
255.55 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Carlos Arturo Aguirre

LUGAR: Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 4

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Carlos Arturo Aguirre ubicado en Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 4, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de trescientos siete punto sesenta y siete metros cuadrados, equivalentes a cuatrocientos cuarenta punto veintidós varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos quince punto sesenta y un metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos veintiún punto noventa y seis metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y seis grados cero cuatro minutos catorce segundos Este con una distancia de tres punto noventa y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Tomas Rogelio García con muro de por medio; Tramo dos, Sur ochenta y seis grados cero cuatro minutos catorce segundos Este con una distancia de cinco punto cero un metros; colindando con el inmueble propiedad de Edelmo Antonio García con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero un grados cincuenta y nueve minutos veintiséis segundos Oeste con una distancia de treinta y tres punto ochenta y cinco metros; colindando con el inmueble propiedad de Blanca Lidia Pineda con muro de por medio.

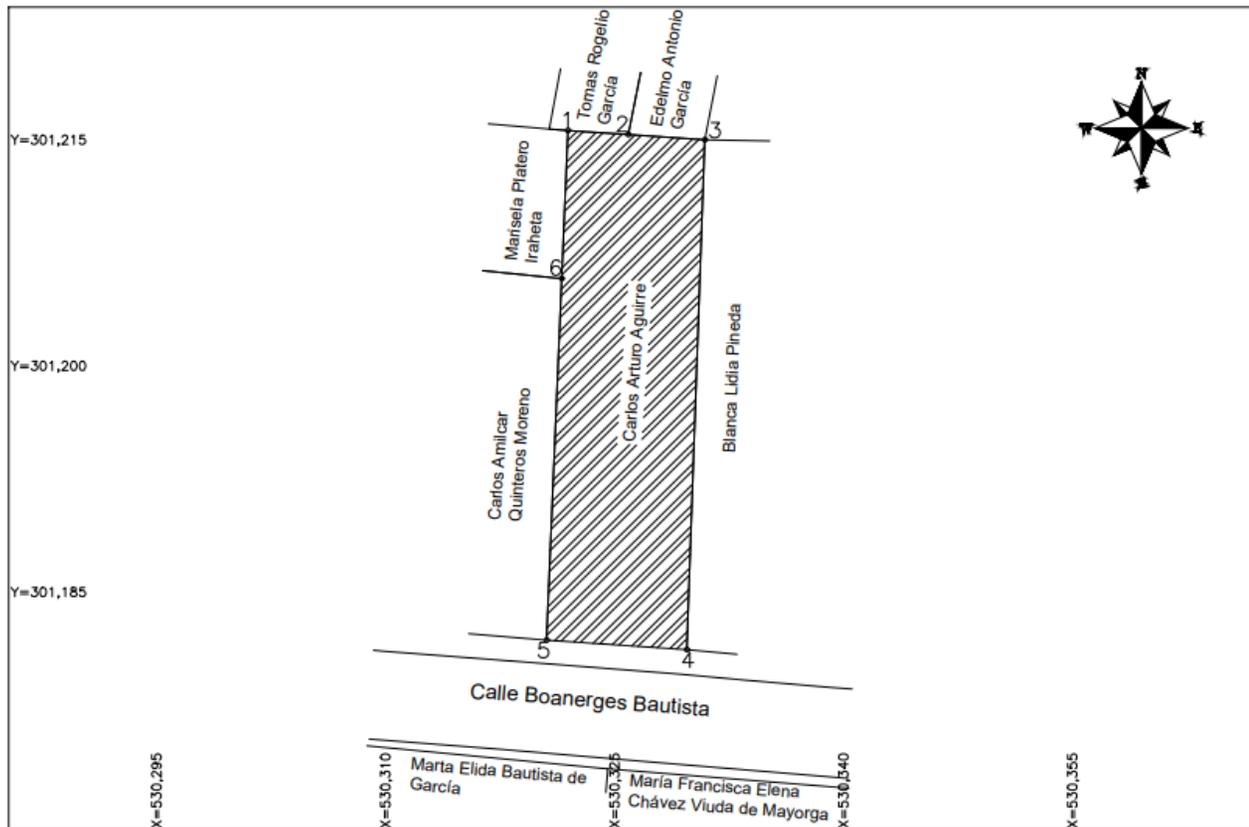
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados cincuenta y ocho minutos cuarenta y siete segundos Oeste con una distancia de nueve punto veintidós metros; lindando con el inmueble propiedad de María Francisca Elena Chávez Viuda de Mayorga y el inmueble propiedad de Marta Elida Bautista de García ambos con Calle Boanerges Bautista con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero dos grados veintitrés minutos veintitrés segundos Este con una distancia de veintitrés punto noventa y nueve metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Amílcar Quinteros Moreno con muro de por medio; Tramo dos, Norte cero dos grados veintitrés minutos veintitrés segundos Este con una distancia de nueve punto ochenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					Y	X
				1	301,215.61	530,321.96
1	2	S 86°04'14" E	3.97	2	301,215.34	530,325.92
2	3	S 86°04'14" E	5.01	3	301,215.00	530,330.92
3	4	S 01°59'26" W	33.85	4	301,181.17	530,329.74
4	5	N 85°58'47" W	9.22	5	301,181.82	530,320.55
5	6	N 02°23'23" E	23.99	6	301,205.78	530,321.55
6	1	N 02°23'23" E	9.84	1	301,215.61	530,321.96

SUPERFICIE = 307.87 m2 = 440.22 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

UBICACION:
CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO EL CENTRO, CASA No.4

PROPIETARIO:
CARLOS ARTURO AGUIRRE

AREA: 307.67 M2
440.22 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACION: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Carlos Amílcar Quinteros Moreno

LUGAR: Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 5

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Carlos Amílcar Quinteros Moreno ubicado en Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 5, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de doscientos treinta y cinco punto veintiocho metros cuadrados, equivalentes a trescientos treinta y seis punto sesenta y cinco varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuatro punto ochenta y dos metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos doce punto cuarenta y tres metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero seis grados dieciocho minutos diecinueve segundos Este con una distancia de un punto noventa metros; Tramo dos, Sur ochenta y cuatro grados cero tres minutos cero tres segundos Este con una distancia de ocho punto noventa y seis metros; colindando con el inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero dos grados veintitrés minutos veintitrés segundos Oeste con una distancia de veintitrés punto noventa y nueve metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Arturo Aguirre con muro de por medio.

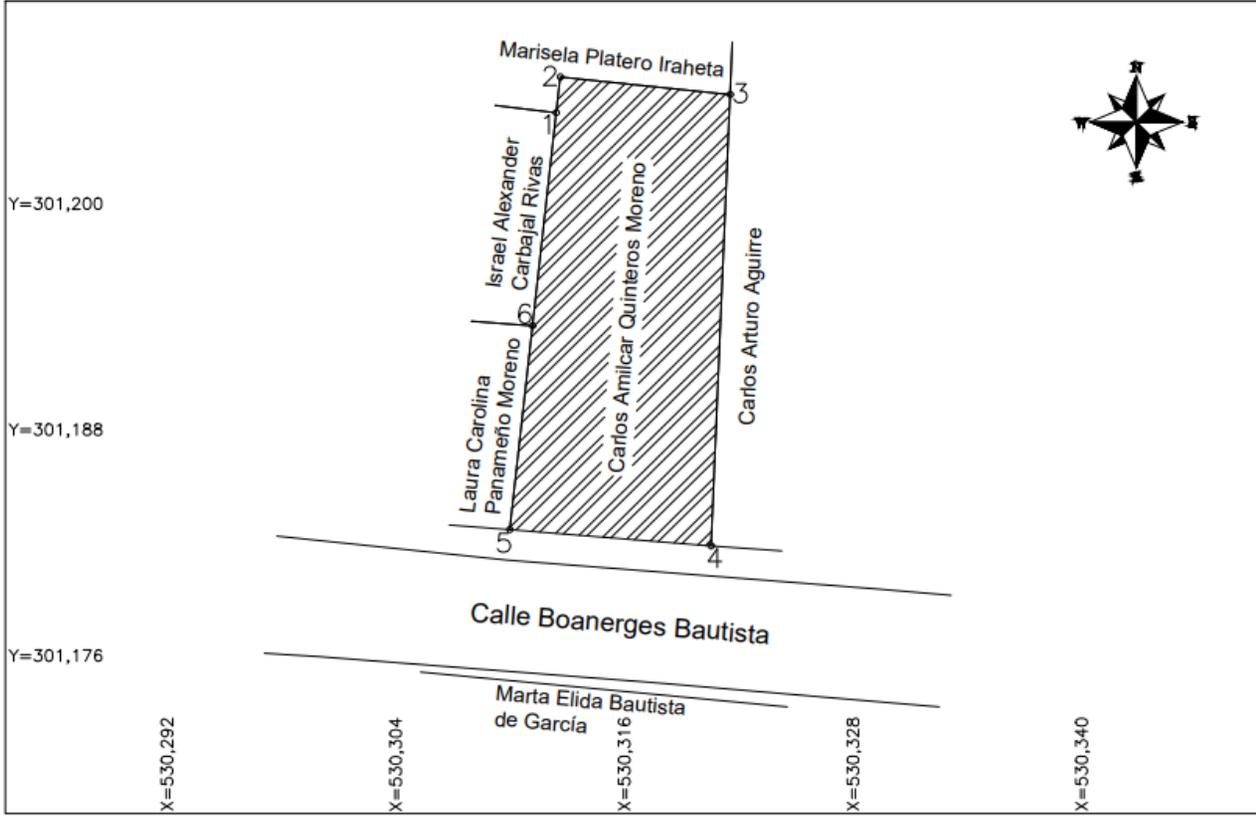
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados trece minutos cuarenta y seis segundos Oeste con una distancia de diez punto sesenta metros; lindando con el inmueble propiedad de Marta Elida Bautista de García con Calle Boanerges Bautista con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero seis grados dieciocho minutos diecinueve segundos Este con una distancia de diez punto ochenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Laura Carolina Panameño Moreno con muro de por medio; Tramo dos, Norte cero seis grados dieciocho minutos diecinueve segundos Este con una distancia de once punto treinta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Israel Alexander Carbajal Rivas con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,204.82	530,312.43	
1	2	N 06°18'19" E	1.90	301,206.71	530,312.64	
2	3	S 84°03'03" E	8.96	301,205.78	530,321.55	
3	4	S 02°23'23" W	23.99	301,181.82	530,320.55	
4	5	N 85°13'46" W	10.60	301,182.70	530,309.98	
5	6	N 06°18'19" E	10.88	301,193.51	530,311.18	
6	1	N 06°18'19" E	11.38	301,204.82	530,312.43	

SUPERFICIE = 235.28 m2 = 336.65 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO EL CENTRO, CASA No.5

PROPIETARIO:
CARLOS AMILCAR QUINTEROS MORENO

ÁREA: 235.28 M2
336.65 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Laura Carolina Panameño Moreno

LUGAR: Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 6

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Laura Carolina Panameño Moreno ubicado en Calle Boanerges Bautista, Barrio El Centro, Casa No. 6, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de cincuenta y siete punto veintitrés metros cuadrados, equivalentes a ochenta y un punto ochenta y nueve varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil ciento noventa y tres punto noventa y dos metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos cinco punto setenta y cinco metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y cinco grados treinta y siete minutos cero ocho segundos Este con una distancia de cinco punto cuarenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Israel Alexander Carbajal Rivas con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero seis grados

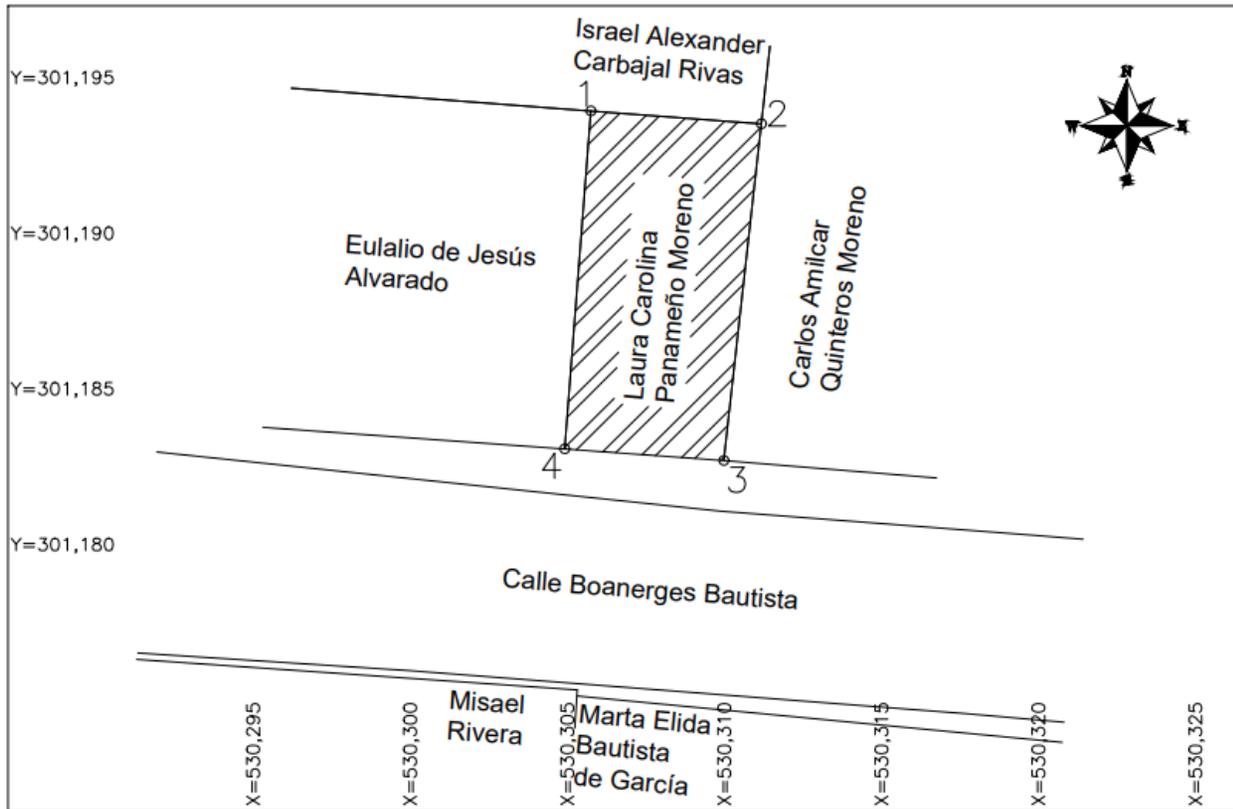
dieciocho minutos diecinueve segundos Oeste con una distancia de diez punto ochenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Amílcar Quinteros Moreno con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados cincuenta minutos cincuenta y nueve segundos Oeste con una distancia de cinco punto cero ocho metros; lindando con el inmueble propiedad de Marta Elida Bautista de García y el inmueble propiedad de Misael Rivera ambos con Calle Boanerges Bautista con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cuatro grados veintidós minutos cincuenta y dos segundos Este con una distancia de diez punto ochenta y nueve metros; colindando con el inmueble propiedad de Eulalio de Jesús Alvarado con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					Y	X
				1	301,193.92	530,305.75
1	2	S 85°37'08" E	5.44	2	301,193.51	530,311.18
2	3	S 06°18'19" W	10.88	3	301,182.70	530,309.98
3	4	N 85°50'59" W	5.08	4	301,183.07	530,304.92
4	1	N 04°23'21" E	10.89	1	301,193.92	530,305.75
SUPERFICIE = 57.23 m2 = 81.89 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
CALLE BOANERGES BAUTISTA, BARRIO EL CENTRO, CASA No.6

PROPIETARIO:
LAURA CAROLINA PANAMEÑO MORENO

ÁREA: 57.23 M2
81.89 V2

ESCALA:
1:120

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Eulalio de Jesús Alvarado

LUGAR: Entre Calle Boanerges Bautista y 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No.7

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Eulalio de Jesús Alvarado ubicado entre Calle Boanerges Bautista y 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 7, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento cincuenta y tres punto diecinueve metros cuadrados, equivalentes a doscientos diecinueve punto diecinueve varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil ciento noventa y cuatro punto noventa y nueve metros, ESTE quinientos treinta mil doscientos noventa y un punto ochenta y cuatro metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y cinco grados treinta y siete minutos cero ocho segundos Este con una distancia de trece punto noventa y cinco metros; colindando con el inmueble propiedad de Israel Alexander Carbajal Rivas con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero cuatro grados

veintidós minutos cincuenta y dos segundos Oeste con una distancia de diez punto ochenta y nueve metros; colindando con el inmueble propiedad de Laura Carolina Panameño Moreno con muro de por medio.

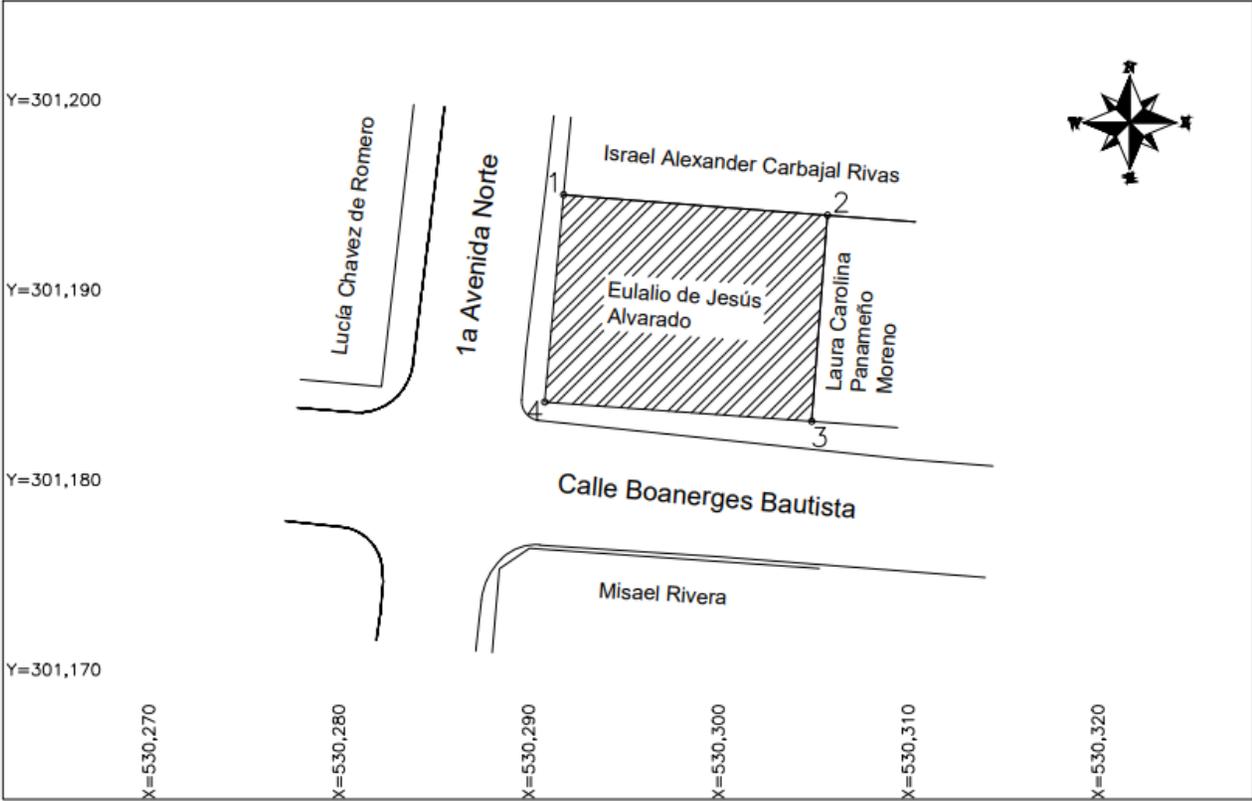
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados cincuenta minutos cincuenta y nueve segundos Oeste con una distancia de catorce punto once metros; lindando con el inmueble propiedad de Misael Rivera con Calle Boanerges con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cinco grados once minutos doce segundos Este con una distancia de diez punto noventa y cinco metros; lindando con el inmueble propiedad de Lucia Chávez de Romero con 1a Avenida Norte con seis punto cero metros de ancho de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,194.99	530,291.84	
1	2	S 85°37'08" E	13.95	2	301,193.92	530,305.75
2	3	S 04°23'21" W	10.89	3	301,183.07	530,304.92
3	4	N 85°50'59" W	14.11	4	301,184.09	530,290.85
4	1	N 05°11'12" E	10.95	1	301,194.99	530,291.84

SUPERFICIE = 153.19 m2 = 219.19 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
ENTRE CALLE BOANERGES BAUTISTA Y 1a AVENIDA NORTE,
BARRIO EL CENTRO, CASA No. 7

PROPIETARIO:
EULALIO DE JESÚS ALVARADO

ÁREA: 153.19 M2
219.19 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Israel Alexander Carbajal Rivas

LUGAR: 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 8

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Israel Alexander Carbajal Rivas ubicado en 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 8, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de doscientos treinta punto catorce metros cuadrados, equivalentes a trescientos veintinueve punto veintinueve varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos siete punto diecinueve metros, ESTE quinientos treinta mil doscientos noventa y tres punto cero un metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y tres grados cero tres minutos veintidós segundos Este con una distancia de diecinueve punto cincuenta y seis metros; colindando con el inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero seis grados

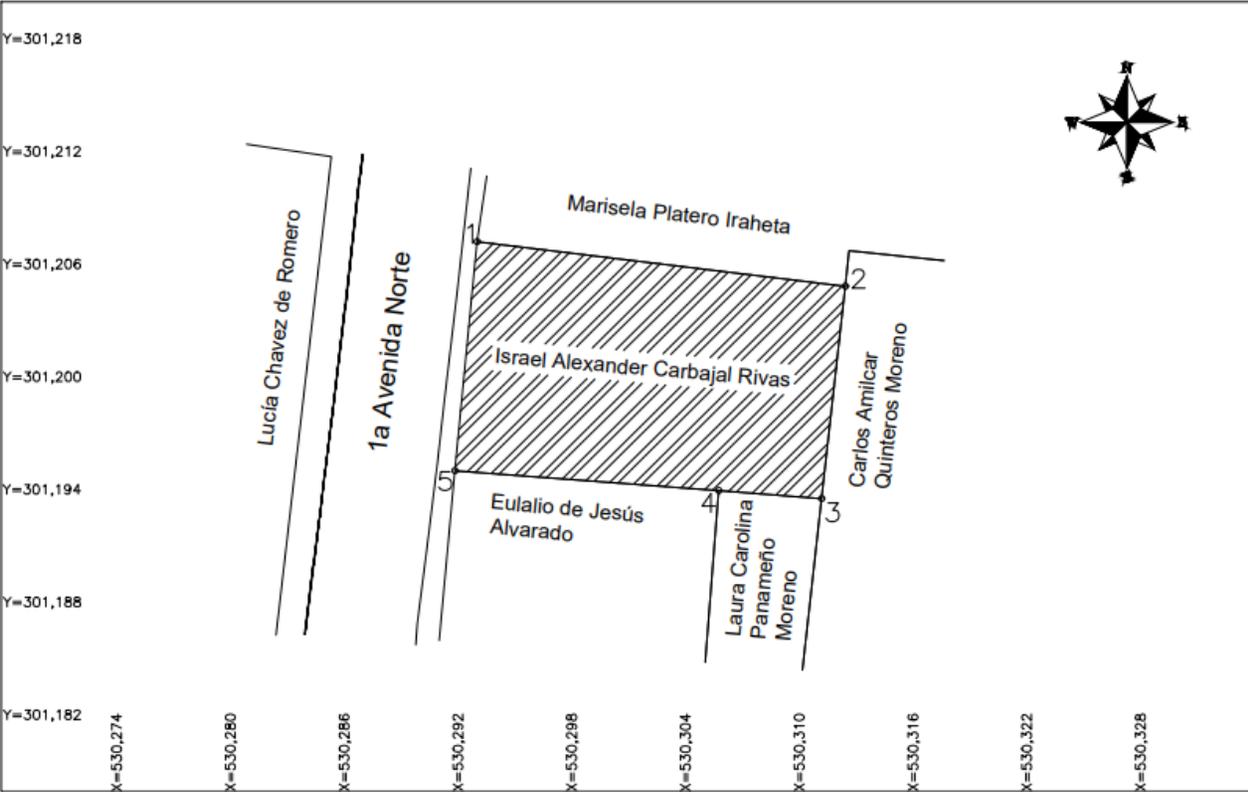
dieciocho minutos diecinueve segundos Oeste con una distancia de once punto treinta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Amílcar Quinteros Moreno con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados treinta y siete minutos cero ocho segundos Oeste con una distancia de cinco punto cuarenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Laura Carolina Panameño Moreno con muro de por medio; Tramo dos, Norte ochenta y cinco grados treinta y siete minutos cero ocho segundos Oeste con una distancia de trece punto noventa y cinco metros; colindando con el inmueble propiedad de Eulalio de Jesús Alvarado con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cinco grados veintiocho minutos veintiocho segundos Este con una distancia de doce punto veinticinco metros; lindando con el inmueble propiedad de Lucía Chávez de Romero con 1a Avenida Norte con seis punto cero metros de ancho de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					Y	X
				1	301,207.19	530,293.01
1	2	S 83°03'22" E	19.56	2	301,204.82	530,312.43
2	3	S 06°18'19" W	11.38	3	301,193.51	530,311.18
3	4	N 85°37'08" W	5.44	4	301,193.92	530,305.75
4	5	N 85°37'08" W	13.95	5	301,194.99	530,291.84
5	1	N 05°28'28" E	12.25	1	301,207.19	530,293.01
SUPERFICIE = 230.14 m2 = 329.29 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a AVENIDA NORTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 8

PROPIETARIO:
ISRAEL ALEXANDER CARBAJAL RIVAS

ÁREA: 230.14 M2
329.29 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Marisela Platero Iraheta

LUGAR: 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 9

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta ubicado en 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 9, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de trescientos un punto noventa y ocho metros cuadrados, equivalentes a cuatrocientos treinta y dos punto cero ocho varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos dieciocho punto cero cero metros, ESTE quinientos treinta mil doscientos noventa y cuatro punto cincuenta y ocho metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por tres tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y cinco grados cero un minutos veinticuatro segundos Este con una distancia de diecinueve punto treinta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de María del Socorro Moreno de Navarro con muro de por medio; Tramo dos, Sur ochenta y cinco grados cero un minutos veinticuatro segundos Este con una distancia de seis punto ochenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Miguel Munguía con muro de por medio; Tramo tres, Sur ochenta y

cinco grados cero un minutos veinticuatro segundos Este con una distancia de un punto veintidós metros; colindando con el inmueble propiedad de Tomas Rogelio García con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero dos grados veintitrés minutos veintitrés segundos Oeste con una distancia de nueve punto ochenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Arturo Aguirre con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por tres tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cuatro grados cero tres minutos cero tres segundos Oeste con una distancia de ocho punto noventa y seis metros; Tramo dos, Sur cero seis grados dieciocho minutos diecinueve segundos Oeste con una distancia de un punto noventa metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Amílcar Quinteros Moreno con muro de por medio; Tramo tres, Norte ochenta y tres grados cero tres minutos veintidós segundos Oeste con una distancia de diecinueve punto cincuenta y seis metros; colindando con el inmueble propiedad de Israel Alexander Carbajal Rivas con muro de por medio.

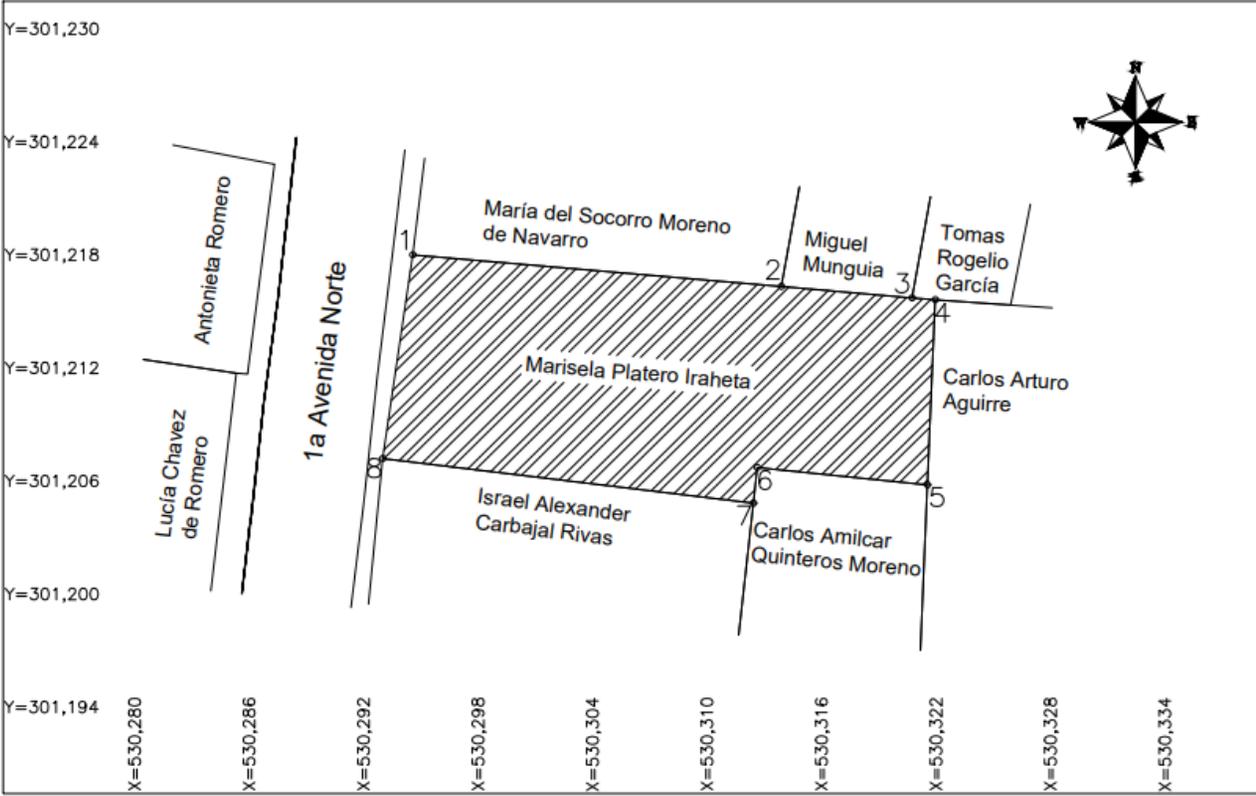
LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero ocho grados diecisiete minutos cuarenta y ocho segundos Este con una distancia de diez

punto noventa y dos metros; lindando con el inmueble propiedad de Lucia Chávez de Romero y el inmueble propiedad de Antonieta Romero ambos con 1a Avenida Norte con cinco punto cincuenta metros de ancho de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	301,218.00	530,294.58
1	2	S 85°01'24" E	19.38	2	301,216.31	530,313.89
2	3	S 85°01'24" E	6.87	3	301,215.72	530,320.74
3	4	S 85°01'24" E	1.22	4	301,215.61	530,321.96
4	5	S 02°23'23" W	9.84	5	301,205.78	530,321.55
5	6	N 84°03'03" W	8.96	6	301,206.71	530,312.64
6	7	S 06°18'19" W	1.90	7	301,204.82	530,312.43
7	8	N 83°03'22" W	19.56	8	301,207.19	530,293.01
8	1	N 08°17'48" E	10.92	1	301,218.00	530,294.58

SUPERFICIE = 301.98 m2 = 432.08 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a AVENIDA NORTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 9

PROPIETARIO:
MARISELA PLATERO IRAHETA

ÁREA: 301.98 M2
432.08 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: María del Socorro de Navarro

LUGAR: 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 10

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de María del Socorro de Navarro ubicado en 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 10, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de doscientos cincuenta y cinco punto setenta y cinco metros cuadrados, equivalentes a trescientos sesenta y cinco punto noventa y tres varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos treinta y un punto veinte metros, ESTE quinientos treinta mil doscientos noventa y seis punto diecisiete metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y dos grados cincuenta y nueve minutos cuarenta y tres segundos Este con una distancia de veinte punto trece metros; colindando con el inmueble propiedad de William Ernesto Moreno con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados dieciocho minutos veintiocho segundos Oeste con una distancia de doce punto sesenta y tres metros; colindando con el inmueble propiedad de Miguel Munguía con muro de por medio.

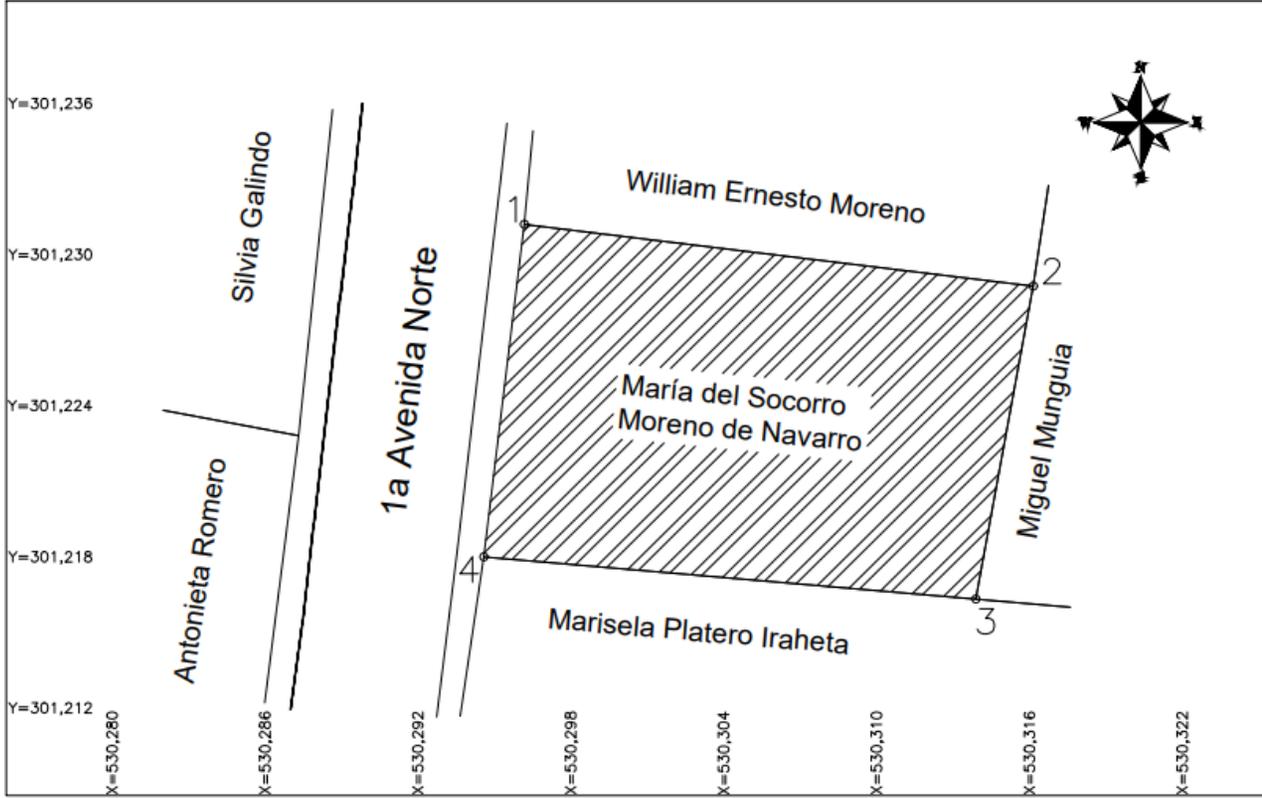
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados cero un minutos veinticuatro segundos Oeste con una distancia de diecinueve punto treinta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero seis grados cincuenta y dos minutos cero cero segundos Este con una distancia de trece punto treinta metros; lindando con el inmueble propiedad de Antonieta Romero y el inmueble propiedad de Silvia Galindo ambos con 1a Avenida Norte con cinco punto cincuenta metros de ancho de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,231.20	530,296.17	
1	2	S 82°59'43" E	20.13	2	301,228.74	530,316.15
2	3	S 10°18'28" W	12.63	3	301,216.31	530,313.89
3	4	N 85°01'24" W	19.38	4	301,218.00	530,294.58
4	1	N 06°52'00" E	13.30	1	301,231.20	530,296.17

SUPERFICIE = 255.75 m2 = 365.93 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a AVENIDA NORTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 10

PROPIETARIO:
MARIA DEL SOCORRO MORENO DE NAVARRO

ÁREA: 255.75 M2
365.93 V2

ESCALA:
1:150

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: William Ernesto Moreno

LUGAR: 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 11

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de William Ernesto Moreno ubicado en 1a Avenida Norte, Barrio El Centro, Casa No. 11, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento ochenta y ocho punto cero cuatro metros cuadrados, equivalentes a doscientos sesenta y nueve punto cero cinco varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuarenta punto veinticuatro metros, ESTE quinientos treinta mil doscientos noventa y siete punto cero tres metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y tres grados cincuenta minutos treinta y nueve segundos Este con una distancia de once punto dieciséis metros; colindando con el inmueble propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta con muro de por medio; Tramo dos, Sur ochenta y tres grados cincuenta minutos treinta y nueve segundos Este con una distancia de nueve punto cuarenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta con muro de por medio.

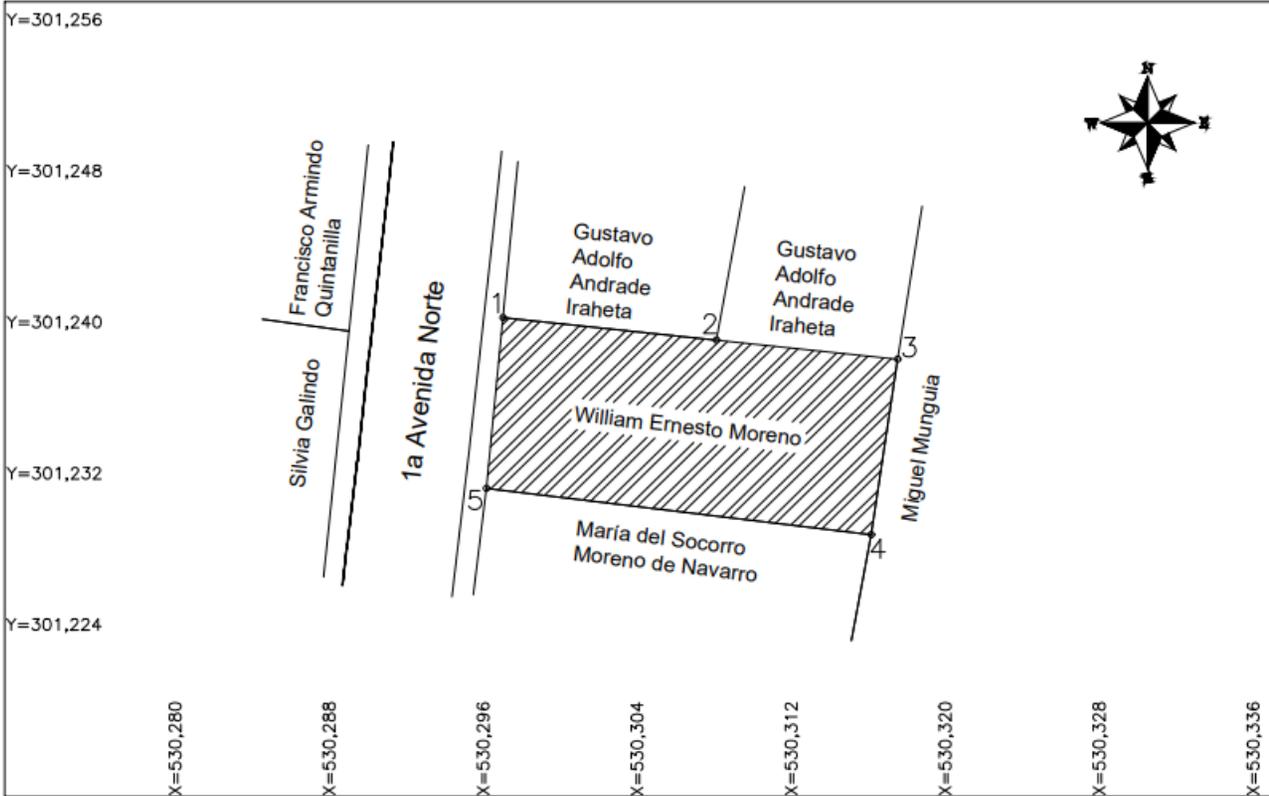
LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero ocho grados veintinueve minutos treinta y siete segundos Oeste con una distancia de nueve punto treinta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Miguel Munguía con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y dos grados cincuenta y nueve minutos cuarenta y tres segundos Oeste con una distancia de veinte punto trece metros; colindando con el inmueble propiedad de María del Socorro Moreno de Navarro con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cinco grados veintitrés minutos veintinueve segundos Este con una distancia de nueve punto cero ocho metros; lindando con el inmueble propiedad de Silvia Galindo y el inmueble propiedad de Francisco Armino Quintanilla ambos con 1a Avenida Norte con cinco punto cincuenta metros de ancho de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,240.24	530,297.03	
1	2	S 83°50'39" E	11.16	2	301,239.04	530,308.12
2	3	S 83°50'39" E	9.47	3	301,238.02	530,317.54
3	4	S 08°29'37" W	9.38	4	301,228.74	530,316.15
4	5	N 82°59'43" W	20.13	5	301,231.20	530,296.17
5	1	N 08°23'29" E	9.08	1	301,240.24	530,297.03
SUPERFICIE = 188.04 m2 = 269.05 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a AVENIDA NORTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 11

PROPIETARIO:
WILLIAM ERNESTO MORENO

ÁREA: 188.04 M2
269.05 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Gustavo Adolfo Andrade Iraheta

LUGAR: Entre 1a Avenida Norte y 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 12

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble denominado Remedición propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta ubicado en 1a Avenida Norte y 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 12, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento cuarenta y nueve punto setenta y un metros cuadrados, equivalentes a doscientos catorce punto veintiún varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cincuenta y tres punto veinticinco metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos punto setenta y nueve metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur setenta y nueve grados diecinueve minutos dieciocho segundos Este con una distancia de nueve punto setenta y cuatro metros; lindando con el inmueble propiedad de Martha Dinora Corvera y el inmueble propiedad de José Jaime Velasco ambos con 1a Calle Poniente con cinco punto cero metros de ancho de por medio.

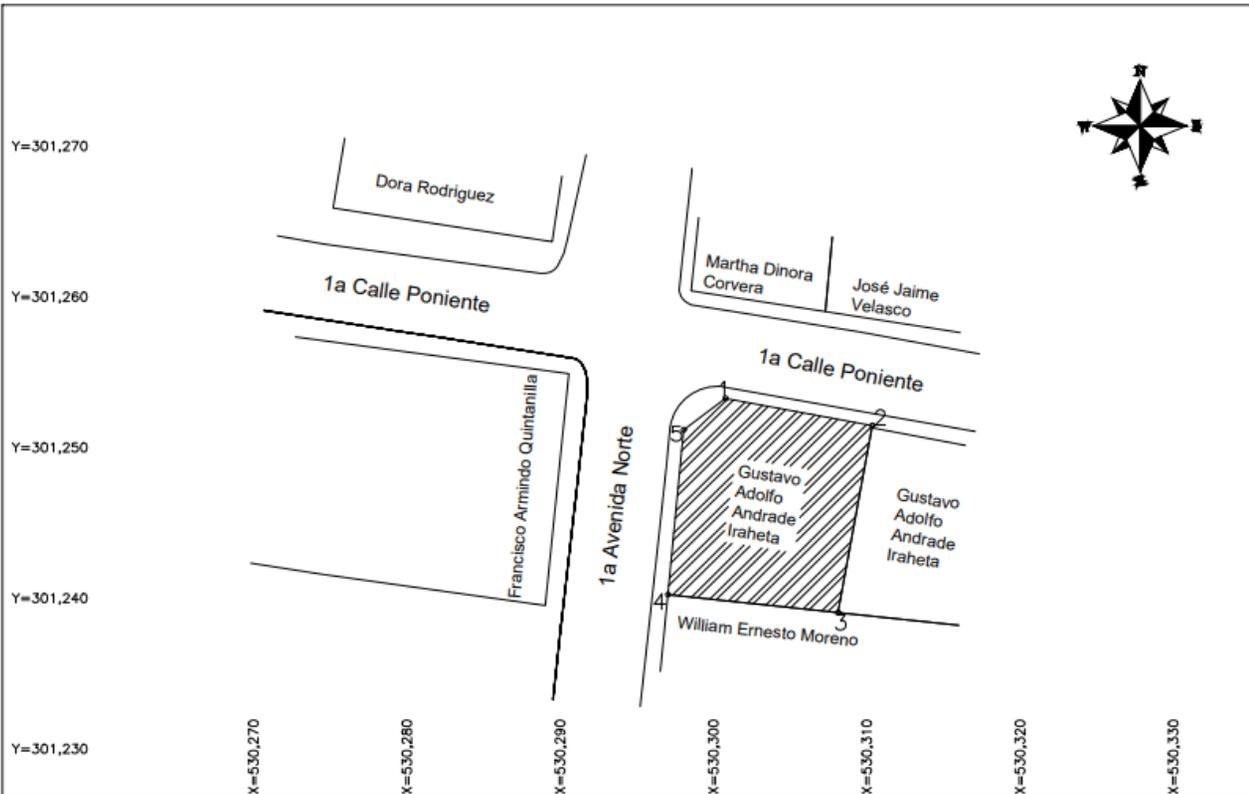
LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados quince minutos treinta y un segundos Oeste con una distancia de doce punto sesenta metros; colindando con el inmueble propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y tres grados cincuenta minutos treinta y nueve segundos Oeste con una distancia de once punto dieciséis metros; colindando con el inmueble propiedad de William Ernesto Moreno con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cinco grados veintitrés minutos veintinueve segundos Este con una distancia de diez punto noventa y ocho metros; Tramo dos, Norte cincuenta y dos grados cuarenta y ocho minutos diez segundos Este con una distancia de tres punto cuarenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Francisco Armindo Quintanilla con 1a Avenida Norte con cinco punto cincuenta metros de ancho de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUEADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					Y	X
				1	301,253.25	530,300.79
1	2	S 79°19'18" E	9.74	2	301,251.44	530,310.37
2	3	S 10°15'31" W	12.60	3	301,239.04	530,308.12
3	4	N 83°50'39" W	11.16	4	301,240.24	530,297.03
4	5	N 05°23'29" E	10.98	5	301,251.17	530,298.06
5	1	N 52°48'10" E	3.44	1	301,253.25	530,300.79
SUPERFICIE = 149.71 m2 = 214.21 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
ENTRE 1a AVENIDA NORTE Y 1a CALLE PONIENTE,
BARRIO EL CENTRO, CASA No. 12

PROPIETARIO:
GUSTAVO ADOLFO ANDRADE IRAHETA

ÁREA: 149.71 M2
214.21 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Gustavo Adolfo Andrade Iraheta

LUGAR: 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 13

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble denominado remediación propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta ubicado en 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 13, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento doce punto cuarenta y dos metros cuadrados, equivalentes a ciento sesenta punto ochenta y cinco varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cincuenta y un punto treinta y un, ESTE quinientos treinta mil trescientos diez punto treinta y cuatro.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur setenta y nueve grados cero cero minutos trece segundos Este con una distancia de nueve punto diecisiete metros; lindando con el inmueble propiedad de José Jaime Velasco y el inmueble propiedad de Rafael Antonio Andrade ambos con 1a Calle Poniente con cinco punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero ocho grados

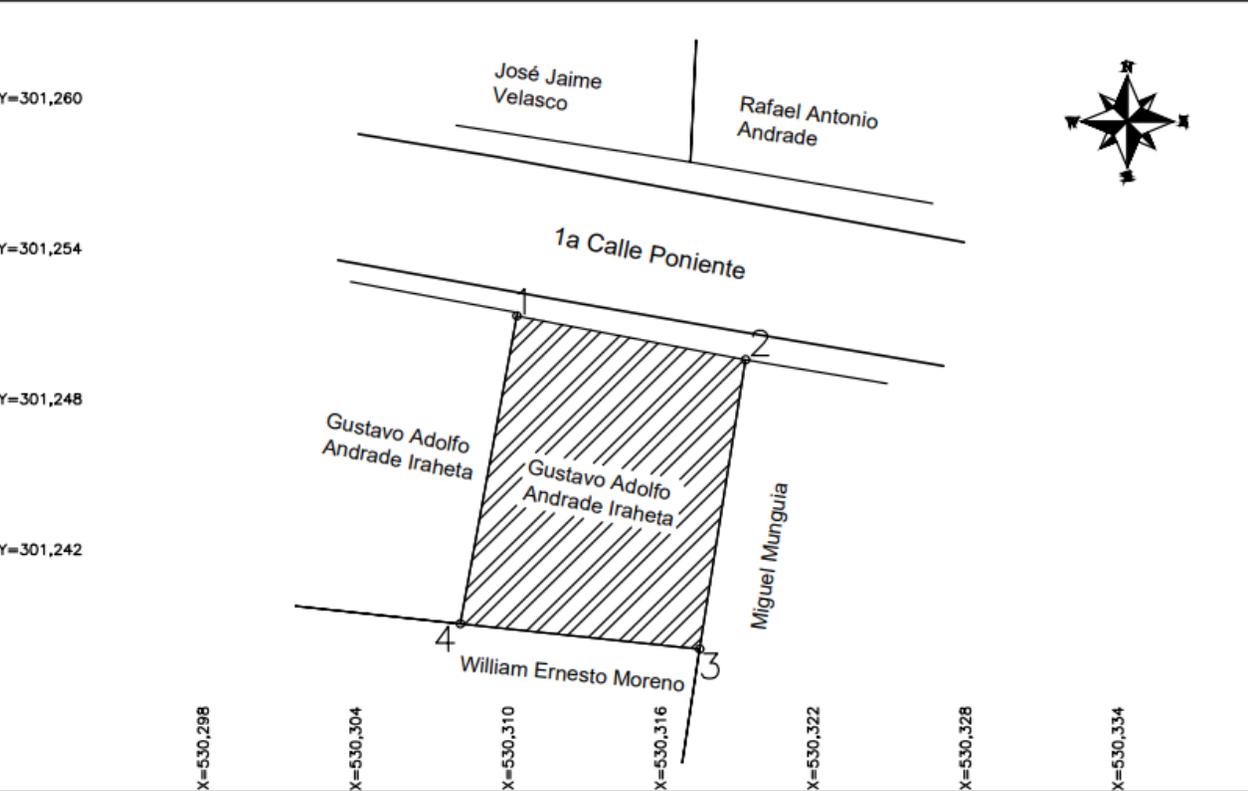
cincuenta y cuatro minutos trece segundos Oeste con una distancia de once punto sesenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Miguel Munguía con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y tres grados cincuenta minutos treinta y nueve segundos Oeste con una distancia de nueve punto cuarenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de William Ernesto Moreno con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte diez grados quince minutos treinta y un segundos Este con una distancia de doce punto cuarenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,251.31	530,310.34	
1	2	S 79°00'13" E	9.17	2	301,249.56	530,319.35
2	3	S 08°54'13" W	11.68	3	301,238.02	530,317.54
3	4	N 83°50'39" W	9.47	4	301,239.04	530,308.12
4	1	N 10°15'31" E	12.47	1	301,251.31	530,310.34
SUPERFICIE = 112.42 m2 = 160.85 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a CALLE PONIENTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 13

PROPIETARIO:
GUSTAVO ADOLFO ANDRADE IRAHETA

ÁREA: 112.42 M2
160.85 V2

ESCALA:
1:150

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Miguel Munguía

LUGAR: 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 14

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Miguel Munguía ubicado en 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 14, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de doscientos treinta y cinco punto cuarenta y cinco metros cuadrados, equivalentes a trescientos treinta y seis punto ochenta y nueve varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuarenta y nueve punto cincuenta y seis metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos diecinueve punto treinta y cinco metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta grados veinte minutos cincuenta y tres segundos Este con una distancia de siete punto cuarenta y cuatro metros; lindando con el inmueble propiedad de Rafael Antonio Andrade con 1a Calle Poniente con cinco punto cero metros de ancho de por medio.

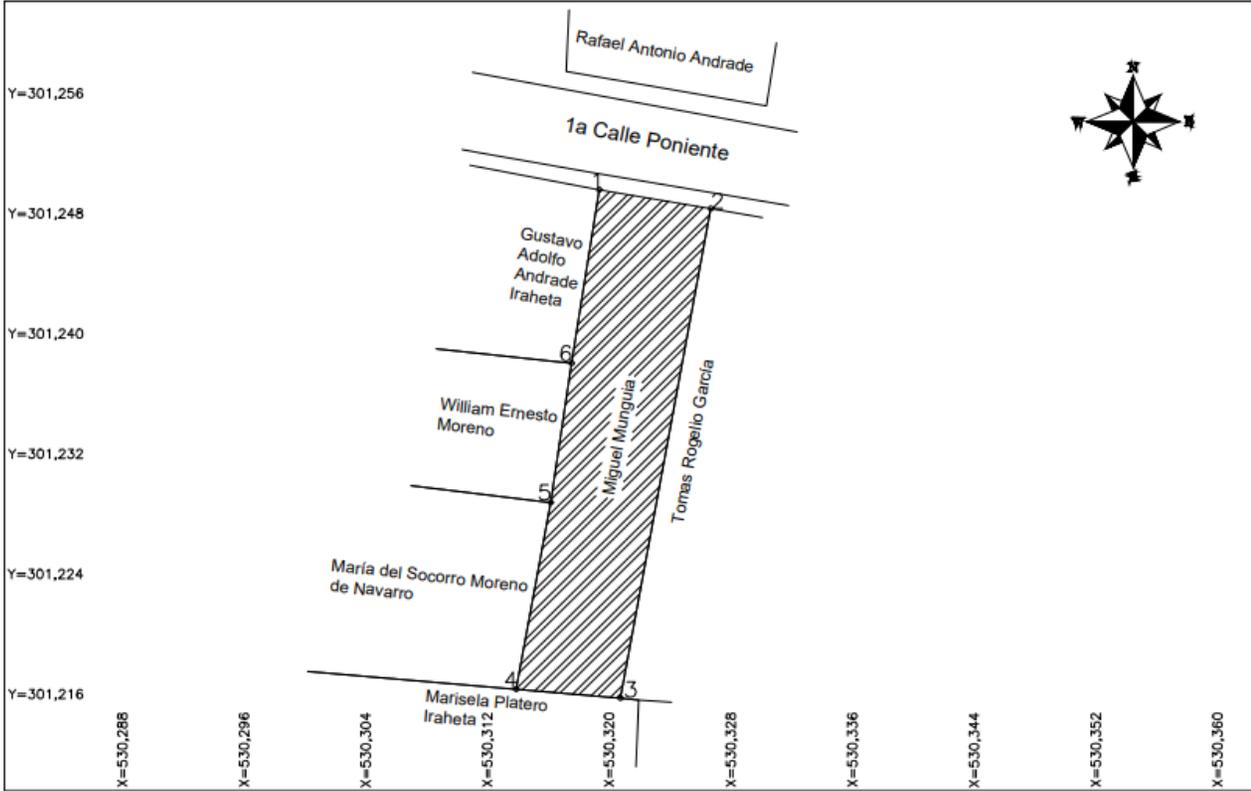
LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados veinte minutos cero un segundos Oeste con una distancia de treinta y tres punto trece metros; colindando con el inmueble propiedad de Tomas Rogelio García con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y cinco grados cero un minutos veinticuatro segundos Oeste con una distancia de seis punto ochenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por tres tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte diez grados dieciocho minutos veintiocho segundos Este con una distancia de doce punto sesenta y tres metros; colindando con el inmueble propiedad de María del Socorro Moreno de Navarro con muro de por medio; Tramo dos, Norte cero ocho grados veintinueve minutos treinta y siete segundos Este con una distancia de nueve punto treinta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de William Ernesto Moreno con muro de por medio; Tramo tres, Norte cero ocho grados cincuenta y cuatro minutos trece segundos Este con una distancia de once punto sesenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Gustavo Adolfo Andrade Iraheta con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,249.56	530,319.35	
1	2	S 80°20'53" E	7.44	301,248.32	530,326.66	
2	3	S 10°20'01" W	33.13	301,215.72	530,320.74	
3	4	N 85°01'24" W	6.87	301,216.31	530,313.89	
4	5	N 10°18'28" E	12.63	301,228.74	530,316.15	
5	6	N 08°29'37" E	9.38	301,238.02	530,317.54	
6	1	N 08°54'13" E	11.68	301,249.56	530,319.35	
SUPERFICIE = 235.45 m2 = 336.89 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a CALLE PONIENTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 14

PROPIETARIO:
MIGUEL MUNGUIA

ÁREA: 235.45 M2
336.89 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Tomas Rogelio García

LUGAR: 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 15

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Tomas Rogelio García ubicado en 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 15, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento setenta y seis punto cuarenta y dos metros cuadrados, equivalentes a doscientos cincuenta y dos punto cuarenta y tres varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuarenta y ocho punto treinta y dos metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos veintiséis punto sesenta y ocho metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta grados quince minutos veinticinco segundos Este con una distancia de cinco punto cincuenta y siete metros; lindando con el inmueble propiedad de Rafael Antonio Andrade y el inmueble propiedad de José Adolfo Andrade ambos con 1a Calle Poniente con cinco punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur once grados cero tres

minutos veinte segundos Oeste con una distancia de treinta y dos punto sesenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Edelmo Antonio García con muro de por medio.

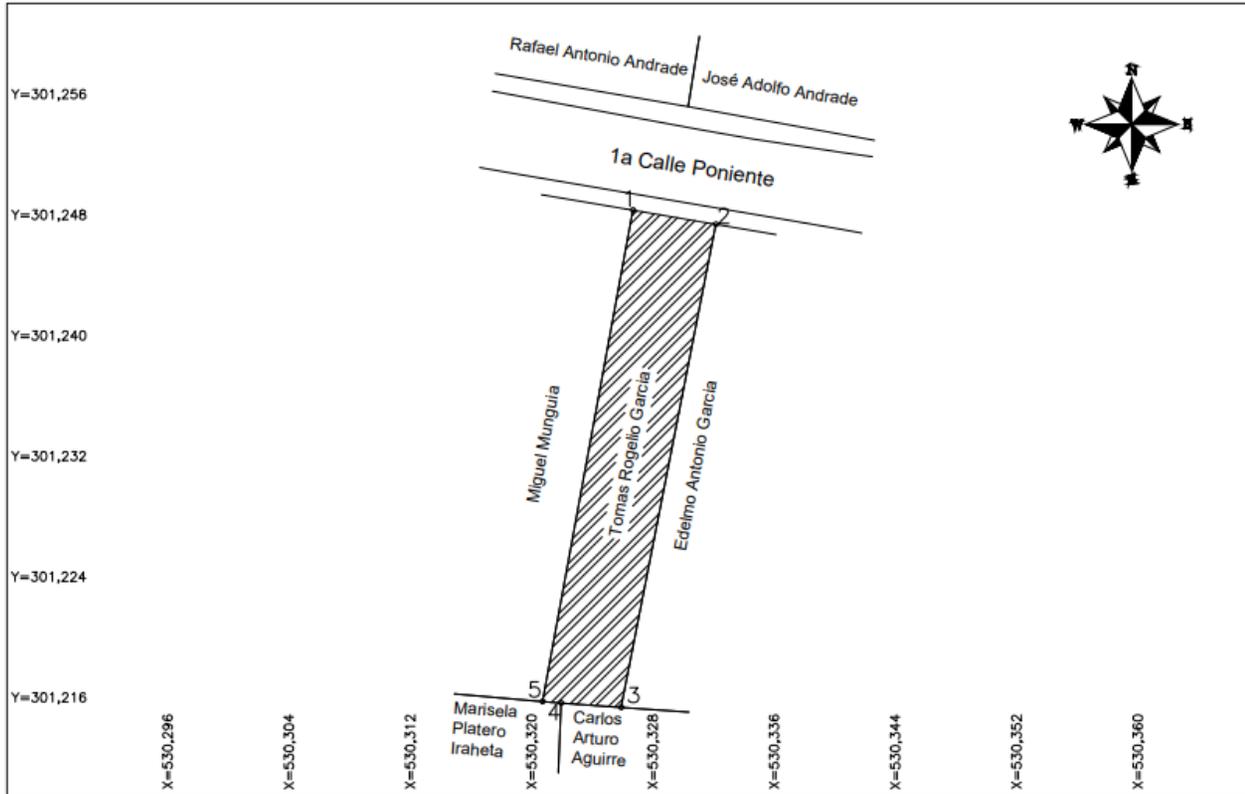
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y seis grados cero cuatro minutos catorce segundos Oeste con una distancia de tres punto noventa y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Arturo Aguirre con muro de por medio; Tramo dos, Norte ochenta y cinco grados cero un minutos veinticuatro segundos Oeste con una distancia de un punto veintidós metros; colindando con el inmueble propiedad de Marisela Platero Iraheta con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte diez grados veinte minutos cero un segundos Este con una distancia de treinta y tres punto trece metros; colindando con el inmueble propiedad de Miguel Munguía con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,248.32	530,326.68	
1	2	S 80°15'25" E	5.57	2	301,247.37	530,332.17
2	3	S 11°03'20" W	32.64	3	301,215.34	530,325.92
3	4	N 86°04'14" W	3.97	4	301,215.61	530,321.96
4	5	N 85°01'24" W	1.22	5	301,215.72	530,320.74
5	1	N 10°20'01" E	33.13	1	301,248.32	530,326.68

SUPERFICIE = 176.42 m2 = 252.43 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a CALLE PONIENTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 15

PROPIETARIO:
TOMAS ROGELIO GARCÍA

ÁREA: 176.42 M2
252.43 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Edelmo Antonio García

LUGAR: 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 16

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Edelmo Antonio García ubicado en 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 16, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de ciento cincuenta y nueve punto dieciocho metros cuadrados, equivalentes a doscientos veintisiete punto setenta y seis varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuarenta y siete punto treinta y siete metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos treinta y dos punto diecisiete metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta grados catorce minutos treinta y tres segundos Este con una distancia de cuatro punto ochenta y seis metros; lindando con el inmueble propiedad de José Adolfo Andrade con 1a Calle Poniente con cinco punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados cincuenta minutos treinta y siete segundos Oeste con una distancia de treinta y dos punto

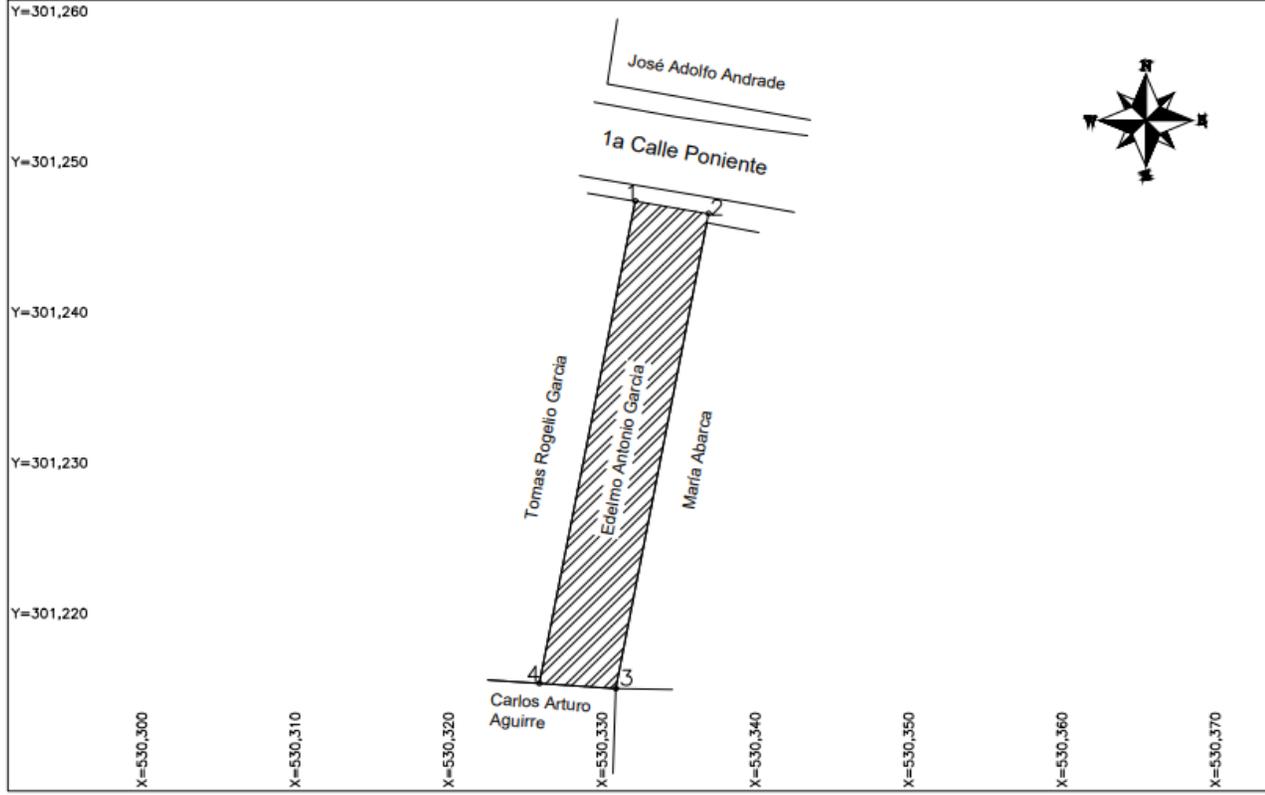
trece metros; colindando con el inmueble propiedad de María Abarca con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y seis grados cero cuatro minutos catorce segundos Oeste con una distancia de cinco punto cero un metros; colindando con el inmueble propiedad de Carlos Arturo Aguirre con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte once grados cero tres minutos veinte segundos Este con una distancia de treinta y dos punto sesenta y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Tomas Rogelio García con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					Y	X
				1	301,247.37	530,332.17
1	2	S 80°14'33" E	4.86	2	301,246.55	530,336.96
2	3	S 10°50'37" W	32.13	3	301,215.00	530,330.92
3	4	N 86°04'14" W	5.01	4	301,215.34	530,325.92
4	1	N 11°03'20" E	32.64	1	301,247.37	530,332.17
SUPERFICIE = 159.18 m2 = 227.76 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a CALLE PONIENTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 16

PROPIETARIO:
EDELMO ANTONIO GARCÍA

ÁREA: 159.18 M2
227.76 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: María Abarca

LUGAR: 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 17

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de María Abarca ubicado en 1a Calle Poniente, Barrio El Centro, Casa No. 17, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de cuatrocientos sesenta y siete punto cero ocho metros cuadrados, equivalentes a seiscientos sesenta y ocho punto treinta y un varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuarenta y cinco punto noventa y cinco metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos treinta y seis punto ochenta y cinco metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur setenta y nueve grados diez minutos cincuenta y nueve segundos Este con una distancia de quince punto treinta y cuatro metros; lindando con el inmueble propiedad de José Adolfo Andrade y el inmueble propiedad de Miguel Pérez ambos con 1a Calle Poniente con cinco punto cero metros de ancho de por medio.

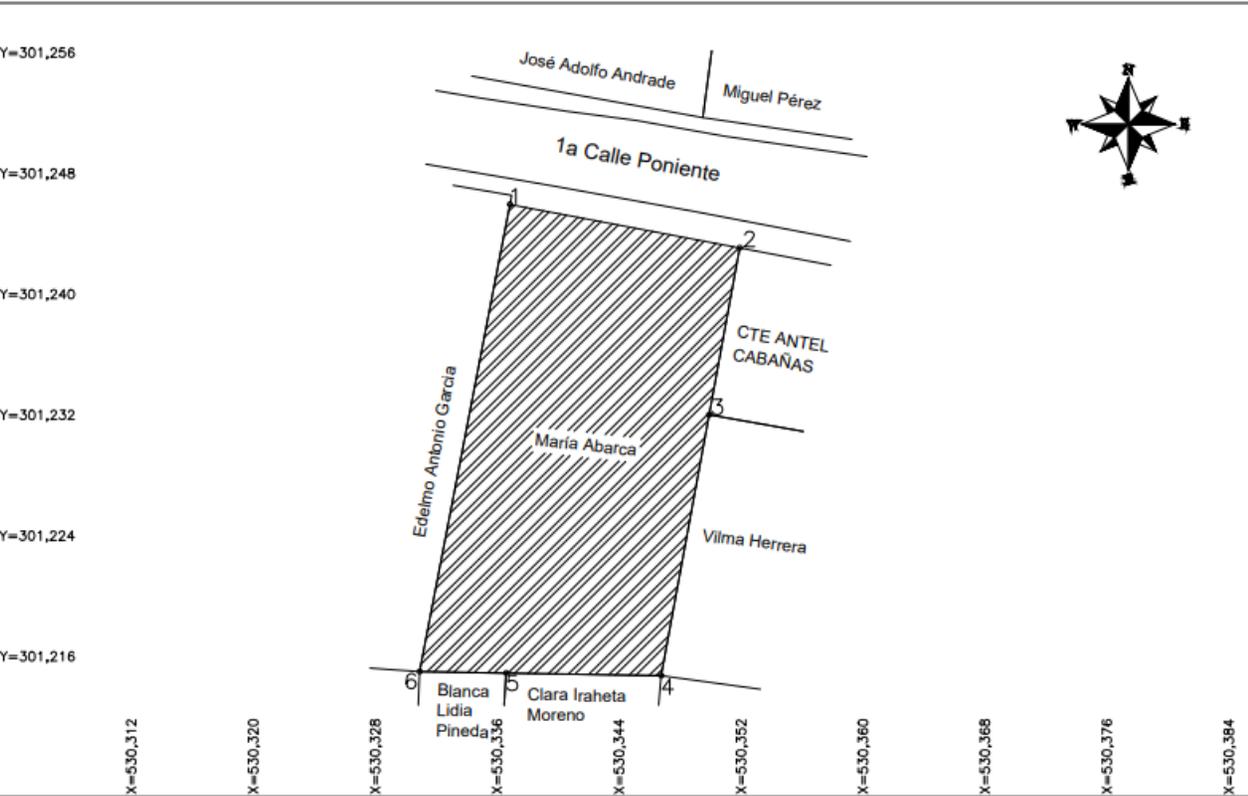
LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados diecisiete minutos cero siete segundos Oeste con una distancia de once punto veinticinco metros; colindando con el inmueble propiedad de CTE ANTEL CABAÑAS con muro de por medio; Tramo dos, Sur diez grados diecisiete minutos cero siete segundos Oeste con una distancia de diecisiete punto cincuenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de Vilma Herrera con muro de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por dos tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y nueve grados cero cero minutos cuarenta y seis segundos Oeste con una distancia de diez punto diecisiete metros; colindando con el inmueble propiedad de Clara Iraheta Moreno con muro de por medio; Tramo dos, Norte ochenta y nueve grados cero cero minutos cuarenta y seis segundos Oeste con una distancia de cinco punto sesenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Blanca Lidia Pineda con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte diez grados cincuenta minutos treinta y nueve segundos Este con una distancia de treinta y un punto cincuenta y dos metros; colindando con el inmueble propiedad de Edelmo Antonio García con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE CONSTRUCCION						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,245.95	530,336.85	
1	2	S 79°10'59" E	15.34	2	301,243.08	530,351.91
2	3	S 10°17'07" W	11.25	3	301,232.01	530,349.90
3	4	S 10°17'07" W	17.57	4	301,214.72	530,346.77
4	5	N 89°00'46" W	10.17	5	301,214.90	530,336.60
5	6	N 89°00'46" W	5.68	6	301,215.00	530,330.92
6	1	N 10°50'39" E	31.52	1	301,245.95	530,336.85
SUPERFICIE = 467.08 m2 = 668.31 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
1a CALLE PONIENTE, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 17

PROPIETARIO:
MARIA ABARCA

ÁREA: 467.08 M2
668.31 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: CTE ANTEL CABAÑAS

LUGAR: Entre 1a Calle Poniente y Avenida 15 de Mayo, Barrio El Centro, Casa No. 18

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de CTE ANTEL CABAÑAS ubicado en 1a Calle Poniente y Avenida 15 de Mayo, Barrio El Centro, Casa No. 18, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de doscientos cincuenta y seis punto treinta y siete metros cuadrados, equivalentes a trescientos sesenta y seis punto ochenta y dos varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos cuarenta y tres punto cero ocho metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos cincuenta y un punto noventa y un metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur setenta y nueve grados cero cuatro minutos treinta y tres segundos Este con una distancia de veintitrés punto cero ocho metros; lindando con el inmueble propiedad de Miguel Pérez y el inmueble propiedad de Rosenda Guadalupe Rivas ambos con 1a Calle Poniente con seis punto cero metros de ancho de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur diez grados cero cuatro minutos cincuenta y siete segundos Oeste con una distancia de diez punto noventa y cinco metros; lindando con Parque Municipal con Avenida 15 de Mayo con cinco punto cincuenta metros de ancho de por medio.

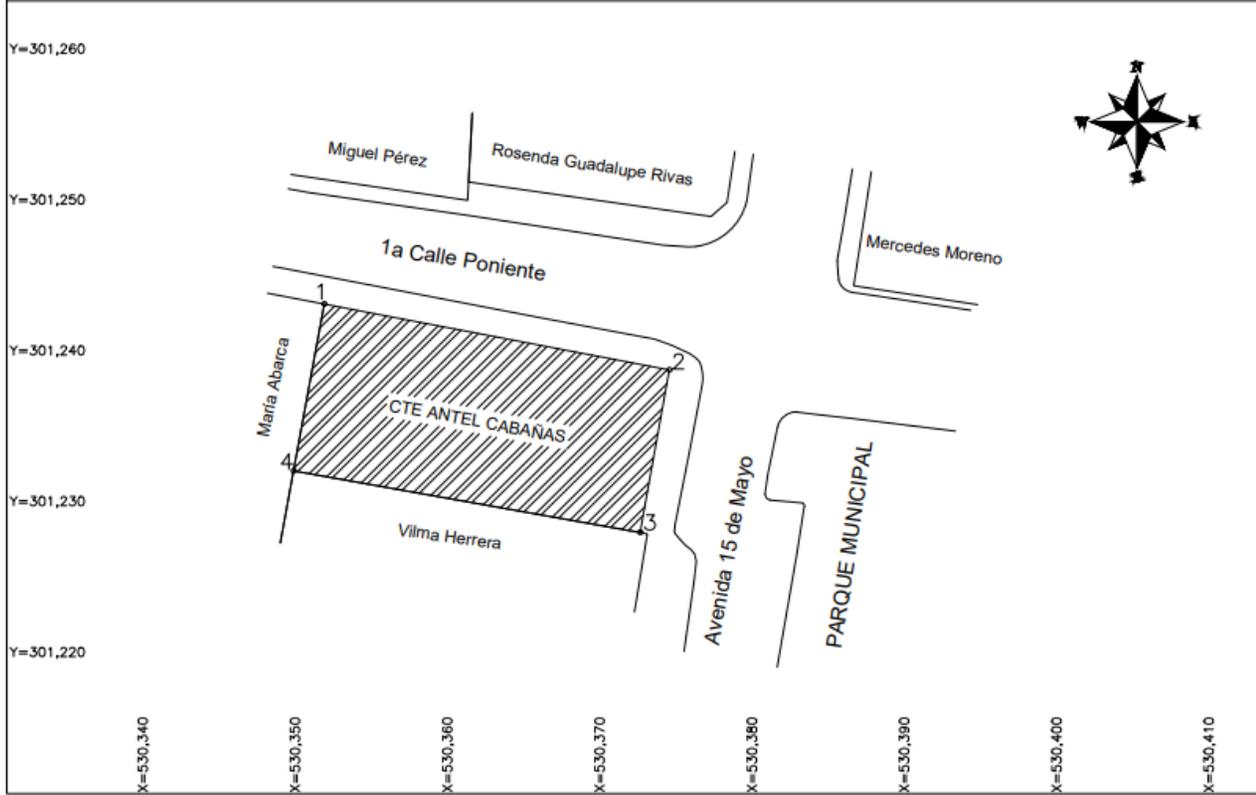
LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte setenta y nueve grados cuarenta y nueve minutos diez segundos Oeste con una distancia de veintitrés punto doce metros; colindando con el inmueble propiedad de Vilma Herrera con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte diez grados diecisiete minutos cero siete segundos Este con una distancia de once punto veinticinco metros; colindando con el inmueble propiedad de María Abarca con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,243.08	530,351.91	
1	2	S 79°04'33" E	23.08	2	301,238.70	530,374.57
2	3	S 10°04'57" W	10.95	3	301,227.92	530,372.66
3	4	N 79°49'10" W	23.12	4	301,232.01	530,349.90
4	1	N 10°17'07" E	11.25	1	301,243.08	530,351.91

SUPERFICIE = 256.37 m2 = 366.82 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
ENTRE 1a CALLE PONIENTE Y AVENIDA 15 DE MAYO, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 18

PROPIETARIO:
CTE ANTEL CABAÑAS

ÁREA: 256.37 M2
366.82 V2

ESCALA:
1:250

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Vilma Herrera

LUGAR: Avenida 15 de Mayo, Barrio El Centro, Casa No. 19

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Vilma Herrera ubicado en Avenida 15 de Mayo, Barrio El Centro, Casa No. 19, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de cuatrocientos seis punto veinte metros cuadrados, equivalentes a quinientos ochenta y un punto veinte varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos treinta y dos punto cero un metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos cuarenta y nueve punto noventa metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur setenta y nueve grados cuarenta y nueve minutos diez segundos Este con una distancia de veintitrés punto sesenta y un metros; colindando con el inmueble propiedad de CTE ANTEL CABAÑAS con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero nueve grados doce

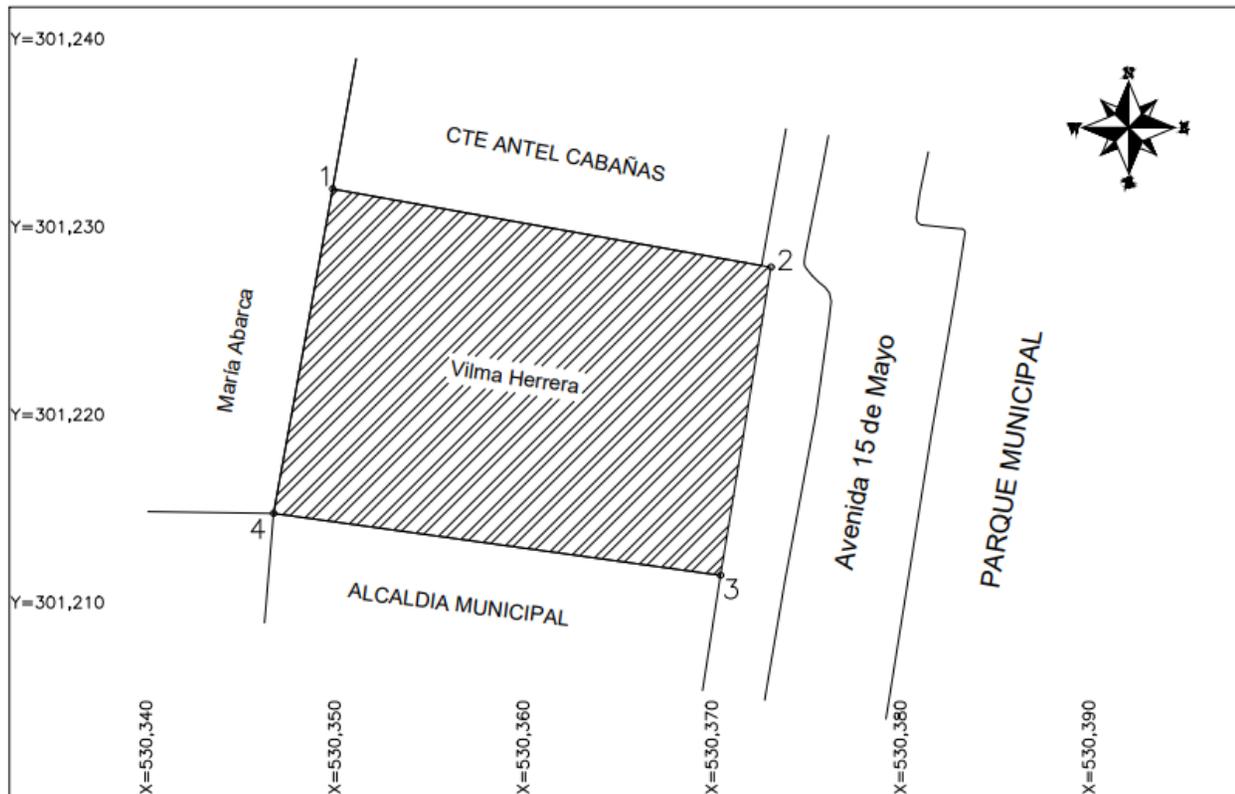
minutos treinta segundos Oeste con una distancia de dieciséis punto sesenta y un metros; lindando con Parque Municipal con Avenida 15 de Mayo con seis punto cincuenta metros de ancho de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte ochenta y dos grados cero seis minutos veintidós segundos Oeste con una distancia de veintitrés punto noventa y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Alcaldía Municipal con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte diez grados diecisiete minutos cero siete segundos Este con una distancia de diecisiete punto cincuenta y siete metros; colindando con el inmueble propiedad de María Abarca con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,232.01	530,349.90	
1	2	S 79°49'10" E	23.61	301,227.84	530,373.14	
2	3	S 09°12'30" W	16.61	301,211.44	530,370.48	
3	4	N 82°06'22" W	23.94	301,214.72	530,346.77	
4	1	N 10°17'07" E	17.57	301,232.01	530,349.90	
SUPERFICIE = 406.20 m2 = 581.20 v2						



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
AVENIDA 15 DE MAYO, BARRIO EL CENTRO, CASA No. 19

PROPIETARIO:
VILMA HERRERA

ÁREA: 406.20 M2
581.20 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PROPIETARIO: Alcaldía Municipal de San Isidro

LUGAR: Avenida 15 de Mayo, Barrio El Centro, Casa No. 20

MUNICIPIO: San Isidro

DEPARTAMENTO: Cabañas

Descripción técnica del inmueble propiedad de Alcaldía Municipal de San Isidro ubicado en Avenida 15 de Mayo, Barrio El Centro, Casa No. 20, municipio de San Isidro, departamento de Cabañas, con una extensión superficial de trescientos noventa punto setenta metros cuadrados, equivalentes a quinientos cincuenta y nueve punto cero dos varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos un mil doscientos catorce punto setenta y dos metros, ESTE quinientos treinta mil trescientos cuarenta y seis punto setenta y siete metros.

LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y dos grados cero seis minutos veintidós segundos Este con una distancia de veintitrés punto noventa y cuatro metros; colindando con el inmueble propiedad de Vilma Herrera con muro de por medio.

LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cero ocho grados

cuarenta y ocho minutos cincuenta y siete segundos Oeste con una distancia de dieciocho punto cincuenta y tres metros; lindando con Parque Municipal con Avenida 15 de Mayo con seis punto cincuenta metros de ancho de por medio.

LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente está formado por tres tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte setenta y siete grados cuarenta y un minutos cincuenta y seis segundos Oeste con una distancia de siete punto cero seis metros; Tramo dos, Norte cero ocho grados treinta y cinco minutos veintiséis segundos Este con una distancia de un punto treinta y un metros; Tramo tres, Norte setenta y siete grados cuarenta y un minutos veintidós segundos Oeste con una distancia de quince punto setenta y ocho metros; colindando con el inmueble propiedad de Felipa Catalina Alvarado Viuda de Iraheta con muro de por medio.

LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente está formado por un tramo con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cuatro grados treinta y ocho minutos cero seis segundos Este con una distancia de quince punto cuarenta y nueve metros; colindando con el inmueble propiedad de Clara Iraheta Moreno con muro de por medio.

Así se llega al vértice Nor Poniente, que es el punto donde se inició esta descripción.

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS						
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS		
				Y	X	
			1	301,214.72	530,346.77	
1	2	S 82°06'22" E	23.94	2	301,211.44	530,370.48
2	3	S 08°48'57" W	18.53	3	301,193.13	530,367.64
3	4	N 77°41'56" W	7.06	4	301,194.63	530,360.74
4	5	N 08°35'26" E	1.31	5	301,195.92	530,360.94
5	6	N 77°41'22" W	15.78	6	301,199.29	530,345.51
6	1	N 04°38'06" E	15.49	1	301,214.72	530,346.77

SUPERFICIE = 390.70 m2 = 559.02 v2



SELLOS:

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

UBICACIÓN:
AVENIDA 15 DE MAYO, BARRIO EL CENTRO

PROPIETARIO:
ALCALDÍA MUNICIPAL

ÁREA: 390.70 M2
559.02 V2

ESCALA:
1:200

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

10.5 Plano Catastral.



UBICACION DE PROYECTO:
SAN ISIDRO, CABAÑAS.

ESCALA:
1:1500

LEVANTAMIENTO CATASTRAL DE LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE SAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS, APLICANDO FOTOGRAMETRIA CON DRONES, TECNOLOGIA GPS Y UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA

ELABORÓ:
UBALDO ANTONIO ALVARENGA GUARDADO
NÉSTOR ALDAHIR AVALOS BONILLA
SOFIA ABIGAIL ORDOÑEZ TORRES
EVER JOSUÉ URQUILLA FLORES

RESPONSABLE:
ING WILFREDO AMAYA ZELAYA

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

SELLOS:

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 1

ORDEN	RUBRO	DISTANCIA	X	Y	COORDENADAS
1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1
1	3	1	1	1	1
1	4	1	1	1	1
1	5	1	1	1	1
1	6	1	1	1	1
1	7	1	1	1	1
1	8	1	1	1	1
1	9	1	1	1	1
1	10	1	1	1	1
1	11	1	1	1	1
1	12	1	1	1	1
1	13	1	1	1	1
1	14	1	1	1	1
1	15	1	1	1	1
1	16	1	1	1	1
1	17	1	1	1	1
1	18	1	1	1	1
1	19	1	1	1	1
1	20	1	1	1	1
1	21	1	1	1	1
1	22	1	1	1	1
1	23	1	1	1	1
1	24	1	1	1	1
1	25	1	1	1	1
1	26	1	1	1	1
1	27	1	1	1	1
1	28	1	1	1	1
1	29	1	1	1	1
1	30	1	1	1	1
1	31	1	1	1	1
1	32	1	1	1	1
1	33	1	1	1	1
1	34	1	1	1	1
1	35	1	1	1	1
1	36	1	1	1	1
1	37	1	1	1	1
1	38	1	1	1	1
1	39	1	1	1	1
1	40	1	1	1	1
1	41	1	1	1	1
1	42	1	1	1	1
1	43	1	1	1	1
1	44	1	1	1	1
1	45	1	1	1	1
1	46	1	1	1	1
1	47	1	1	1	1
1	48	1	1	1	1
1	49	1	1	1	1
1	50	1	1	1	1
1	51	1	1	1	1
1	52	1	1	1	1
1	53	1	1	1	1
1	54	1	1	1	1
1	55	1	1	1	1
1	56	1	1	1	1
1	57	1	1	1	1
1	58	1	1	1	1
1	59	1	1	1	1
1	60	1	1	1	1
1	61	1	1	1	1
1	62	1	1	1	1
1	63	1	1	1	1
1	64	1	1	1	1
1	65	1	1	1	1
1	66	1	1	1	1
1	67	1	1	1	1
1	68	1	1	1	1
1	69	1	1	1	1
1	70	1	1	1	1
1	71	1	1	1	1
1	72	1	1	1	1
1	73	1	1	1	1
1	74	1	1	1	1
1	75	1	1	1	1
1	76	1	1	1	1
1	77	1	1	1	1
1	78	1	1	1	1
1	79	1	1	1	1
1	80	1	1	1	1
1	81	1	1	1	1
1	82	1	1	1	1
1	83	1	1	1	1
1	84	1	1	1	1
1	85	1	1	1	1
1	86	1	1	1	1
1	87	1	1	1	1
1	88	1	1	1	1
1	89	1	1	1	1
1	90	1	1	1	1
1	91	1	1	1	1
1	92	1	1	1	1
1	93	1	1	1	1
1	94	1	1	1	1
1	95	1	1	1	1
1	96	1	1	1	1
1	97	1	1	1	1
1	98	1	1	1	1
1	99	1	1	1	1
1	100	1	1	1	1

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 2

ORDEN	RUBRO	DISTANCIA	X	Y	COORDENADAS
1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1
1	3	1	1	1	1
1	4	1	1	1	1
1	5	1	1	1	1
1	6	1	1	1	1
1	7	1	1	1	1
1	8	1	1	1	1
1	9	1	1	1	1
1	10	1	1	1	1
1	11	1	1	1	1
1	12	1	1	1	1
1	13	1	1	1	1
1	14	1	1	1	1
1	15	1	1	1	1
1	16	1	1	1	1
1	17	1	1	1	1
1	18	1	1	1	1
1	19	1	1	1	1
1	20	1	1	1	1
1	21	1	1	1	1
1	22	1	1	1	1
1	23	1	1	1	1
1	24	1	1	1	1
1	25	1	1	1	1
1	26	1	1	1	1
1	27	1	1	1	1
1	28	1	1	1	1
1	29	1	1	1	1
1	30	1	1	1	1
1	31	1	1	1	1
1	32	1	1	1	1
1	33	1	1	1	1
1	34	1	1	1	1
1	35	1	1	1	1
1	36	1	1	1	1
1	37	1	1	1	1
1	38	1	1	1	1
1	39	1	1	1	1
1	40	1	1	1	1
1	41	1	1	1	1
1	42	1	1	1	1
1	43	1	1	1	1
1	44	1	1	1	1
1	45	1	1	1	1
1	46	1	1	1	1
1	47	1	1	1	1
1	48	1	1	1	1
1	49	1	1	1	1
1	50	1	1	1	1
1	51	1	1	1	1
1	52	1	1	1	1
1	53	1	1	1	1
1	54	1	1	1	1
1	55	1	1	1	1
1	56	1	1	1	1
1	57	1	1	1	1
1	58	1	1	1	1
1	59	1	1	1	1
1	60	1	1	1	1
1	61	1	1	1	1
1	62	1	1	1	1
1	63	1	1	1	1
1	64	1	1	1	1
1	65	1	1	1	1
1	66	1	1	1	1
1	67	1	1	1	1
1	68	1	1	1	1
1	69	1	1	1	1
1	70	1	1	1	1
1	71	1	1	1	1
1	72	1	1	1	1
1	73	1	1	1	1
1	74	1	1	1	1
1	75	1	1	1	1
1	76	1	1	1	1
1	77	1	1	1	1
1	78	1	1	1	1
1	79	1	1	1	1
1	80	1	1	1	1
1	81	1	1	1	1
1	82	1	1	1	1
1	83	1	1	1	1
1	84	1	1	1	1
1	85	1	1	1	1
1	86	1	1	1	1
1	87	1	1	1	1
1	88	1	1	1	1
1	89	1	1	1	1
1	90	1	1	1	1
1	91	1	1	1	1
1	92	1	1	1	1
1	93	1	1	1	1
1	94	1	1	1	1
1	95	1	1	1	1
1	96	1	1	1	1
1	97	1	1	1	1
1	98	1	1	1	1
1	99	1	1	1	1
1	100	1	1	1	1

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 3

ORDEN	RUBRO	DISTANCIA	X	Y	COORDENADAS
1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	1	1
1	3	1	1	1	1
1	4	1	1	1	1
1	5	1	1	1	1
1	6	1	1	1	1
1	7	1	1	1	1
1	8	1	1	1	1
1	9	1	1	1	1
1	10	1	1	1	1
1	11	1	1	1	1
1	12	1	1	1	1
1	13	1	1	1	1
1	14	1	1	1	1
1	15	1	1	1	1
1	16	1	1	1	1
1	17	1	1	1	1
1	18	1	1	1	1
1	19	1	1	1	1
1	20	1	1	1	1
1	21	1	1	1	1
1	22	1	1	1	1
1	23	1	1	1	1
1	24	1	1	1	1
1	25	1	1	1	1
1	26	1	1	1	1
1	27	1	1	1	1
1	28	1	1	1	1
1	29	1	1	1	1
1	30	1	1	1	1
1	31	1	1	1	1
1	32	1	1	1	1
1	33	1	1	1	1
1	34	1	1	1	1
1	35	1	1	1	1
1	36	1	1	1	1
1	37	1	1	1	1
1	38	1	1	1	1
1	39	1	1	1	1
1	40	1	1	1	1
1	41	1	1	1	1
1	42	1	1	1	1
1	43	1	1	1	1
1	44	1	1	1	1
1	45	1	1	1	1
1	46	1	1	1	1
1	47	1	1	1	1
1	48	1	1	1	1
1	49	1	1	1	1
1	50	1	1	1	1
1	51	1	1	1	1
1	52	1	1	1	1
1	53	1	1	1	1
1	54	1	1	1	1
1	55	1	1	1	1
1	56	1	1	1	1
1	57	1	1	1	1
1	58	1	1	1	1
1	59	1	1	1	1
1	60	1	1	1	1
1	61	1	1	1	1
1	62	1	1	1	1
1	63	1	1	1	1
1	64	1	1	1	1
1	65	1	1	1	1
1	66	1	1	1	1
1	67	1	1	1	1
1	68	1	1	1	1
1	69	1	1	1	1
1	70	1	1	1	1
1	71	1	1		



UBICACION DE PROYECTO:
SAN ISIDRO, CABAÑAS.

ESCALA:
1:1500

LEVANTAMIENTO CATASTRAL DE LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE SAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS, APLICANDO FOTOGRAMETRIA CON DRONES, TECNOLOGIA GPS Y UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA

ELABORÓ:
UBALDO ANTONIO ALVARENGA GUARDADO
NÉSTOR ALDAHIR AVALOS BONILLA
SOFIA ABIGAIL ORDOÑEZ TORRES
EVER JOSUE URQUILLA FLORES

RESPONSABLE:
ING WILFREDO AMAYA ZELAYA

FECHA DE ELABORACIÓN: OCTUBRE DE 2023

SELLOS:

CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 1				CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 2				CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 3				CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 4				CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 5				CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS MANZANA 6							
TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	COORDENADAS	TRAMO	RUMBO	DISTANCIA	COORDENADAS																				
1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000	1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000	1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000	1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000	1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000	1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000	1	135° 20' 00"	100.00	100.000000 0.000000