

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



**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN TECNOLOGÍA GPS  
Y SENSORES REMOTOS PARA PROYECTOS DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA EN EL ÁREA DEL  
POLIDEPORTIVO DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR**

PRESENTADA POR:

**CRISTIAN ALEXANDER AGUILAR VELASCO**

**MIGUEL JOSÉ ANGEL CERRITOS**

**KATHERINE VANESSA GONZÁLEZ AQUINO**

**GLORIA RAQUEL GONZÁLEZ MEJÍA**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO(A) CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2021

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

**SECRETARIO :**

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DIRECTOR :**

**ING. ANÍBAL RODOLFO ORTIZ**

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

:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN TECNOLOGÍA GPS  
Y SENSORES REMOTOS PARA PROYECTOS DE  
INGENIERÍA CIVIL**

:

**RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA EN EL ÁREA DEL  
POLIDEPORTIVO DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR**

Presentado por

:

**CRISTIAN ALEXANDER AGUILAR VELASCO**

**MIGUEL JOSÉ ANGEL CERRITOS**

**KATHERINE VANESSA GONZÁLEZ AQUINO**

**GLORIA RAQUEL GONZÁLEZ MEJÍA**

Curso de Especialización Aprobado por:

Docente Asesor

:

**ING. WILFREDO AMAYA ZELAYA**

San Salvador, noviembre de 2021

Curso de Especialización aprobado por:

Docente Asesor :

**ING. WILFREDO AMAYA ZELAYA**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPITULO I: “GENERALIDADES DE LA Restitución FOTOGAMÉTRICA”	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Alcances .....	5
1.5 Limitaciones.....	6
1.6 Justificación .....	7
CAPITULO II:“FUNDAMENTOS TEÓRICOS” .....	8
2.1 Sistemas de Referencia Geodésico.....	8
2.1.1 Elipsoide .....	10
2.1.2 Datum .....	11
2.1.3 Proyecciones Cartográficas .....	14
2.1.4 Sistema de Referencia Geodésico Lambert SIRGAS-ES2007 ..	15
2.1.5 Levantamientos Geodésicos con GNSS.....	16



CAPITULO IV: “PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO” .....	64
4.1 Breve descripción del Programa Pix4d Mapper .....	64
4.1.1 Estudios .....	65
4.1.2 Construcción .....	65
4.2 Descripción Global Mapper .....	84
4.3 Procedimiento realizado en software de dibujo (Civil 3D y CivilCAD) ...	94
4.3.1 ¿Qué es el archivo ECW? .....	95
4.3.2 Especificación técnica del formato ECW .....	95
CAPITULO V: “ANALISIS DE RESULTADOS” .....	104
CAPITULO VI: “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” .....	108
6.1 Conclusiones .....	108
6.2 Recomendaciones .....	109
CAPITULO VII: Bibliografía .....	110
ANEXOS:     111	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Relación entre el elipsoide y el geoide .....	10
Figura 2 Representación de un elipsoide .....	11
Figura 3 Principales proyecciones cartográficas .....	15
Figura 4 Relación de la topografía con otras ciencias .....	23
Figura 5 Ejemplos de Planimetría y Altimetría Representación de altimetría y planimetría .....	29
Figura 6 Ejemplo de Levantamiento Topográfico por Poligonación .....	31
Figura 7 Ejemplo de poligonal abierta .....	32
Figura 8 Ejemplo 1 de poligonal cerrada .....	33
Figura 9 Ejemplo 2 de poligonal cerrada .....	33
Figura 10 Detalles de poligonal abierta con control .....	34
Figura 11 Ejemplo de poligonal abierta con control .....	35
Figura 12 Representación de LIDAR .....	38
Figura 13 DSM incluye la vegetación presentación .....	39
Figura 14 Modelo de elevación digital .....	41
Figura 15 Modelo digital de terreno .....	42
Figura 16 Instalación del equipo que se dejara como receptor base .....	43
Figura 17 Instalación de antena al Rover y la base .....	44

Figura 18 Pantalla de inicio de la colectora .....	45
Figura 19 Inicializada la aplicación SurvCE .....	46
Figura 20 nombramiento del Proyecto .....	46
Figura 21 Interfaz para introducción de parámetros del sistema .....	47
Figura 22 Enlazando el aparato receptor base con la colectora de datos ....	47
Figura 23 Configuración del sistema .....	48
Figura 24 Altura de antena y mascara de elevación.....	48
Figura 25 Enlazando el aparato receptor base con la colectora de datos ....	49
Figura 26 Reconocemos el código de la base para enlazar la colectora de manera correcta.....	49
Figura 27 Elegimos la opción 6 para entrar al menú de localización .....	51
Figura 28 Luego en la pestaña Sistema, en la opción editar lista proyecciones. .....	51
Figura 29 Se introducen los paralelos norte sur y el meridiano, latitud de Origen, Falso Norte y Falso Este .....	52
Figura 30 Verificación de parámetros .....	52
Figura 31 Verificación de parámetros SIRGAS .....	53
Figura 32 Selección de sistema de referencia .....	53
Figura 33 App Pix4D capture.....	55
Figura 34 Trayectoria de vuelo .....	56

Figura 35 Ajuste del plan de vuelo.....	56
Figura 36 Seguimiento del dron en Pix4D .....	57
Figura 37 Finalización del vuelo de dron .....	58
Figura 38 Menú de inicio del programa PIX4DMapper .....	67
Figura 39 Creación de un proyecto nuevo .....	68
Figura 40 Menú de selección de imágenes .....	69
Figura 41 Importación de fotos .....	69
Figura 42 Carga de imágenes en el programa .....	70
Figura 43 Menú de propiedades de imagen .....	71
Figura 44 Menú de selección de sistema de coordenadas de salida.....	72
Figura 45 Carga de archivo PRJ.....	72
Figura 46 Inicio del procesamiento del paso 1 .....	73
Figura 47 Menú de opciones de procesamiento para el paso 1 .....	74
Figura 48 Procesamiento inicial.....	74
Figura 49 Reporte de calidad del procesamiento inicial .....	75
Figura 50 Fin del procesamiento Inicial .....	76
Figura 51 Colocación de los puntos de paso .....	77
Figura 52 Creación de los puntos de paso .....	78
Figura 53 Optimizar y reemparejar el proyecto.....	79
Figura 54 Importación de puntos de control .....	80

Figura 55 Carga de puntos de apoyo .....	81
Figura 56 Importación de puntos de apoyo .....	81
Figura 57 Visualización de puntos de control .....	82
Figura 58 Puntos de control.....	82
Figura 59 Inicio del paso 2.....	83
Figura 60 Parámetros para iniciar el paso 3 .....	83
Figura 61 Inicio de Global Mapper.....	84
Figura 62 Imagen formato .TIFF en Global Mapper.....	85
Figura 63 Curvas de Nivel generadas en Pix4D .....	85
Figura 64 Orthomosaico con Nube de puntos .....	86
Figura 65 Activación de Modelo digital de terreno, DTM .....	87
Figura 66 Creación de Curvas de Nivel en Global Mapper.....	88
Figura 67 Selección de intervalo de Curvas de Nivel .....	89
Figura 68 Curvas de Nivel en Global Mapper.....	89
Figura 69 Curvas de Nivel en 2D.....	90
Figura 70 Curvas de Nivel Cargadas de Pix4D .....	90
Figura 71 Exportación de imagen en formato KML.....	91
Figura 72 Exportación formato KML .....	91
Figura 73 Opciones de formato KML .....	92
Figura 74 Imagen cargada en Google Earth.....	92

Figura 75 Exportación de Imagen en Formato ECW .....	93
Figura 76 Formato ECW .....	93
Figura 77 Opciones para el Formato ECW .....	94
Figura 78 Importación de Ortho mosaico en Civil 3D .....	96
Figura 79 Delimitación de zona de trabajo .....	97
Figura 80 Numeración de poligonal y creación de cuadro de rumbos y coordenadas .....	98
Figura 81 Cuadros de dialogo previos a colocación de cuadro de construcción .....	98
Figura 82 Poligonal numerada y creación de cuadro de coordenadas .....	99
Figura 83 Plano conjunto sobre orto mosaico .....	99
Figura 84 Plano conjunto, Vista Model .....	100
Figura 85 Barra de comando Civil 3D .....	101
Figura 86 Ventana emergente para cargar ejecutables .....	101
Figura 87 Barra de comandos Civil3D, ejecutable Plato2 .....	102
Figura 88 Ventana emergente Plato2 .....	102
Figura 89 Datos a complementar del ejecutable Plato2 .....	103
Figura 90 Membrete realizado con ejecutable Plato2, tamaño A2 .....	104

## INTRODUCCIÓN

La topografía con el paso de tiempo se ha ido transformando para facilitar la recolección de información en la descripción de un terreno, al principio, la topografía este proceso de recolección se hacía uso de procesos largos y complejos.

Con el paso del tiempo se han desarrollado métodos para ir facilitando la toma de datos como también reducir costos y tiempos. Teniendo en cuenta como la tecnología avanza a pasos agigantados se llega hasta utilizar los vehículos aéreos no tripulados (DRONES) que nos permite llegar a lugares de difícil acceso y pudiendo utilizar nuestros smartphones para dar la trayectoria que mejor se adapte al levantamiento que se va ejecutar.

En este curso de especialización se ha demostrado con que facilidad que se puede hacer un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría por medio de drones y siendo estos procesados mediante los softwares necesarios se obtienen resultados confiables.

En la actualidad es un método en auge, novedoso y además bastante eficiente para levantamientos con alcances amplios, de la mano con la aplicación del levantamiento geodésico con GPS por medio del método RTK todo lo que

conllevaría un levantamiento topográfico antiguo se resume a unos pocos minutos.

Como todo proceso tiene sus ventajas y desventajas siendo una de estas cuando hay extensa vegetación en donde nos impide aplicar cualquier otro método que requiera de antenas conectadas a satélites por la máscara y la ventana de recepción de señales. Utilizando una combinación entre GPS y estación total podemos solventar este problema extrayendo una coordenada de amarre con el GPS y así establecer la estación total con coordenadas reales.

En el curso se desarrollaron practicas del manejo y uso de estas herramientas, útiles desde el uso de nuestros teléfonos hasta el manejo de DRONES siendo estos aptos para poder ser usados en cualquier proyecto de ingeniería que requiera de la topografía digital de la mano con la geodesia, manteniendo siempre los fundamentos teóricos para la obtención de datos verídicos.

Este proyecto se desarrolló en el área del polideportivo de la Universidad de El Salvador, en donde se puso en práctica el conocimiento técnico adquirido durante el curso de especialización, además de materializar muchos conceptos teóricos en el momento de la utilización de todas las herramientas mediante los softwares de procesamientos de fotos y los de diseño asistido por computadora (CAD).

Una vez se tenga la información de los DRONES se hace la depuración de fotografías que no se utilicen o que estén demás, posteriormente se asignan coordenadas y se clasificación datos para plasmar la topografía del lugar asignado. Teniendo como resultado un plano topográfico que cumple todos los requisitos para ser presentados en el CNR.

## **CONTENIDO TEMÁTICO**

### **CAPITULO I: “GENERALIDADES DE LA RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA”**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

La topografía es una de las ciencias más antiguas e importantes porque, como se ha observado, desde los tiempos más remotos ha sido necesario marcar límites y dividir terrenos.

En nuestra época la topografía se ha vuelto indispensable. Los resultados y datos obtenidos de los levantamientos topográficos de hoy en día se emplean para elaborar mapas de la superficie terrestres, arriba ya abajo del nivel del mar, trazar cartas de navegación, áreas, terrestre y marítimas, deslindar propiedades privadas y públicas, crear bancos de datos con información sobre recursos naturales y uso del suelo, para ayudar a la mejor administración y aprovechamiento de nuestro ambiente físico, en áreas dirigidas a la investigación prepara mapas de la luna y otros planetas.

La topografía es una de las ramas grandes e importantes de la Ingeniería, esto lo podemos materializar con levantamientos topográficos son indispensables para formular, planear, construir y mantenimiento periódico de carreteras, vías ferroviarias , sistema de tránsito rápido, edificio, puentes rangos de proyectiles, bases de lanzamiento de cohetes, estaciones de rastreo, túneles, canales, zanjas de irrigación, presas, obras de drenaje, partición o segmentación de terrenos, sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales, tuberías entre otras muchas otras actividades importantes en el rubro.

Los métodos topográficos se aplican también en instalación y ensamble de estructuras, es parte importante del planeamiento de proyectos, estos con el tiempo han ido evolucionando en busca de mejorar y acortar los tiempos, pues el primer método de navegación aérea utilizado era el de utilizar referencias visuales ubicadas sobre la superficie de la tierra. Por medio del seguimiento de este tipo de referencias ubicadas sobre un mapa, era posible realizar el transporte de un avión de un punto a otro, posterior a estos métodos.

GNSS (del inglés Global Navigation Satellite System), es el acrónimo que se refiere al conjunto de tecnologías de sistemas de navegación por satélite que proveen de posicionamiento geoespacial con cobertura global de manera autónoma. Los orígenes del GNSS se sitúan en los años 70 con el desarrollo del sistema militar estadounidense GPS (Global Positioning System), destinado al guiado de misiles, localización de objetivos y tropas etc. A través de una red de satélites, un receptor de GNSS es capaz de determinar su posición en cuatro dimensiones (longitud, latitud, altitud, y tiempo), lo que ha dado lugar a multitud de aplicaciones civiles y militares

En la universidad de El Salvador, desde el año 2019 se ha venido impartiendo la materia de GPS aplicado a proyectos de ingeniería civil, con el objetivo de formar profesionales capaces , en el área de la topografía moderna, y con la iniciativa del curso de especialización en GPS aplicado a proyectos de ingeniería civil se desarrolla , y como producto final con el apoyo de la escuela de ingeniería civil se presenta la iniciativa de un proyecto de levantamiento topográfico completo del campus universitario para que este se utilice para fines didácticos y en un futuro de

investigación, pues siendo una universidad estatal, es un proyecto prometedor para demostrar las capacidades y aptitudes adquiridas de los estudiantes .

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los métodos tradicionales de topografía nos han demostrado que en cualquier levantamiento bien ejecutado nos proporciona resultados confiables y precisos.

Por lo tanto, con el avance de la tecnología se han ido desarrollando nuevas técnicas de levantamientos topográficos manteniendo siempre la alta precisión, pero tratando de reducir tiempos de ejecución en dichos procedimientos.

Teniendo al alcance las tecnologías en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) nace la iniciativa de hacer un levantamiento topográfico del área del polideportivo de la Universidad de El Salvador. Cumpliendo todos los requisitos que el Centro Nacional de Registros (CNR) exige. Utilizando fotogrametría con vehículo aéreo no tripulado o mejor conocido como DRONE y softwares de procesamientos de fotos y datos para obtener planos altamente detallados.

Teniendo en cuenta que no se tiene un historial de planos de levantamientos topográficos de la zona de estudio, se aplicaran los conocimientos obtenidos en el curso de especialización en tecnología GPS y sensores remotos aplicados a proyectos de ingeniería civil.

## 1.3 OBJETIVOS

### Generales

- Describir el proceso de levantamiento topográfico con la ayuda de todas las herramientas que fueron dadas en clases

### Específicos

- Lograr una medición profesional de las instalaciones de la Universidad de El Salvador
- Demostrar las aptitudes y habilidades adquiridas a lo largo del curso

#### **1.4 ALCANCES**

- En el presente proyecto se hará el levantamiento topográfico desde su etapa inicial hasta obtener el producto final para entregar en las instituciones correspondientes
- Generar proyectos funcionales que sirvan para planificar y formular proyectos
- En el presente proyecto se hará una simulación del procesamiento de la información y productos fotogramétricos para la entrega de este a las instituciones correspondientes, entre ellas el CNR para el topográfico
- Comprender la teoría presentada en el curso de especialización y ponerla en práctica.
- Obtener mejor detalle de la zona estudiada.
- Utilizar el equipo GPS para obtener coordenadas y georreferenciar el plano obtenido del levantamiento.
- Aprender el manejo esencial de los programas de procesamientos de los datos obtenidos en campo.

## 1.5 LIMITACIONES

- El equipo utilizado por el grupo, tuvo la limitación con respecto al clima para la recepción de las señales, por malas condiciones climáticas
- Por tema de aprendizaje no se entregarán los planos en la OPAMSS
- El vuelo fotogramétrico fue realizado previamente por el orientador del curso por las condiciones de salubridad por la COVID -19

## 1.6 JUSTIFICACIÓN

El levantamiento topográfico con vehículo aéreo no tripulado es una herramienta esencial para facilitar estos procedimientos convencionales de medición.

Por no tener conocimiento respecto a las nuevas tecnologías los profesionales de la geodesia no optan por utilizar estas propuestas de levantamientos.

Por lo tanto, en nuestra investigación utilizaremos las herramientas como GPS, Drone, softwares de procesamiento de fotos y datos.

Se comprobará que se pueden obtener planos que cumplen todos los requisitos y sean de alta precisión.

Cabe destacar que tienen limitaciones que se detallan más adelante, pero en este caso el área de investigación cumple para este tipo de levantamiento topográfico.

## **CAPITULO II: “FUNDAMENTOS TEÓRICOS”**

### **2.1 SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICO**

Este sistema, emergió del programa espacial, se basa en las señales transmitidas por los satélites para su operación, es el resultado de la investigación y el desarrollo financiados por las fuerzas armadas para producir un sistema de navegación y guía global. Con el GPS ahora es posible obtener información de posicionamiento y de sincronización precisos en cualquier parte de la tierra con una alta confiabilidad y un bajo costo.

El desarrollo de esta primera generación de sistemas de posicionamiento por satélite comenzó en 1958. Este sistema inicial conocido como Navy Navigation Satellite System (NNSS), más comúnmente llamado sistema TRANSIT, operaba con el principio Doppler. En este sistema, los desplazamientos Doppler cambios de frecuencia= las señales transmitidas por los satélites eran medidos por receptores ubicados en las estaciones terrestres. Los desplazamientos Doppler observados son una función de las distancias a los satélites y de sus direcciones de movimiento con respecto a los receptores. Se conocía la frecuencia de transmisión y, junto con datos exactos de la posición orbital del satélite y un cronometraje preciso de las observaciones podía determinarse la posición exacta de las estaciones receptoras.

El objetivo del sistema Transit era ayudar a la navegación de la flota submarina Polaris de la Marina de Estado Unidos.

El primer uso civil autorizado del sistema, ocurrió en 1967, y la comunidad de topógrafo adopto rápidamente nueva tecnología, encontrándola especialmente útil para levantamientos de control.

Debido al éxitos del programa Doppler, el Departamento de Defensa de LOS Estados Unidos comenzó el desarrollo del sistema de posicionamiento global NAVigation Satellite Timing and Ranging (NAVSTAR). El primer satélite de apoyo para el desarrollo y prueba del sistema se puso en órbita en 1978. A partir de esta fecha se han lanzado muchos satélites cuya posición dentro de sus orbitas.

Podemos definir el sistema de referencia geodésica (SRG) como una tripleta de ejes coordenados en el espacio, que, definiendo su origen y su orientación, es un recurso matemático que permite asignar coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre. El SRG es necesario dado que la tierra no es una esfera perfecta.

Se pueden mencionar tipos de sistemas de referencia modernos entre ellos Sistema de referencia del servicio internacional de rotación terrestre y sistema de referencia IERS, establecido para la determinación de los sistemas de referencia

celeste (ICRS) y terrestre (ITRS) y la relación entre los dos sistemas, o sea la orientación y rotación de la tierra en el espacio.

### 2.1.1 ELIPSOIDE

Se define como una superficie de referencia. Es una representación matemática como apoyo para representar las coordenadas. En el caso del SRC es el elipsoide GRS 1980 que tiene los parámetros indicados de semeje mayor, menor, achatamiento y excentricidad. Nos facilita usar la similitud, con la forma de la tierra cuando se está trabajando las coordenadas en el plano. Este proyecto se utilizó el elipsoide de referencia World Geodetic SYSTEM 1984 WGS/GRS 1980, desarrollado por el departamento de defensa de los EEUU y tiene como origen el centro de masas de la Tierra. Ver Figura 2.

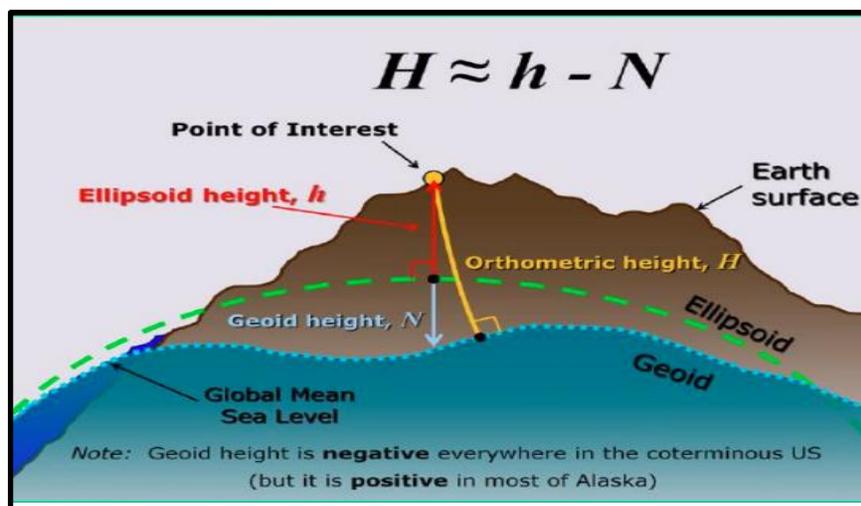


Figura 1 Relación entre el elipsoide y el geoide

Fuente: Relación espacial entre geoide, elipsoide - ResearchGate

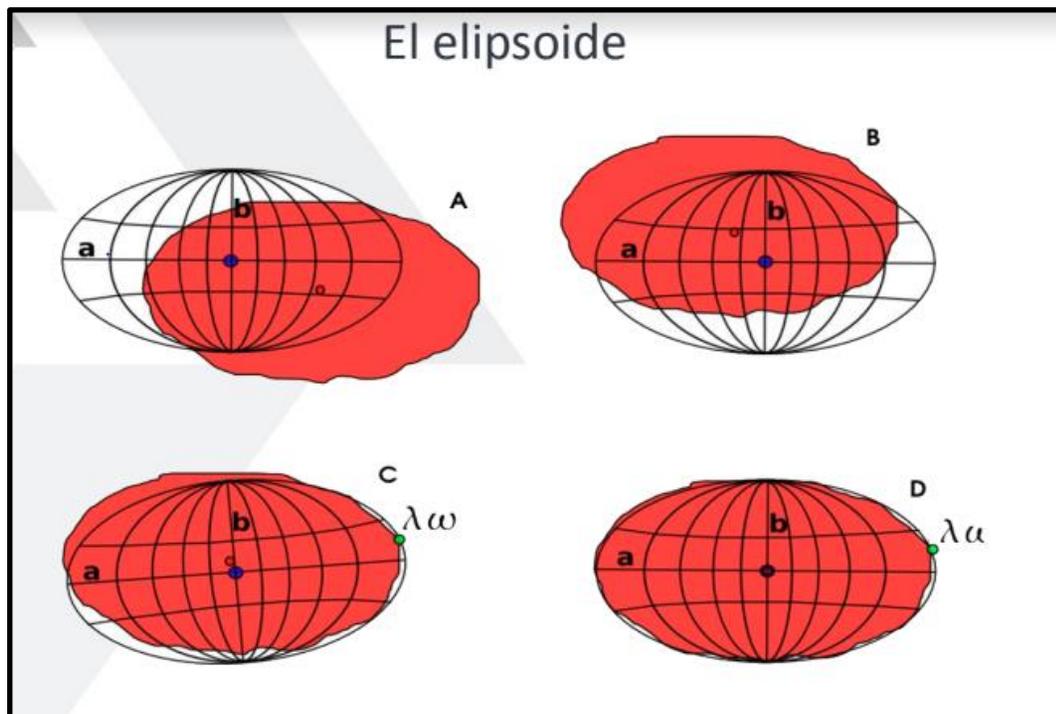


Figura 2 Representación de un elipsoide

Fuente: Tomado de Documento de clases - (Zelaya, 2021)

### 2.1.2 DATUM

Un datum geodésico es un sistema de referencia especial que describe la forma y el tamaño de la tierra y establece un origen para los sistemas de coordenadas, para estas es el punto de anclaje del Elipsoide. Para el caso de SIRGAS2007 los valores son cero. Esto es así porque el Elipsoide GRS80 es un Elipsoide geocéntrico, es decir que el punto de anclaje es el centro de la Tierra y no un punto físico como lo era en el NAD27 donde había un mojón en EEUU que mostraba el punto donde el Elipsoide pasaba por la Tierra. Esto se representa

mediante un punto fundamental, se utilizan las proyecciones cartográficas para referencia., existen 2 tipos de datum locales: horizontales y los verticales, Los puntos de referencia o datum horizontales se utilizan para describir lo que típicamente se conoce como las coordenadas X e Y.

Los datum verticales describen la posición en la dirección vertical Z y a menudo se basan en la altura sobre el nivel del mar.

El datum local horizontal, es el sistema geodésico que se usa oficialmente en una región. Emplea un elipsoide determinado que pasa por un punto específico del cual se conocen con exactitud su deflexión astronómica y su gravedad, es decir un punto del elipsoide coincide con un punto de la superficie terrestre.

El datum norteamericano de 1927 (NAD27) establecido por coordenadas y desviación de la vertical en la estación de triangulación Medes Ranch (Kansas EU) referidas al elipsoide Clark de 1866, utilizado en la mayoría de países centroamericanos hasta la fecha. Dicho Datum fue designado como base para las redes de triangulación de Estados Unidos, México y Canadá desde 1913.

El salvador adopto en 1962 definitivamente este DATUM NAD27, asociado al elipsoide de Clarke 1866 y toda la información Geodésica y cartográfica antigua está referida a dicho Datum.

Un DATUM geodésico mundial está definido por el tamaño, forma y orientación de un elipsoide y la ubicación del centro de éste con respecto al centro de la Tierra. El DATUM Global es el WGS-1984 y es Geocéntrico, es decir su origen es el Centro de Masa de la tierra.

#### DATUM VERTICAL

El Nivel Medio del Mar (NMM) es la superficie de referencia que se adopta como Datum, la Altura de cada banco de nivel o banco de Marca (BM) se define como la distancia vertical entre ésta y la superficie de referencia.

El Datum Vertical se define como la altura cero y es representado por las aguas marinas en reposo y continuadas por debajo de los continentes; para su determinación precisa son necesarias observaciones mareográficas continuas de la fluctuación de las mareas en Estaciones Mareográficas durante un periodo de casi 20 años.

El Datum Vertical o Sistema de Referencia Vertical para El Salvador, fue establecido como parte de un 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 tomadas 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.

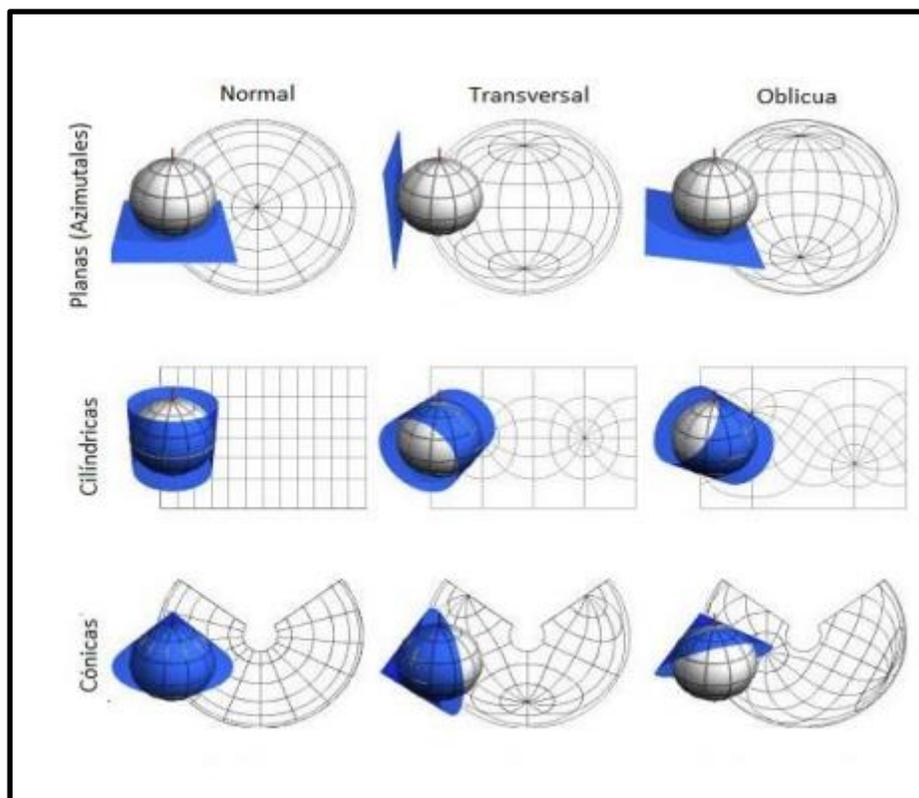
### 2.1.3 PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Transformación de un espacio tridimensional en uno bidimensional es lo que se conoce como “proyección”. Las fórmulas de proyección son expresiones matemáticas que se utilizan para convertir los datos de posiciones geográficas (latitud y longitud) sobre una esfera o esferoide en posiciones sobre un plano (X, Y). Este proceso distorsiona al menos una de las siguientes propiedades: forma, distancia, superficie o dirección.

El proceso de proyección conlleva distorsiones de la superficie original en tres dimensiones, al convertirse a una superficie plana de dos dimensiones. Las distorsiones ocurren con respecto a: forma, distancia, dirección y área. Existen diversos tipos de proyecciones y se usaran cada una de ellas dependiendo de los siguientes factores:

- La finalidad y aplicación que se dará al mapa
- Del área a cartografiar
- De la forma del territorio
- De las condiciones de las deformaciones

La mayoría de los sistemas de proyección pueden ser clasificados de acuerdo con el tipo de superficie de proyección a utilizar: cónica, cilíndrica y plana. Las proyecciones cartográficas principales son: planas cilíndricas y cónicas



*Figura 3 Principales proyecciones cartográficas*

*Fuente: Documento Proyecciones Cartográficas - (Levageo)*

#### **2.1.4 SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO LAMBERT SIRGAS-ES2007**

El sistema de referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) como sistema de referencia se define como idéntico al sistema internacional de

Referencia (ITRS). Inicialmente establecido para América del Sur y luego extendido al Caribe, Norte y Centro América, en el año 2000. Actualmente tiene un promedio de 200 estaciones de operación continua.

Marco de referencia es la materialización de un sistema de referencia convencional a través de observaciones, es decir, se trata de un conjunto de puntos (lugares localizados en la superficie terrestre) con coordenadas y velocidades conocidas en ese sistema de referencia convencional y que sirven para materializar en el espacio el sistema de referencia. En el caso de El Salvador tenemos Integration of the reference frame of El Salvador into SIRGAS

(SIRGAS - ES2007.8)

### **2.1.5 LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS CON GNSS**

En la práctica, los procedimientos empleados en levantamientos GPS depende de las capacidades de los receptores usados y el tipo de levantamiento. Algunos procedimientos específicos de campo actualmente en uso son los métodos:

1. Estático
2. Estático rápido
3. Pseudocinematico
4. Cinemático
5. Cinemático en tiempo real

Cada uno se basa en mediciones de fases de la onda portadora y usan técnicas de posicionamiento relativo, es decir, que dos (o más) receptores ubicados en estaciones diferentes, hacen observaciones simultáneamente de varios satélites. En vector (distancia) entre receptores se llama línea base.

#### **2.1.5.1 MÉTODO REAL KINEMATIC TIME (RTK)**

Para obtener la máxima precisión necesaria por ejemplo en los levantamientos de control geodésico, los procedimientos GPS estáticos son los que se emplean.

En este procedimiento se usan dos (o más) receptores. El proceso comienza con un receptor (llamado receptor base) situado en una estación de control existente, mientras los receptores restantes (llamados receptores móviles) ocupan estaciones con coordenadas desconocidas.

Al inicio los receptores deben ser inicializados. Este proceso incluye la determinación de la ambigüedad del ciclo para cada pseudo distancia. Después que la inicialización ha sido terminada usando una de las técnicas anteriores, un receptor llamado "base", permanece en la estación de control mientras que el otro, llamado "móvil", se desplaza de punto a punto a lo largo de una línea. Las posiciones de la antena del móvil se determinan a intervalos tan cortos como de 0.2 segundos. La precisión de los puntos intermedios es del orden de +- 5 a 10 mm, 2 ppm). En los levantamientos cinemáticos, ambos receptores deben

mantener contacto con por lo menos 4 satélites. Si se pierde contacto los receptores deben reinicializarse. Debe tenerse cuidado por ello de evitar que la antena quede obstruida al ubicarla cerca de edificios, debajo de árboles o puentes.

En conclusión, se requiere que los datos recolectados por los receptores sean temporalmente almacenados hasta que se termina el trabajo de campo, los datos son luego procesados para obtener posiciones de los puntos levantados. El levantamiento cinemático en tiempo real (RTK: Real Time Kinematic), tal como lo indica su nombre, permite que las posiciones de puntos sean determinadas instantáneamente conforme al receptor (o receptores) móvil que ocupa cada punto, cabe enfatizar que se usan radios para transmitir correcciones y observaciones al receptor móvil. Un receptor ocupa una estación de referencia y radio difunde observaciones GPS a la unidad (o unidades) móvil. En el receptor móvil, las mediciones GPS de ambos receptores se procesan en tiempo real mediante la computadora interna de la unidad para producir una determinación inmediata de su posición. La velocidad de época para la recolección de datos comúnmente se sincroniza en 1 segundo para este método de levantamiento.

Las pruebas de levantamientos cinemáticos en tiempo real han mostrado que se obtienen precisiones en la posición equivalentes a las obtenidas con los métodos cinemáticos que emplean post procesamiento. Como se conocen

inmediatamente con alta precisión las posiciones de puntos, el levantamiento cinemático en tiempo real es aplicable al estacado de construcciones. También es apropiado para proyectos como el que se desarrolla en el presente informe, para localización de detalles de mapeo topográfico

El enlace de radio que se usa con el RTK puede limitar la distancia de al menos 20 km, esto varía dependiendo de transmisores más poderosos o mediante el uso de estaciones repetidoras

## **2.2 TOPOGRAFÍA**

### **2.2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA TOPOGRAFIA**

Es imposible determinar cuándo se utilizó por primera vez la topografía, pero seguramente, en su forma más simple es tan antigua como la civilización misma. Desde que existe el principio de propiedad de la tierra, se han identificado métodos para medirla o para identificar la que pertenece a una persona respecto a la de otra. Pero es importante mencionar que desde antes de nuestra era se pueden encontrar rastros de los hombres tratando de orientarse y representar su entorno, en Turquía fue encontrado en la década de los sesenta el primer acercamiento a lo que podría llamarse el primer mapa se trata de un mural que data de alrededor del 6200 a.c. con la ubicación de casi 80 edificaciones y un

volcán. Lo que nos lleva a pensar que tal vez la cartografía antecedió a la escritura estructurada que conocemos hoy.

Los sumerios, fueron la primera cultura urbana conocida, que poseía conocimientos en matemáticas y astronomía, aplicaban la geometría práctica (topografía) en la construcción de obras de arquitectura y canales de riego. Las construcciones hacen suponer el empleo de algún primitivo y rudimentario instrumento de medición.

Los babilonios, bajo el mando del rey Nabucodonosor célebre más que por sus conquistas, por la construcción de la Ciudad, en la cual levantó numerosos palacios, templos y puentes, una gran muralla de 25m de espesor que rodeaba toda la ciudad; además de los jardines colgantes la disposición de las manzanas, con calles rectas, que se cortaban perpendicularmente. El sistema numérico era sexagesimal (el círculo graduado tenía 360°). Los arqueólogos han encontrado la posición y localización de señales sobre piedras que datan de la era babilónica y que se suponen que eran marcas de los topógrafos de la antigüedad para medir los territorios.

Los asirios, asombraron con sus construcciones sobre terrazas con escaleras, rampas, desniveles y planos inclinados. Los persas, construyeron la ciudad de Persépolis, en la cual se observan varios ejes de simetrías rigurosamente perpendiculares entre sí. También es de destacar el templo mandado a construir

por Salomón, rey hebreo, 950 a.C., que tenía 450m x 300m proyectado por Arquitectos y replanteado por Geómetras Fenicios traídos expresamente para ello.

Los egipcios, realizaron los primeros esfuerzos del acondicionamiento del valle del Nilo, el cultivo de las tierras del valle sólo podía hacerse bajo una doble condición se debía proceder a desecar los terrenos cenagosos de los bordes del lecho del río una vez terminada la crecida, había que irrigar los campos. Para ello crearon un sistema de drenaje, con diques y azudes niveladores y canales de riego.

Los romanos, con una mente muy práctica aplicaron lo desarrollado por otros pueblos y crearon una red de caminos que cubría todo su imperio, de los cuales algunos tramos aún sobreviven. Los acueductos también formaban parte de sus necesidades para alimentar los baños romanos de los centros urbanos y para transportar el agua.

## **2.2.2 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE TOPOGRAFÍA**

### **2.2.2.1 DEFINICION DE TOPOGRAFIA**

La topografía (topos, “lugar”, y grafos, “descripción”) es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la

combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección. La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala.

La topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero o arquitecto realizar sus proyectos. Sin un buen plano topográfico no es posible proyectar debidamente un edificio o trazar un fraccionamiento, ya que en principio la topografía ayuda a determinar los linderos de propiedad con sus divisiones interiores, la localización de vialidades y servicios municipales; la configuración del relieve del terreno con sus montes, valles, barrancos, bosques, pantanos, etc. y en general del conocimiento de todas aquellas particularidades del terreno necesarias para la implantación de un proyecto en el sitio designado.

#### **2.2.2.2 OBJETIVOS DE LA TOPOGRAFÍA**

Las actividades fundamentales de la topografía son el levantamiento y el trazo. El levantamiento comprende las operaciones necesarias para la obtención de datos de campos útiles para poder representar un terreno por medio de su figura semejante en un plano; el trazo o replanteo es el procedimiento operacional por medio del cual se establecen en el terreno las condiciones establecidas o

proyectadas en un plano. En el ejercicio de la topografía, esta se relaciona con distintas disciplinas.

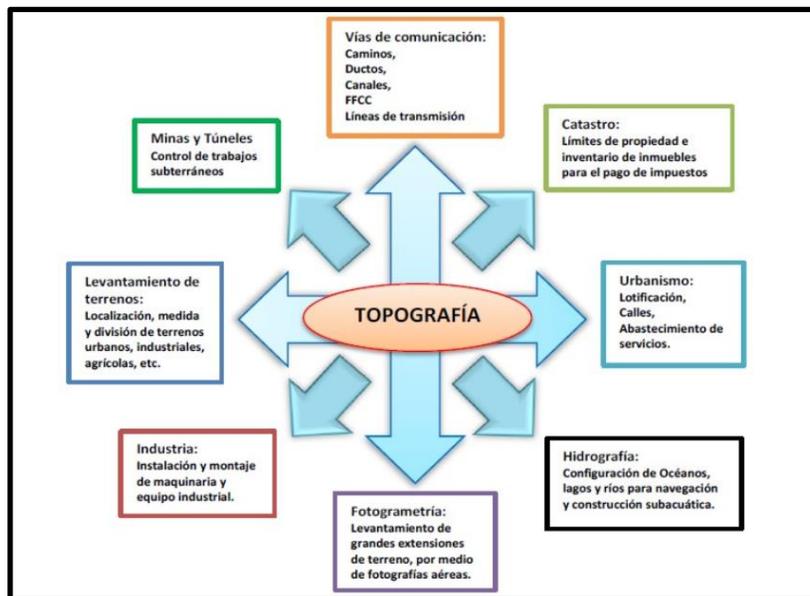


Figura 4 Relación de la topografía con otras ciencias

Fuente: Documento TP topografía - SCRIBD

### 2.2.2.3 IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFIA

Para un Ingeniero, aun cuando nunca practique la topografía, le puede ayudar a:

- ✓ Pensar de forma lógica, planear un trabajo cuidadoso y preciso y registrarlos de forma limpia y ordenada.
- ✓ Aprender sobre la importancia relativa de las mediciones.
- ✓ Desarrollar un sentido de la proporción ¿qué es importante y qué no?.

- ✓ Adquirir el hábito de revisar los cálculos numéricos y las mediciones
- ✓ También se puede encontrar el Ingeniero en una posición en la que debe tomar decisiones referentes a la contratación de servicios topográficos. Sin un entendimiento básico del tema no será capaz de manejar la situación.

#### **2.2.2.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO**

El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes y la representación en un plano (trabajo de campo + trabajo de oficina) es lo que comúnmente se llama “Levantamiento Topográfico “.

#### **2.2.2.5 ETAPAS DEL PROCESO TOPOGRAFICO**

1. Trabajo de Campo
2. Trabajo de Gabinete u Oficina (Cálculo y Procesamiento de Datos y Dibujo o Representación a Escala).

El trabajo de campo debe quedar registrado en notas que contienen mediciones, croquis, descripciones, observaciones y otra información variada. Ese registro puede ser llevado a mano en libretas, mediante recolectores electrónicos o con una Combinación de estos métodos.

Sin importar la manera como se tomen, los datos de campo son los únicos registros permanentes del trabajo y la base para el trabajo de oficina, por lo tanto, deben estar completos, correctos y ser claros; de lo contrario, se perderán todo el tiempo y dinero invertidos.

Las notas manuscritas deben tener las siguientes características:

- ✓ Exactitud
- ✓ Integridad: Que las notas estén completas y no hayan sido alteradas.
- ✓ Legibilidad: Usualmente quien lleva los apuntes no es el mismo que los va a usar en la oficina.
- ✓ Adecuación
- ✓ Claridad: El papel es relativamente barato y no vale la pena amontonar las notas.

Otras recomendaciones:

- ✓ No borrar: Si algún dato queda mal escrito debe tacharse con una línea y escribir encima el valor correcto.
- ✓ Las notas de campo son originales y son las que se toman en el momento en que se realizan las mediciones. No deben transcribirse “en limpio”. No

se espera que un topógrafo pierda su tiempo libre copiando las notas garabateadas durante el día.

- ✓ Cuando se tenga duda acerca de la necesidad de alguna información, deberá incluirse y elaborarse un croquis. Es mejor tener información de más que de menos.

#### **2.2.2.6 TOPOGRAFIA Y GEODESIA**

En algún momento, se tiende a confundir la ciencia de Geodesia y Topografía en este sentido, se describe la diferencia fundamental de estas, con el objeto de delimitar los marcos de ejecución en los que cada una de ellas actúa. La diferencia fundamental entre Geodesia y Topografía es que la Geodesia en el desarrollo de sus actividades considera la curvatura de la tierra, para lo cual utiliza equipo y software de carácter especializado, científicos fundamentalmente las variables, constantes y parámetros a nivel de datos que se usa en sus cálculos, para determinar su comportamiento, mientras que la topografía, no toma en cuenta la curvatura de la tierra en sus procedimientos, la considera plana y su áreas de aplicación son más limitadas, empleando siempre software y equipo de acuerdo a sus aplicaciones.

### **2.2.2.7 CLASES DE LEVANTAMIENTOS**

Levantamientos topográficos son aquellos que son hechos sobre áreas pequeñas, y en los cuales no es considerado el efecto de la curvatura terrestre.

La mayor parte de los levantamientos de la topografía se realizan mediante la topografía plana y tienen por fin el cálculo de la superficie o áreas, volúmenes, distancias, direcciones y la representación de las medidas tomadas en el campo, en los planos topográficos correspondientes.

Estos planos se utilizan como base para la mayoría de los trabajos y proyectos de ingeniería relacionados con la planeación y construcción de obras civiles. Por ejemplo, se requieren levantamientos topográficos antes, durante y después de la planeación y construcción de carreteras, vías férreas, sistemas de transporte masivo, edificios, puentes, túneles, canales, obras de irrigación, represas, sistemas de drenaje, fraccionamiento o división de terrenos urbanos y rurales (particiones), sistemas de aprovisionamiento de agua potable (acueductos), eliminación de aguas negras (alcantarillados), oleoductos, gasoductos, líneas de transmisión, control de la aerofotografía, determinación de límites de terrenos de propiedad privada y pública (linderos y medianías) y muchas otras actividades relacionadas con geología, arquitectura del paisaje, arqueología, etc.

Levantamientos geodésicos son aquellos que tienen en cuenta la curvatura de la tierra, y pueden ser realizados tanto en pequeñas como en grandes áreas. Las

medidas que se toman en geodesia pueden utilizar los mismos métodos e instrumentos que en la topografía plana, sin embargo, en los últimos años ha resultado más práctica y económica hacerlas mediante GPS.

#### **2.2.2.8 DIVISIÓN DE LA TOPOGRAFÍA**

Planimetría: Considera el terreno sobre un plano horizontal imaginario.

Altimetría: Tiene en cuenta las diferencias de nivel entre los diferentes puntos de un terreno.

Tanto en Planimetría como en Altimetría necesario medir ángulos y longitudes, además, se calculan superficies y volúmenes. Para la elaboración de un “plano topográfico” propiamente dicho, es necesario conocer estas dos partes de la Topografía para poder determinar la posición y elevación de cada punto. Así como lo muestra la Figura 5.

## EJEMPLOS DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA

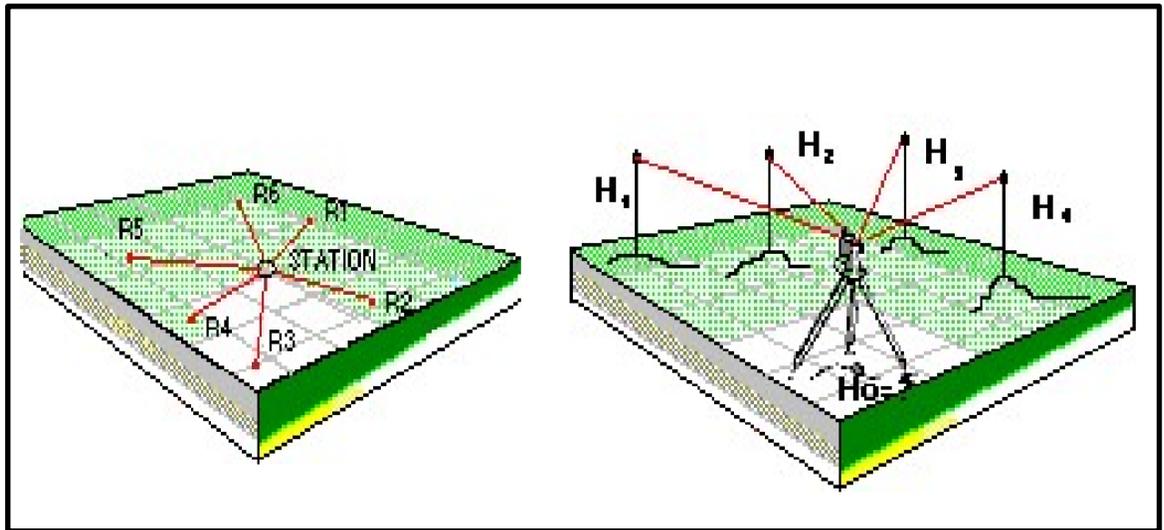


Figura 5 Ejemplos de Planimetría y Altimetría Representación de altimetría y planimetría

Fuente: Desconocida

### 2.2.2.9 CLASIFICACION DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Bajo esta clasificación, se efectúan un gran número de levantamientos dependiendo del objeto y propósito del levantamiento en particular, tales como:

- ✓ Levantamientos de parcelas
- ✓ Levantamientos de vías
- ✓ Levantamientos urbanos
- ✓ Levantamientos de construcción

- ✓ Levantamientos hidrográficos
- ✓ Levantamientos marinos
- ✓ Levantamientos mineros
- ✓ Levantamientos forestales
- ✓ Levantamientos geológicos
- ✓ Levantamientos aeronáuticos

### **2.2.3 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS**

Existen 2 Métodos para levantamientos:

- a) Método de Radiación.
- b) Método de Poligonación.
  - ✓ Poligonal Abierta
  - ✓ Poligonal Abierta con Control
  - ✓ Poligonal Cerrada

### 2.2.3.1 MÉTODO POR RADIACIÓN

Consiste en colocar un punto más o menos al centro del terreno, desde el cual se pueda visualizar los mojones o vértices del polígono de lindero y algunos detalles importantes, luego localizarlos por radiación, midiendo los azimuts en base a un punto de coordenadas o eligiendo un punto de salida o el norte magnético.

### 2.2.3.2 MÉTODO POR POLIGONACIÓN

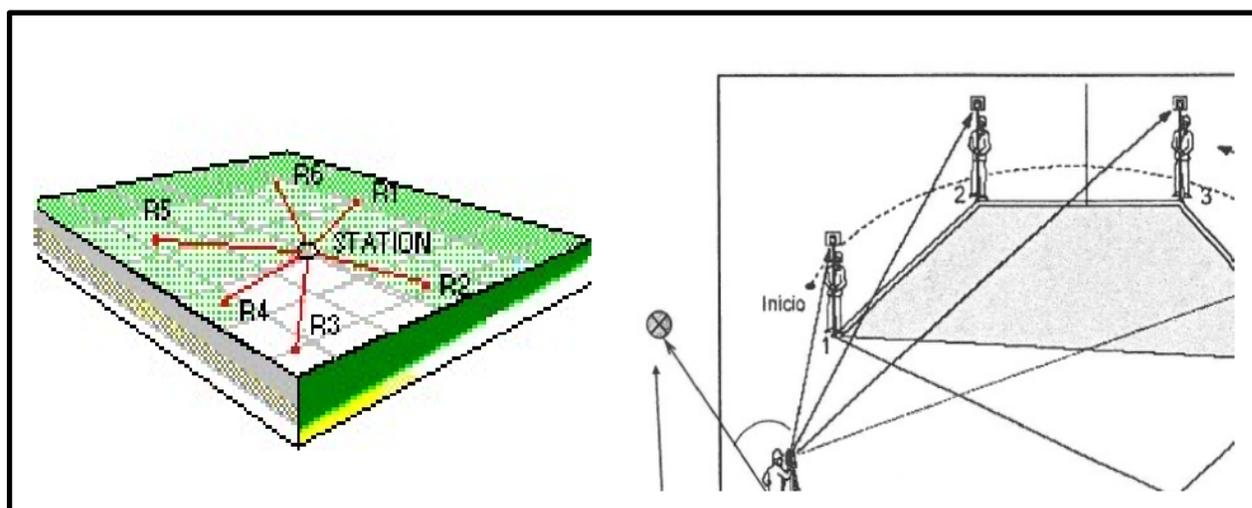


Figura 6 Ejemplo de Levantamiento Topográfico por Poligonación

Fuente: Desconocida

Cuando un terreno es muy grande o existen obstáculos que impiden la visibilidad (desde un solo punto) de todos los detalles del terreno, se emplea este método, el cual consiste en un polígono que siga aproximadamente los linderos

del terreno. Desde cada vértice de la poligonal se tomarán los detalles del terreno que están cerca de este.

Una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones angulares y lineales en el campo.

### POLIGONAL ABIERTA

En una Poligonal abierta las líneas no regresan al punto de partida. Deben evitarse porque no ofrecen medio alguno de verificación por errores y equivocaciones.

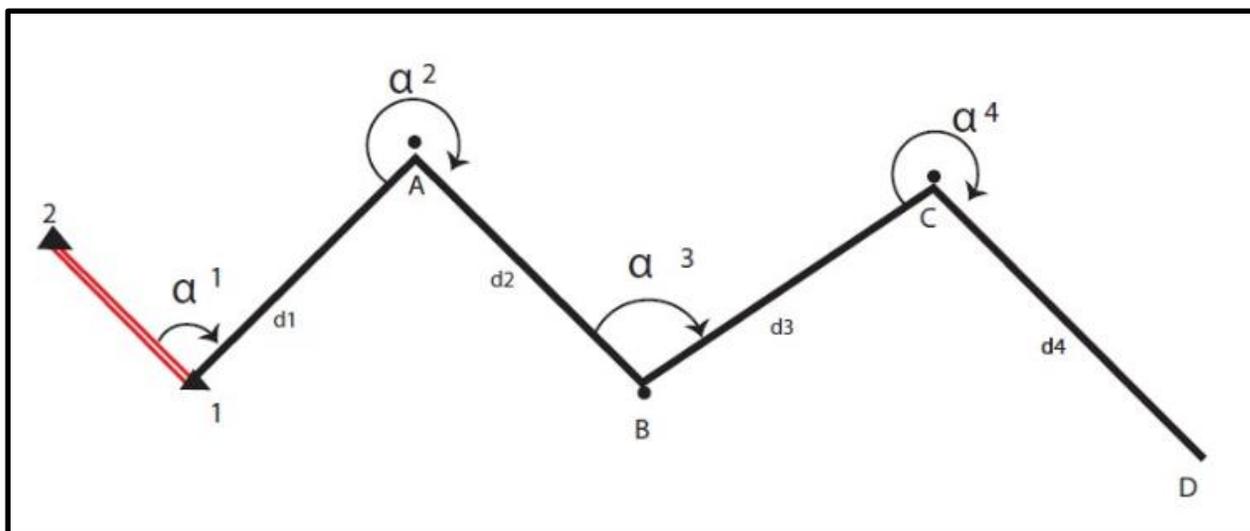


Figura 7 Ejemplo de poligonal abierta

Fuente: Sitio web - (Topografía IUPSM Ing. Civil, 2012)

## POLIGONAL CERRADA

Las líneas regresan al punto de partida, formando así un polígono geométrica y analíticamente cerrado.

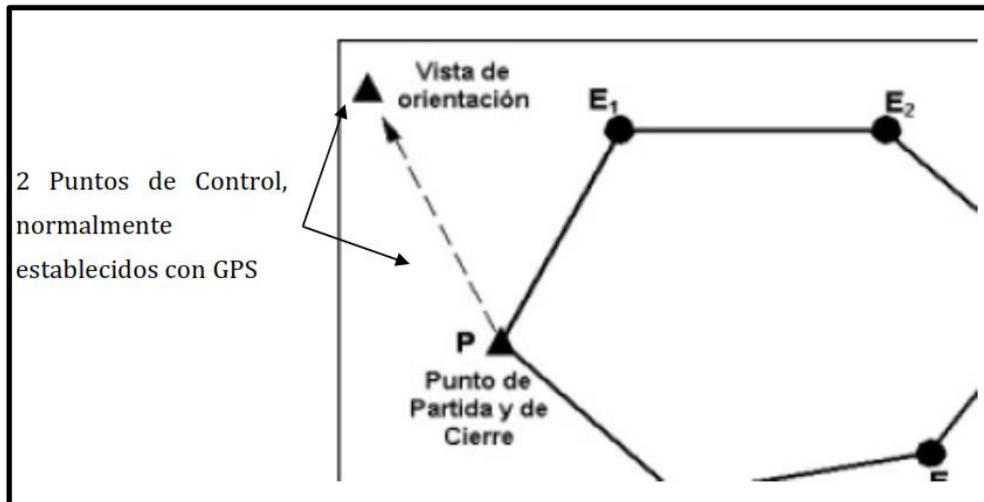


Figura 9 Ejemplo 1 de poligonal cerrada

Fuente: Sitio web - (Topografía IUPSM Ing. Civil, 2012)

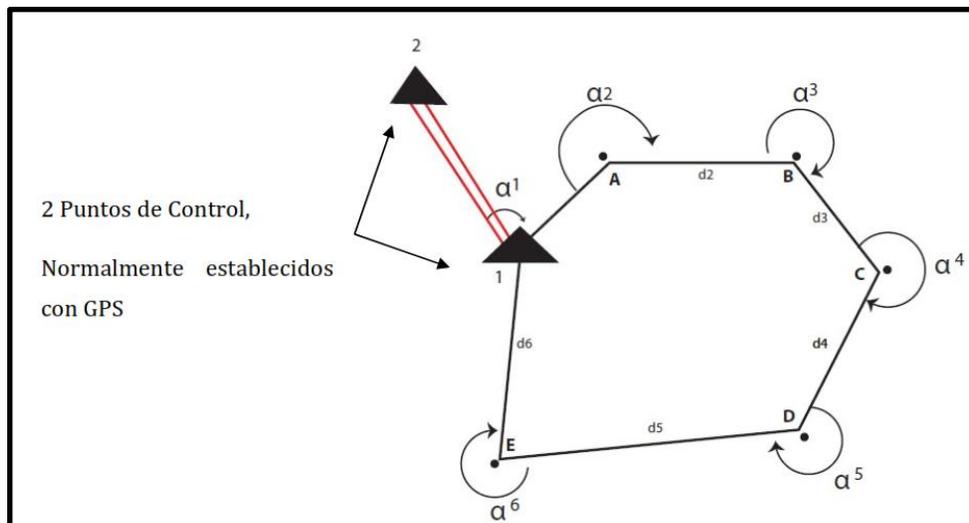


Figura 8 Ejemplo 2 de poligonal cerrada

Fuente: Sitio web - (Topografía IUPSM Ing. Civil, 2012)

### POLIGONAL ABIERTA CON CONTROL

Este tipo de Poligonal se le conoce como poligonal abierta geoméricamente, pero cerrada geodésicamente, es decir las líneas parten de 2 estaciones geodésicas y cierran en 1 ó 2 estaciones al final. Se tiene un control de cierre en las que se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final, y la orientación de las alineaciones inicial y final, siendo también posible efectuar los controles de cierre angular y lineal.

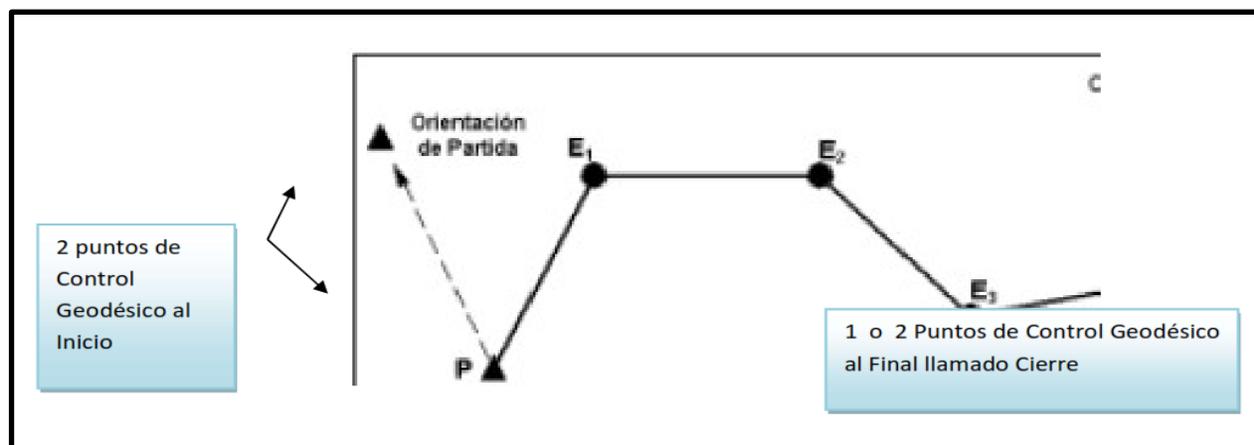


Figura 10 Detalles de poligonal abierta con control

Fuente: Desconocida

## 2.3 FOTOGRAMETRÍA CON DRONES

Antes de dar una definición debemos conocer cuál es el significado o etimología de la palabra “Fotogrametría”. Fotogrametría proviene del vocablo griego:

- Photos: Luz

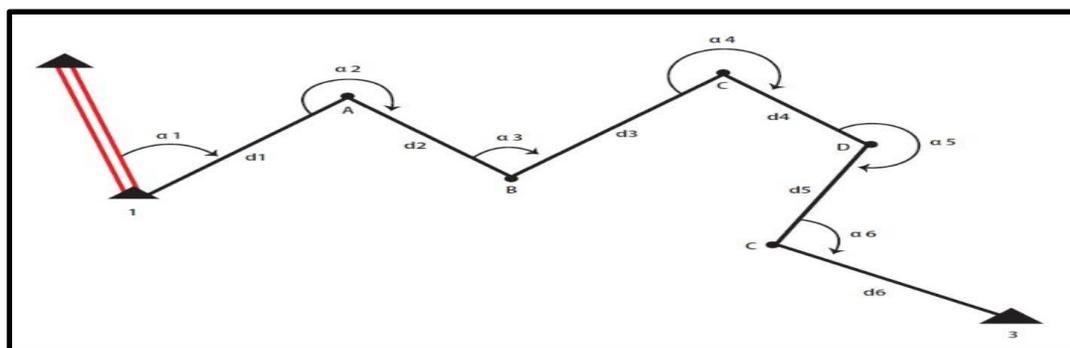


Figura 11 Ejemplo de poligonal abierta con control

Fuente: Sitio web - (Topografía IUPSM Ing. Civil, 2012)

- Gramma: Dibujo, trazado o representación.
- Metrón: Medir

De acuerdo a esto último el significado completo de la fotogrametría, sería entonces “Medir objetos por medio de la luz”, sin embargo, muchas sociedades fotogramétricas le dan también el significado de “Medir sobre Fotos”.

Desde su invención han existido muchas definiciones para la fotogrametría, pero las definiciones más comunes y más conocidas son las dos siguientes:

a) Propuesta por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) que nos dice que “La fotogrametría es una ciencia que se encarga de interpretar las características métricas y geométricas de un objeto por medio de la fotografía”. Fotogrametría con Drones.

b) La Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) por su parte ofrece una definición más amplia. Esta sociedad, además de ciencia, define a la fotogrametría como “un arte y/o tecnología que se encarga de la medición e interpretación de los objetos en una imagen y de los patrones de energía electromagnética”.

Según estas dos últimas definiciones podemos resumir el concepto de la fotogrametría como “La ciencia, arte y tecnología cuyo objetivo principal es el conocimiento de las dimensiones y posiciones de los objetos a partir de dos o más fotografías sucesivas”. Estas dimensiones (3D) y posiciones (3D) se obtienen gracias al principio de Estereoscopia.

## **2.4 TIPOS DE MODELO DIGITALES**

Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos).

#### **2.4.1 MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIE**

El Modelo Digital de Superficie (DSM) representa las elevaciones sobre el nivel del mar de las superficies reflectantes de árboles, edificios y otras características elevadas sobre la «Tierra desnuda». En un sistema LiDAR (Light Detection and Ranging), los pulsos de luz viajan al suelo. Cuando el pulso de luz rebota de su objetivo y regresa al sensor, da el rango (una distancia variable) a la Tierra. Por lo tanto, este sistema se ganó su nombre de LIDAR.

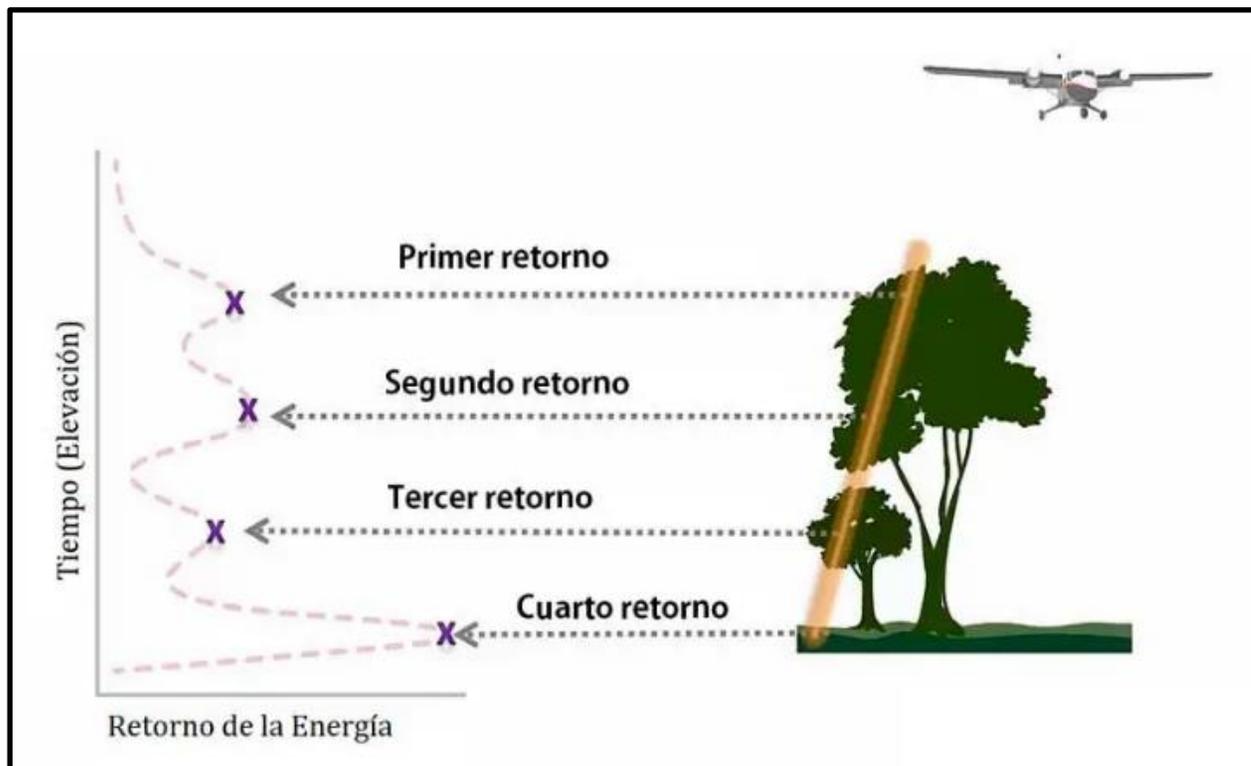


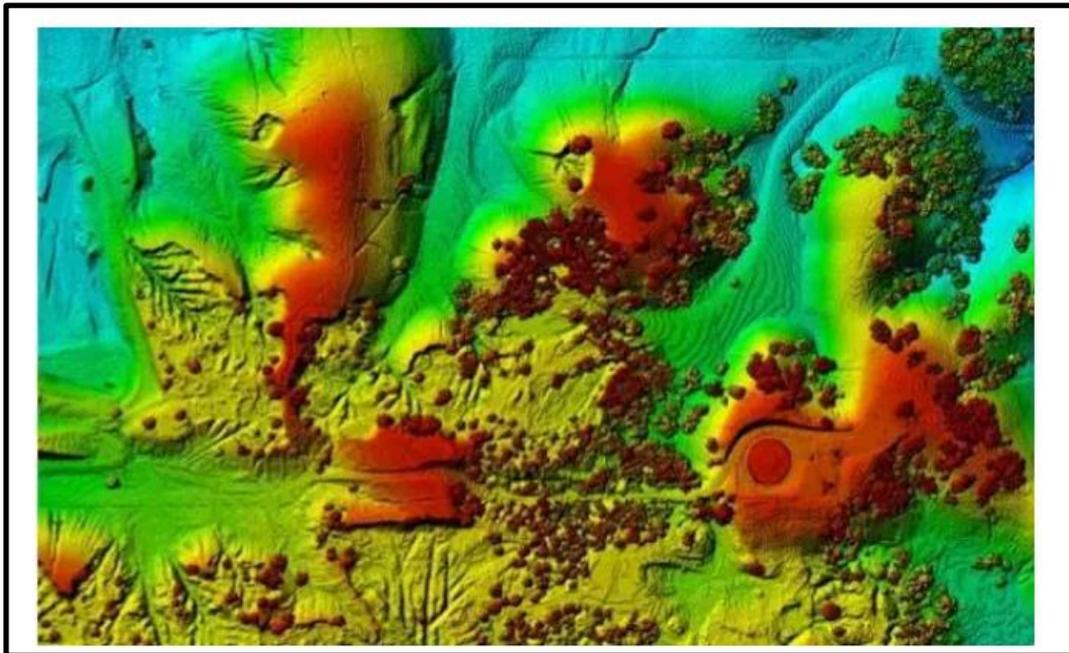
Figura 12 Representación de LIDAR

Fuente: Diferencias entre un DSM, DEM & DTM – ArcGeek - (franz, 2018)

Al final, LIDAR entrega una enorme nube de puntos llena de diferentes valores de elevación. Pero la altura puede venir de la parte superior de los edificios, el dosel arbóreo, las líneas eléctricas y otras características. Un DSM captura y muestra las características naturales y construidas en la superficie de la Tierra.

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.



*Figura 13 DSM incluye la vegetación presentación*

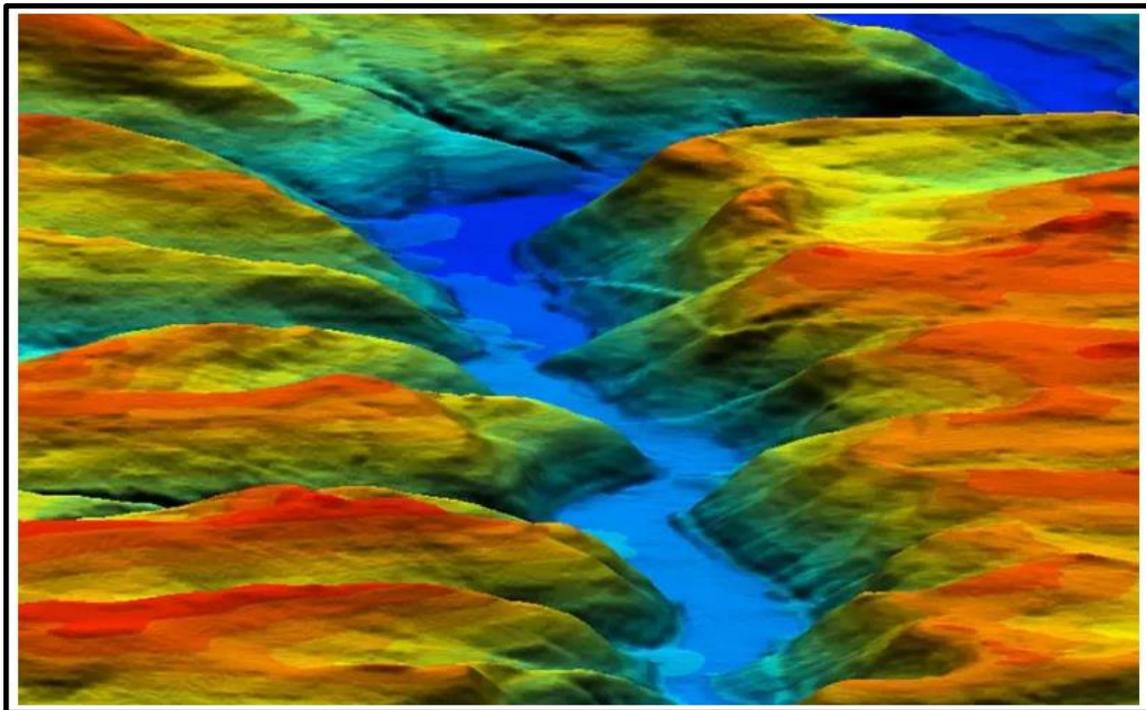
*Fuente: Diferencias entre un DSM, DEM & DTM – ArcGeek - (franz, 2018)*

## 2.4.2 MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

Un modelo digital de elevación (DEM) 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).



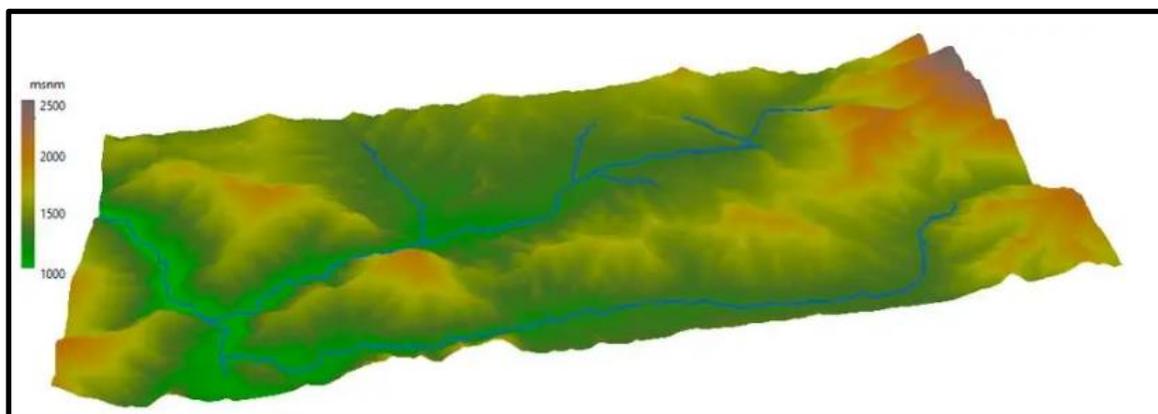
*Figura 14 Modelo de elevación digital*

*Fuente: Diferencias entre un DSM, DEM & DTM – ArcGeek - (franz, 2018)*

### **2.4.3 MODELOS DIGITALES DE TERRENO**

Un Modelo Digital del Terreno (DTM) puede describirse como una representación tridimensional de una superficie del terreno consistente en coordenadas X, Y, Z almacenadas en forma digital. Incluye no sólo alturas y elevaciones, sino también otros elementos geográficos y características naturales como ríos, líneas de crestas, etc. Un DTM es efectivamente un DEM que se ha incrementado con elementos tales como líneas de ruptura y

observaciones que no son los datos originales para corregir los artefactos producidos utilizando sólo los datos originales.



*Figura 15 Modelo digital de terreno*

*Fuente: Diferencias entre un DSM, DEM & DTM – ArcGeek - (franz, 2018)*

### **CAPITULO III: “OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO”**

#### **3.1 OBTENCIÓN DE DATOS CON TÉCNICAS GNSS.**

En la medición se utilizan un equipo Carlson con tipo de antena HSM320 para establecer coordenadas geodésicas a los puntos FIA1 y FIA2, y en el punto de referencia UES se fija un Equipo Carlson

1. Instalación de equipo.
2. Ubicar el trípode con base nivelante o un trípode con bastón, sobre el punto donde se desea realizar la medición, procurando centrar y nivelar correctamente.

3. Acoplar el receptor al trípode o bastón
4. Medir la altura desde el punto hasta el receptor, si se está utilizando Trípode dicha altura debe ser inclinada.
5. Una vez instalado correctamente el equipo, se procede a encender el Receptor y colector



*Figura 16 Instalación del equipo que se dejara como receptor base*

*Fuente: Propia*



*Figura 17 Instalación de antena al Rover y la base*

*Fuente: Propia*

### **3.1.1 TOMA DE DATOS PARA CONFIGURAR LA BASE.**

Abrimos el SurvCE, entramos como base, luego le configuramos las coordenadas

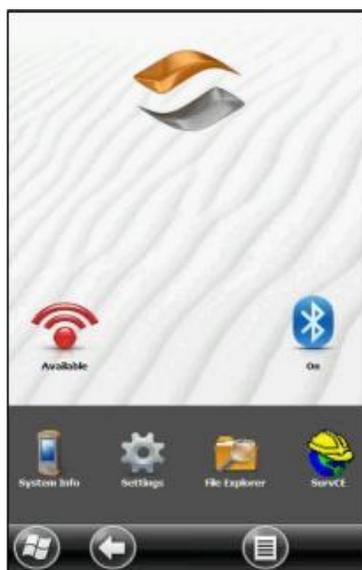
Trabajo nuevo colocamos el nombre del proyecto luego aceptar, tomamos el sistema sirgas cheque verde

Luego nos vamos a conectarnos y vamos a la opción sin conexión, ay ahí elegimos con bluetooth, luego nos vamos a herramientas y luego la base nos vamos a la pestaña comms elegimos con bluetooth le damos el icono buscar para que lo busque, y buscamos el dispositivo y le damos el tiempo de espera y debemos verificar el número que se encuentra en la parte inferior del aparato.

- ✓ Para la base utilizamos el equipo en terminación 8541
- ✓ Le damos en cualquier puerto
- ✓ Aceptar

Hoy lo enlazamos en el icono de enlace Podemos verificar que nuestra configuración esta correcta cuando enciende el indicadores de la base, nos vamos al menú receptor y ahí colocamos la altura de antena en este caso inclinada nos dio de 1.572 m y le damos aceptar

Luego digitamos las coordenadas en la opción tec lat/ lon y tecleamos las coordenadas de la base esta información fue proporcionada por el banco de marca establecido en el polideportivo.



*Figura 18 Pantalla de inicio de la colectora*

*Fuente: Propia*



Figura 20 Inicializada la aplicación SurvCE

Fuente: Propia



Figura 19 nombramiento del Proyecto

Fuente: Propia



Figura 22 Interfaz para introducción de parámetros del sistema

Fuente: Propia



Figura 21 Enlazando el aparato receptor base con la colectora de datos

Fuente: Propia



Figura 23 Configuración del sistema

Fuente: Propia

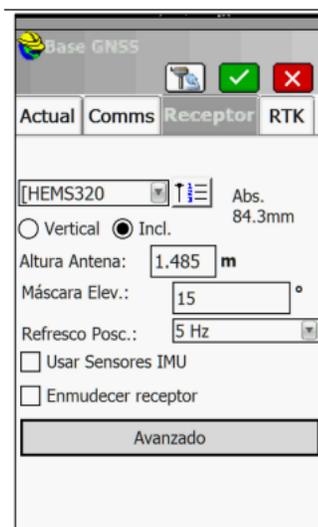


Figura 24 Altura de antena y máscara de elevación

Fuente: Propia



Figura 25 Enlazando el aparato receptor base con la colectora de datos

Fuente: Propia



Figura 26 Reconocemos el código de la base para enlazar la colectora de manera correcta

Fuente: Propia

### 3.1.2 CONFIGURACIÓN DEL ROVER

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, se explica en el siguiente apartado

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

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

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

4- En esta ventana ingresar el nombre del datum y seleccionar el elipsoide. Finalmente dar clic en Aceptar.

5- Verificar que todos los parámetros estén configurados correctamente y dar clic en Aceptar

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

## ILUSTRACIÓN DE REFERENCIA

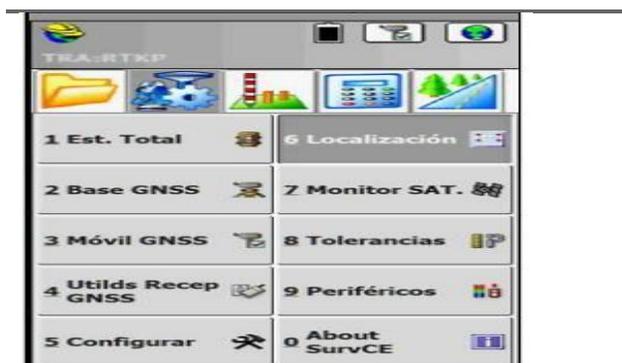


Figura 27 Elegimos la opción 6 para entrar al menú de localización

Fuente: Propia



Figura 28 Luego en la pestaña Sistema, en la opción editar lista proyecciones.

Fuente: Propia

Editar/Ver Sistema

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

Figura 30 Se introducen los paralelos norte sur y el meridiano, latitud de Origen, Falso Norte y Falso Este

Fuente: Propia

Definir coordenadas

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

Figura 29 Verificación de parámetros

Fuente: Propia

Editar/Ver Sistema

Sistema: SIRGAS-ES2007

Proyección: Lambert Conformal Conic

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

Figura 32 Verificación de parámetros SIRGAS

Fuente: Propia

Coordenadas Proyección

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

Borrar Añad. Predefinida

Edita Añad. Defind. p/Usuario

Figura 31 Selección de sistema de referencia

Fuente: Propia

### **3.2 PLAN DE VUELO**

El plan de vuelo aéreo con drones es el momento crítico para planificar técnicamente los trabajos en campo. Parametrizar alturas, número de pasadas, orientación de la cámara, o solapamiento entre imágenes son algunos de los pasos a dar para programar un plan de vuelo o proyecto de vuelo.

En el proyecto ejecutado fueron brindadas las fotos del levantamiento por el docente encargado del curso de especialización, por lo tanto, se especificará las aplicaciones móviles que se utilizaron en las prácticas y se darán algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de hacer un plan de vuelo bien ejecutado.

Primeramente, instalamos Pix4Dcapture en nuestro móvil a través de la Play Store.

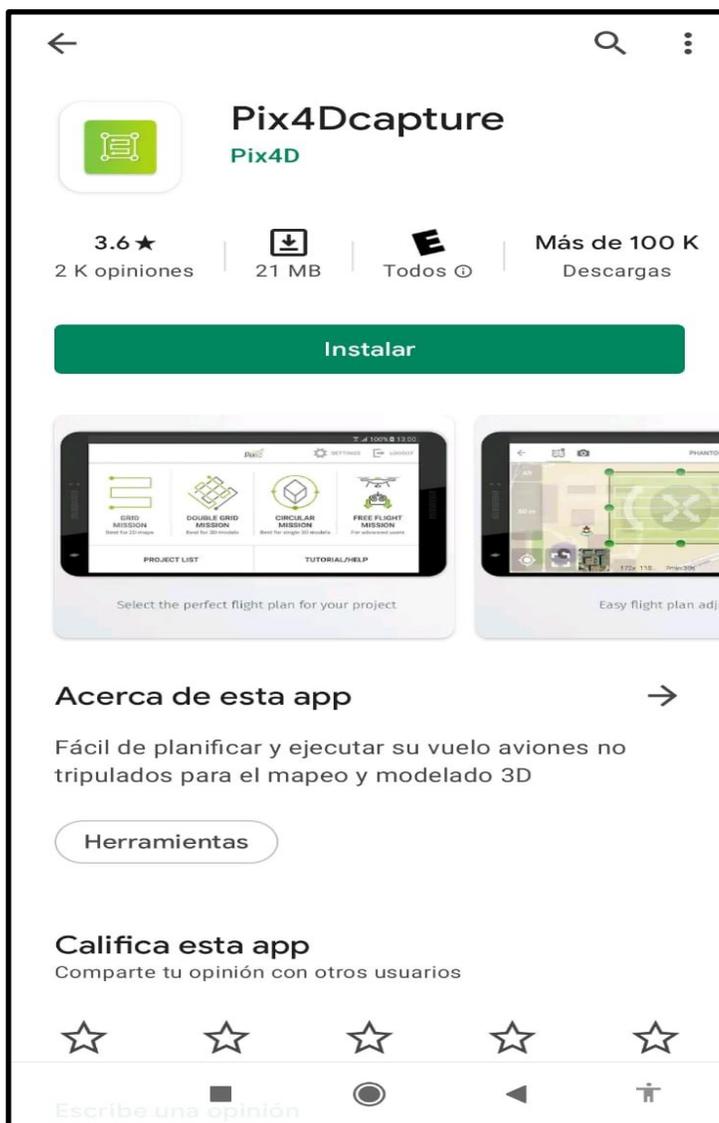


Figura 33 App Pix4D capture

Fuente: Propia

Luego seleccionamos la trayectoria del vuelo ya sea manual o las sugeridas por la app en nuestro caso en el software se muestra la trayectoria según las fotos procesadas como se muestra en la Figura 33.

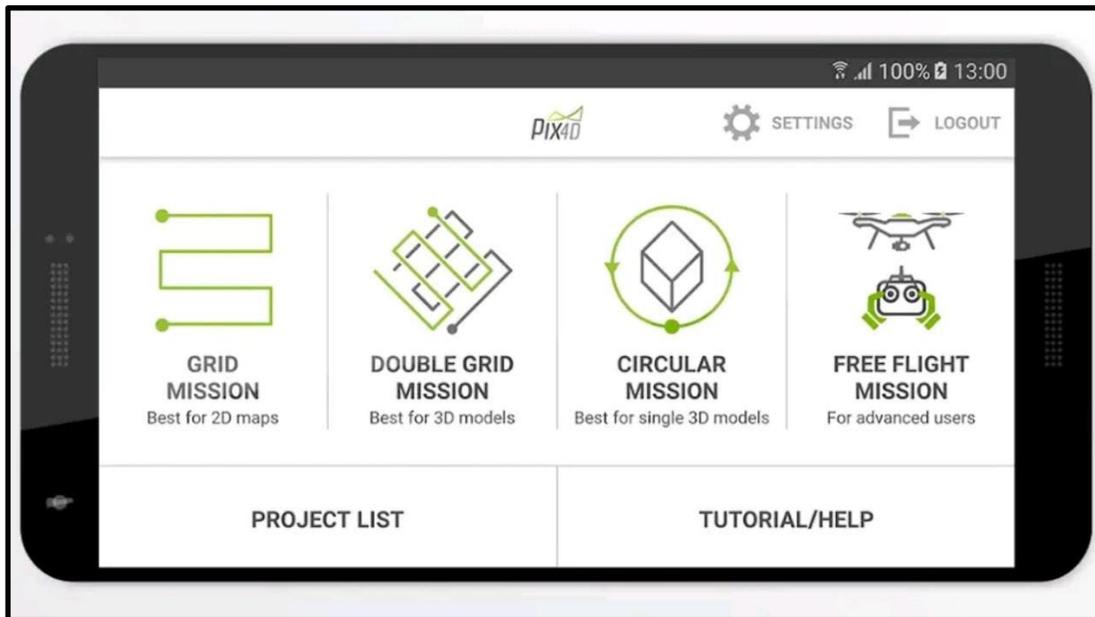


Figura 35 Trayectoria de vuelo

Fuente: Propia

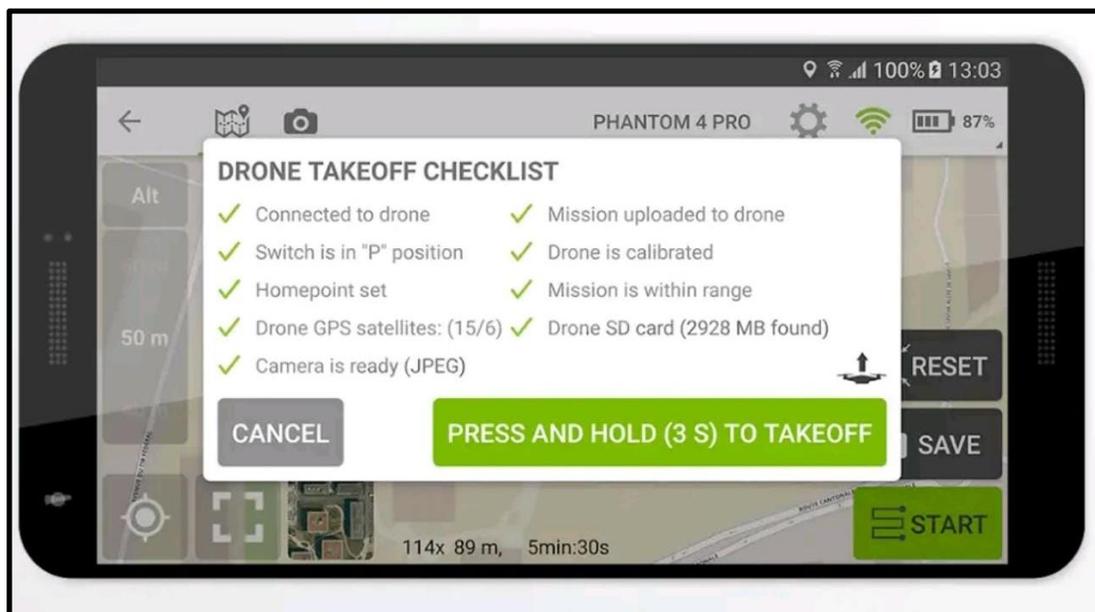


Figura 34 Ajuste del plan de vuelo

Fuente: Propia

Se hace un chequeo antes del vuelo para ver que el drone cumpla con todos los ajustes

Luego se configura parámetros como altura de vuelo, velocidad y ángulo de cámara, posterior sombreamos el área a trabajar y se chequea la trayectoria de vuelo. Se sugiere siempre tomar un poco sobrada el área de interés para tener mejor procesamiento.

Finalmente se extraen las fotos del vuelo ejecutado.

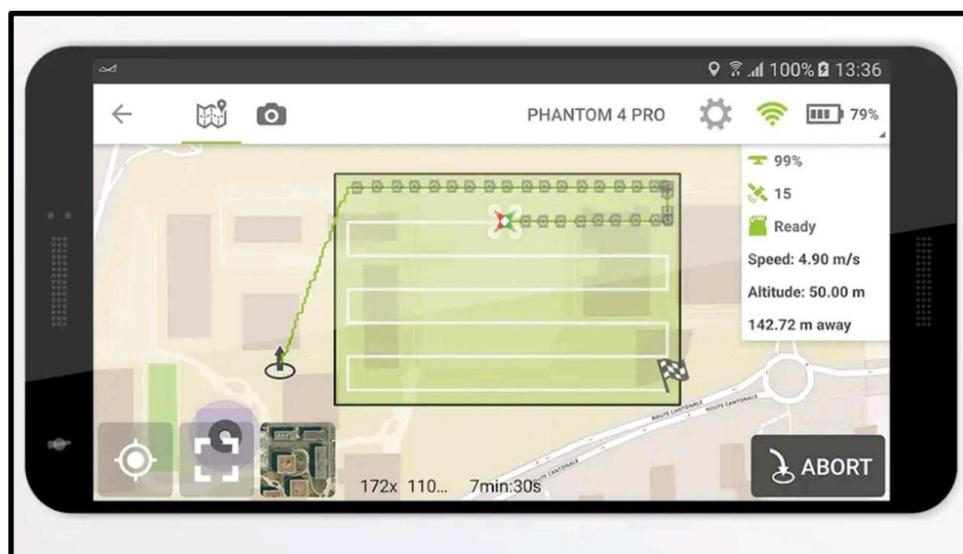


Figura 36 Seguimiento del drone en Pix4D

Fuente: Propia

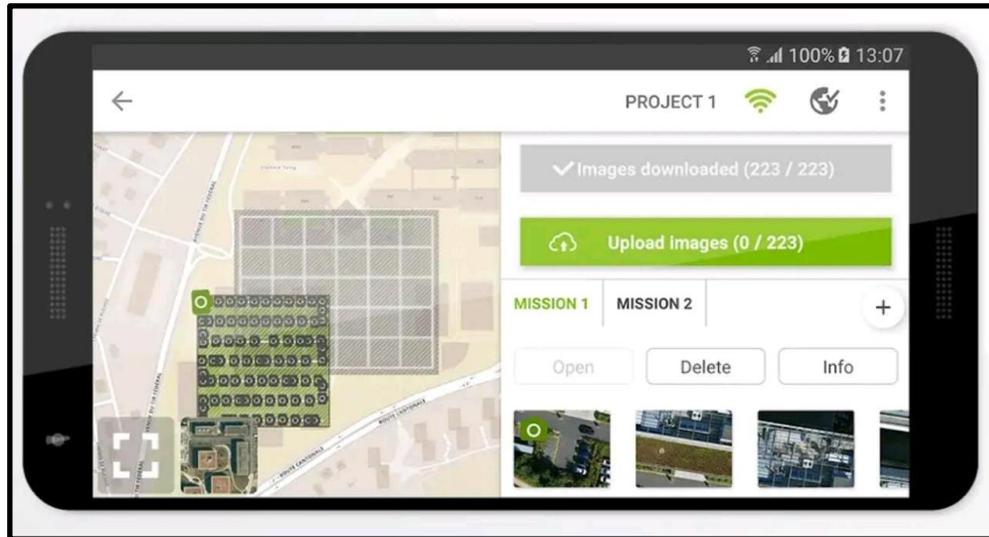


Figura 37 Finalización del vuelo de drone

Fuente: Propia

### 3.2.1 PARÁMETROS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA UN PLAN DE VUELO

#### 3.2.1.1 ALTURA DE VUELO

La altura de vuelo determinará la escala de trabajo sobre la que deseemos trabajar. Una relación entre la distancia focal del sensor y la altura de vuelo será proporcional a nuestra escala de trabajo.

$$1/E_t = f/H$$

Donde:

- ✓ **E<sub>t</sub>**: escala a la que deseamos trabajar
- ✓ **f**: distancia focal de la cámara

- ✓ **H:** altitud a la que realizaremos el vuelo

### 3.2.1.2 TAMAÑO DE FOTOGRAMA Y TERRITORIO

Durante la captura de las imágenes existirá una proporción constante entre el tamaño de la fotografía y el tamaño de la zona mapeada. Se puede identificar la superficie que es capaz de abarcar una fotografía analizando el ancho y el largo de la fotografía en base a la altura a partir de las siguientes ecuaciones:

$$A = a * E_t$$

$$L = b * E_t$$

$$S = A * L$$

Donde:

- ✓ **A:** ancho territorial
- ✓ **L:** largo territorial
- ✓ **S:** superficie de mapeo
- ✓ **E<sub>t</sub>:** escala a la que deseamos trabajar
- ✓ **a:** ancho de distancia que puede capturar nuestro sensor por imagen
- ✓ **b:** largo de distancia que puede capturar nuestro sensor por imagen

### 3.2.1.3 DISTANCIA ENTRE FOTOGRAMAS

Para poder disponer de la superficie total de cobertura es necesario trabajar con un número adecuado de fotografías que permita el solape suficiente entre ellas y cubra la superficie completa de la zona de trabajo. Cuanto mayor porcentaje de solapamiento exista, mayor número de fotografías y pasadas serán necesarias, ya sea de manera longitudinal o transversal. Para poder solucionar este problema puedes recurrir al siguiente juego de ecuaciones:

$$B = L * (1 - p)$$

$$C = A * (1 - q)$$

Donde:

- ✓ **B:** distancia entre puntos donde tomar cada fotografía de manera longitudinal
- ✓ **C:** distancia entre puntos donde tomar cada fotografía de manera transversal
- ✓ **A:** ancho territorial
- ✓ **L:** largo territorial
- ✓ **p:** porcentaje de solapamiento longitudinal empleado
- ✓ **q:** porcentaje de solapamiento transversal empleado

#### 3.2.1.4 RECURRENCIA DE IMÁGENES

Se puede determinar la recurrencia de disparos programando el dron para que tome fotogramas medidas en distancias o en tiempo. Se pueden trabajar los valores de toma de imágenes en tiempo o en distancia a través de la siguiente ecuación:

$$T = D / V$$

Donde:

- ✓ **T**: tiempo entre capturas de imagen
- ✓ **D**: distancia entre puntos donde tomar la fotografía
- ✓ **V**: velocidad de vuelo

#### 3.2.1.5 FOTOGRAFÍAS POR PASADA

Se busca identificar cuántas fotografías son necesarias para abarcar la totalidad de una pasada en su trayectoria a través de otra sencilla proporción:

$$N = D_l / B$$

Donde:

- ✓ **N**: número de fotografías por pasada

- ✓ **D<sub>l</sub>**: distancia longitudinal de avance de vuelo de la zona de trabajo
- ✓ **B**: distancia entre puntos donde tomar cada fotografía de manera longitudinal

### 3.2.1.6 NÚMERO DE PASADAS

Para cubrir la superficie total de mapeo será necesario que el dron realice varias pasadas. Conociendo la anchura de la zona de trabajo se puede calcular el número de pasadas necesarias para terminar de cubrir la superficie de la zona. Tan solo se necesita saber uno de los parámetros anteriormente calculados: la distancia entre toma de fotografías transversales. Debemos aplicar la siguiente ecuación:

$$P = D_t / C$$

Donde:

- ✓ **P**: número de pasadas a realizar transversalmente
- ✓ **D<sub>t</sub>**: distancia transversal de avance de la zona de trabajo
- ✓ **C**: distancia entre puntos donde tomar cada fotografía de manera transversal

### 3.2.1.7 NÚMERO TOTAL DE FOTOGRAFÍAS

Conocer el número total de fotografías puede dar una idea del volumen de datos a consumir en las tarjetas de memoria o la memoria interna del dron. Se puede estimar el número total de imágenes que realizará el dron para obtener la composición completa de imágenes con las que generar un mosaico territorial. Bastará con multiplicar el número de imágenes generadas en cada pasada por el número de pasadas siguiendo la siguiente relación.

$$F = (N+1) * P$$

Donde:

- ✓ **F:** número de fotografías total
- ✓ **N:** número de fotografías por pasada longitudinal
- ✓ **P:** número de pasadas

### 3.3 LEVANTAMIENTO DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE

Desde su invención han existido muchas definiciones para la fotogrametría, pero las definiciones más comunes y más conocidas son las dos siguientes:

- a) Propuesta por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) que nos dice que “La fotogrametría es una ciencia que se

encarga de interpretar las características métricas y geométricas de un objeto por medio de la fotografía”. Fotogrametría con Drones

b) La Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) por su parte ofrece una definición más amplia. Esta sociedad, además de ciencia, define a la fotogrametría como “un arte y/o tecnología que se encarga de la medición e interpretación de los objetos en una imagen y de los patrones de energía electromagnética”. Según estas dos últimas definiciones podemos resumir el concepto de la fotogrametría como “La ciencia, arte y tecnología cuyo objetivo principal es el conocimiento de las dimensiones y posiciones de los objetos a partir de dos o más fotografías sucesivas”. Estas dimensiones (3D) y posiciones (3D) se obtienen gracias al principio de Estereoscopia

#### **CAPITULO IV: “PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO”**

##### **4.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA PIX4D MAPPER**

Pix4D es un software de fotogrametría que, a partir de un conjunto de imágenes con solape, genera nubes de puntos en común entre ellas para construir ortomosaicos y modelos digitales de superficie (MDS) y del terreno (MDT) para generar cartografía 2D y modelos 3D.

### 4.1.1 ESTUDIOS

- ✓ El software Pix4D hace que la obtención de resultados precisos sea muy eficiente en el tiempo, con mediciones intuitivas y análisis de proyectos.
- ✓ **Cartografía:** Creación de resultados en 2D y 3D para catastro, planificación urbana, modelización del terreno, cartografía a gran escala, monitoreo ambiental, etc. Actualización sencilla y eficiente de la cartografía.
- ✓ **Minería:** Monitorización de extracciones y depósitos, medición de líneas de ruptura o creación de curvas de nivel y realización de cálculos de volúmenes. Estudios más seguros y eficientes para el monitoreo de extracciones y depósitos.
- ✓ **Forense:** Creación de datos medibles y georreferenciados de escenas de accidentes o delitos. Adquisición rápida y no invasiva para documentar el escenario.

### 4.1.2 CONSTRUCCIÓN

Supervisión de los sitios de construcción a medida que evolucionan, usando ortofotos georreferenciadas y datos 3D. Análisis de la situación de la obra para obtener mediciones actualizadas y un análisis continuo, haciendo que la gestión de la tierra y las inspecciones virtuales detalladas sean más eficientes.

- ✓ **Movimiento de tierras:** Análisis volumétrico, mediciones de depósitos y curvas de nivel. Seguimiento de los movimientos de tierra con rapidez, facilidad y precisión. Generación de mapas y modelos digitales de superficie 3D para mediciones volumétricas y modelado del terreno sin necesidad de estar físicamente sobre el terreno ni interferir con los trabajos.
- ✓ **BIM (Building Information Modeling):** Análisis de los datos del sitio según se construye, utilizando ortofotos o modelos 3D fácilmente actualizados. Realización de mediciones y comparación de la construcción real con los dibujos de diseño. Fácil repetición para obtener datos actualizados.
- ✓ **Inspección:** Creación de una base de datos de imágenes georreferenciadas para una inspección segura y eficiente después del vuelo. Localización de defectos en 3D a partir de imágenes, visualización de detalles estructurales desde múltiples ángulos, modelización del comportamiento térmico de edificios o paneles, y exportación de orto mosaicos de fachadas.

Para nuestro proyecto se utilizó el programa PIX4DMapper de la siguiente manera:

### **Paso 1: Procesamiento Inicial**

Primero se debe abrir el programa y se presentará un menú de inicio como se puede ver en la Figura 38, en el cual se ejecutará la opción “Nuevo Proyecto”, para iniciar con un procesamiento desde cero.



Figura 38 Menú de inicio del programa PIX4DMapper

Fuente: Propia

Se mostrará un menú para guardar el proyecto en la carpeta que se desee y colocarle el nombre ver Figura 39, en el la opción “nombre” y en “crear en”, además seleccionar “nuevo proyecto” luego “siguiente”

Nuevo Proyecto

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

Nombre: PROYECTO POLIDEPORTIVO

Crear En: C:/PROYECTO CURSO DE ESPECIALIZACION 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

Figura 39 Creación de un proyecto nuevo

Fuente: Propia

Para cargar las fotografías solo se ingresa al menú de selección de imágenes ver Figura 40, se presiona la opción “añadir imágenes, y se buscaran las imágenes en la carpeta donde se encuentran almacenadas ver Figura 41, de esta forma se cargarán las imágenes seleccionadas.

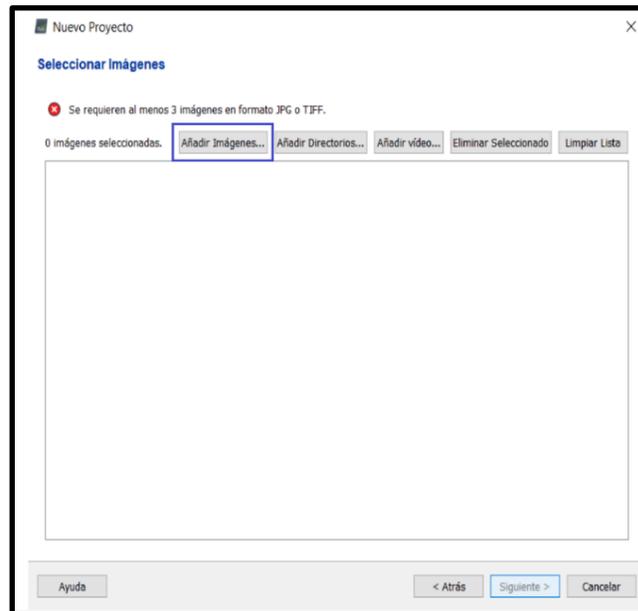


Figura 40 Menú de selección de imágenes

Fuente: Propia

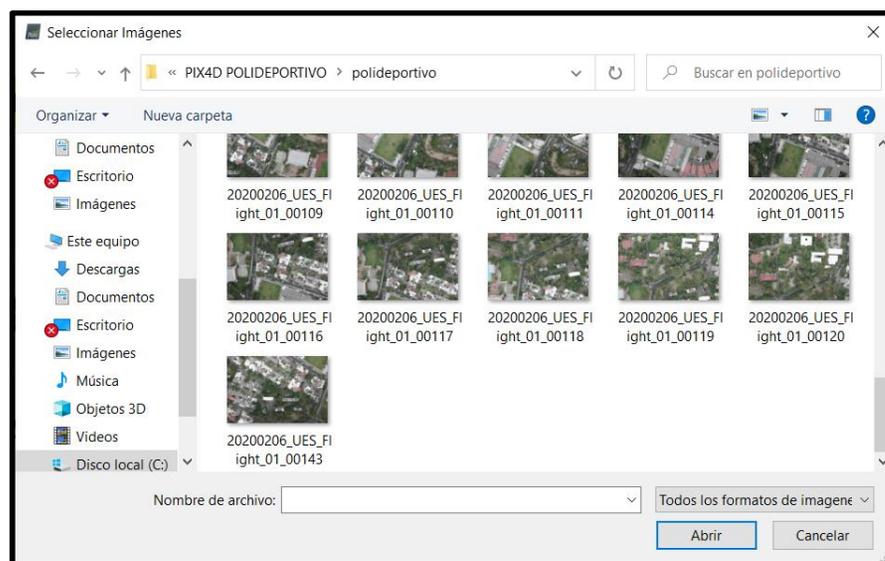


Figura 41 Importación de fotos

Fuente: Propia

Al cargar las imágenes dentro de PIX4DMapper se mostrará como se presenta en la Figura 42, luego solo se presionará el botón siguiente

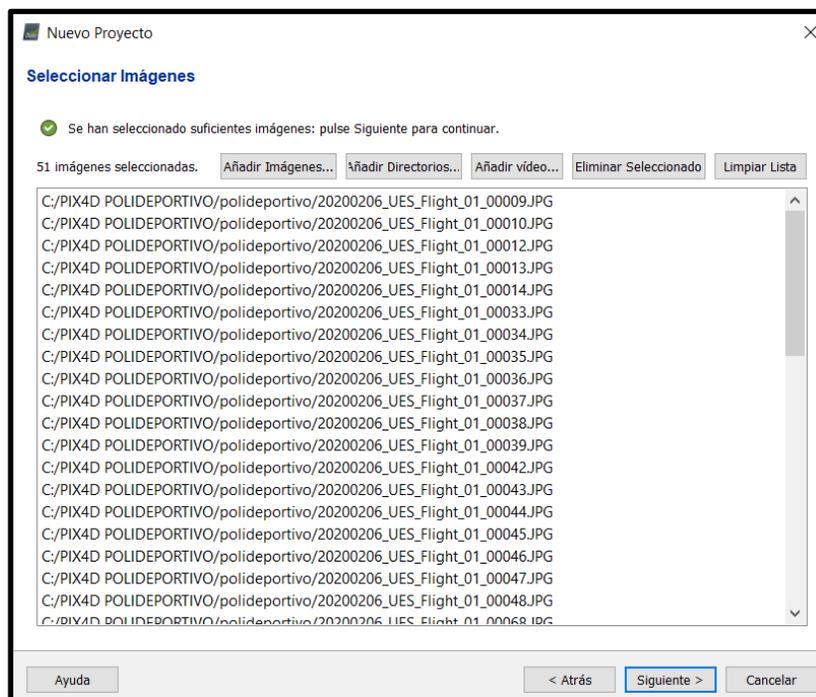


Figura 42 Carga de imágenes en el programa

Fuente: Propia

Se mostrarán las fotografías con su nombre, y coordenadas en el menú propiedades de imagen, tal como se muestra en la Figura 43, se verificará que el sistema de coordenadas se el indicado y que todos los parámetros estén correctos, y se presionará el botón siguiente

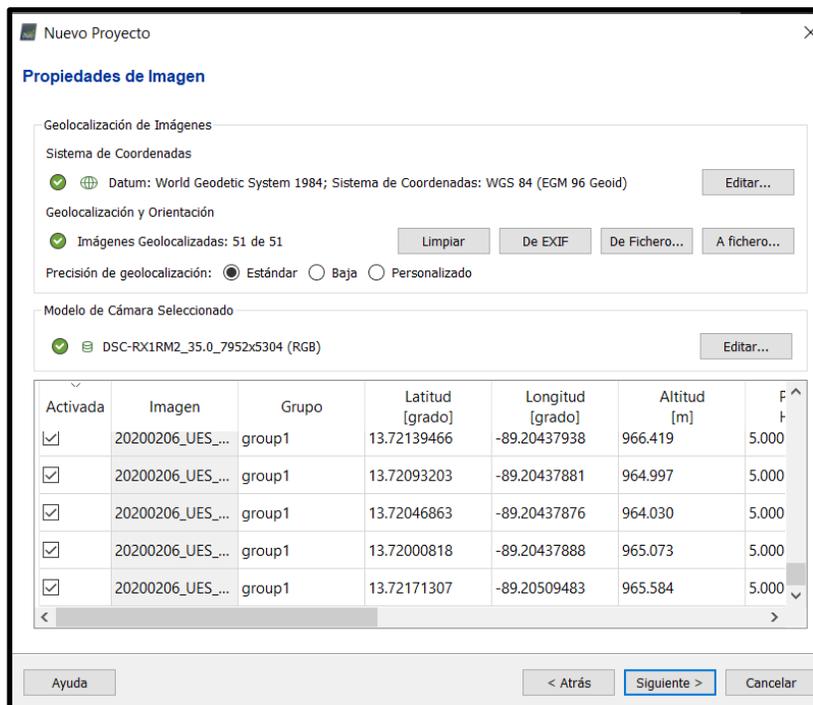


Figura 43 Menú de propiedades de imagen

Fuente: Propia

Se presentará el menú para seleccionar el sistema de coordenadas en que se cargará el proyecto Figura 44, se seleccionará la opción “sistema de coordenadas de salida” luego en “opciones avanzadas de coordenadas”, se desplegará un menu en el cual se seleccionará “Desde PRJ” de esta forma se cargará el archivo con extensión PRJ ver Figura 45

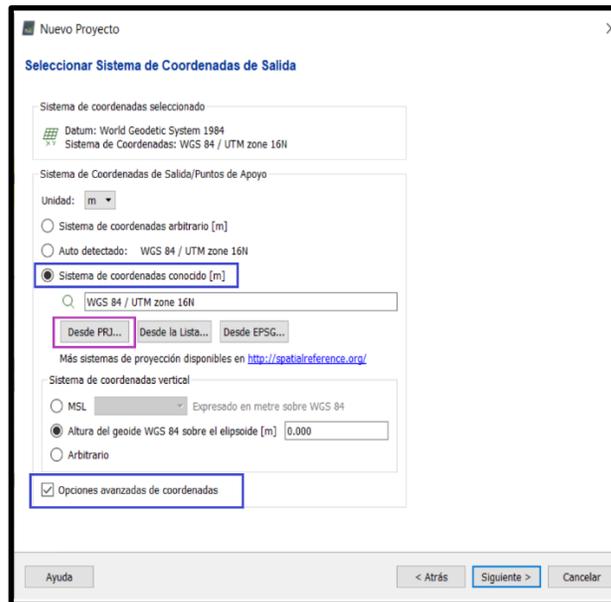


Figura 44 Menú de selección de sistema de coordenadas de salida

Fuente: Propia

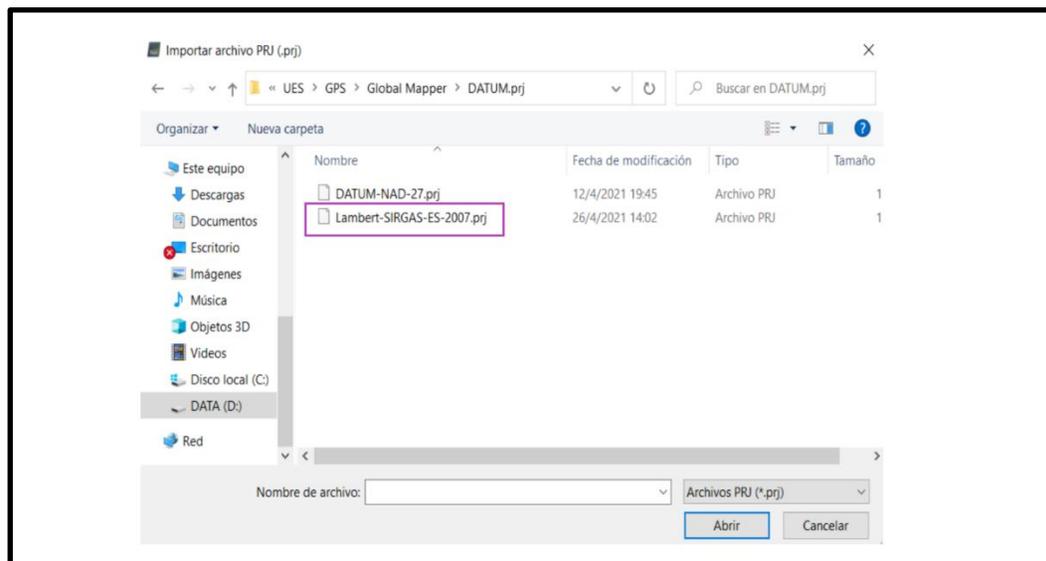


Figura 45 Carga de archivo PRJ

Fuente: Propia

Al cargar las imágenes se presentará de la siguiente manera ver Figura 46, para iniciar con el paso 1 del procesamiento se debe deshabilitar todos los pasos 2 y 3, y dejar solo seleccionado el paso 1, para iniciar con el procesamiento se presionará el botón “opciones de procesamiento”.

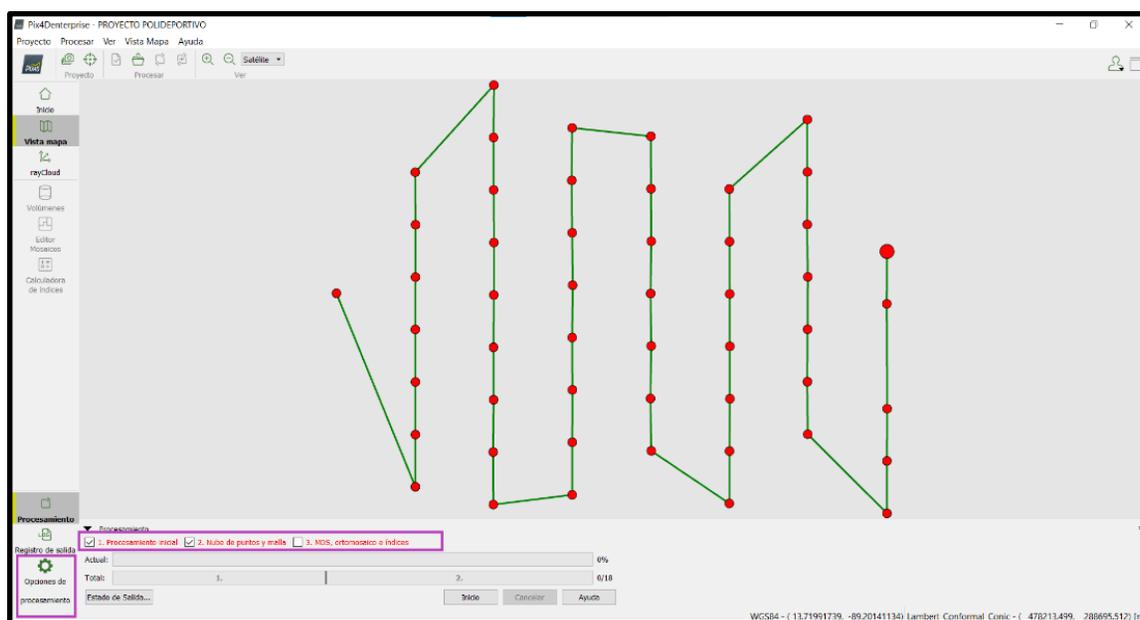


Figura 46 Inicio del procesamiento del paso 1

Fuente: Propia

Se dejará en la opción “completa”, y en informe de cálida se dejará seleccionado ver Figura 47, de esta forma se presentará un informe en donde se presentará la información completa de del procesamiento inicial.

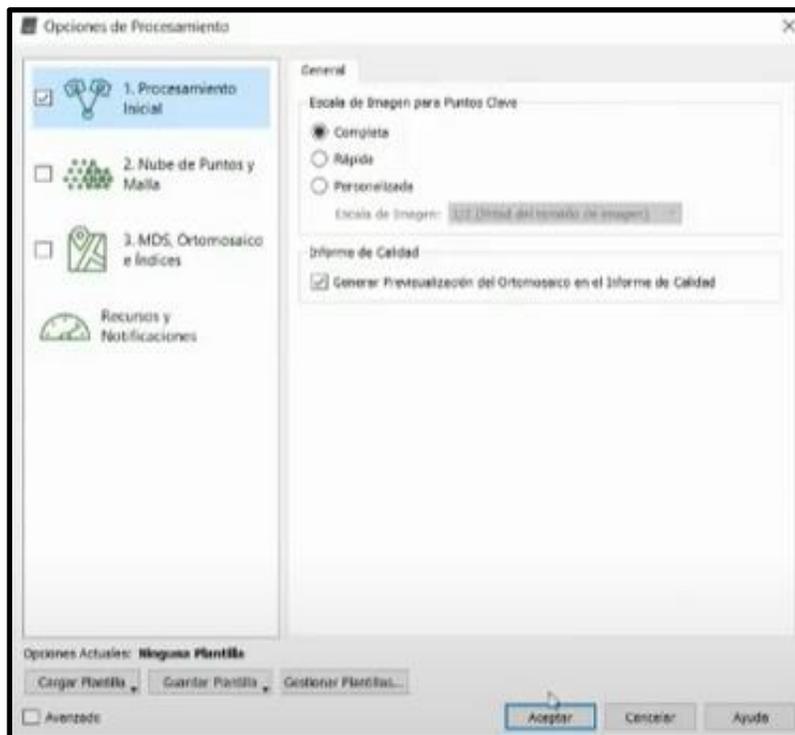


Figura 47 Menú de opciones de procesamiento para el paso 1

Fuente: Propia

Al realizar todo lo anterior ya se puede iniciar con el procesamiento inicial en la opción “Inicio” ver Figura 48



Figura 48 Procesamiento inicial

Fuente: Propia

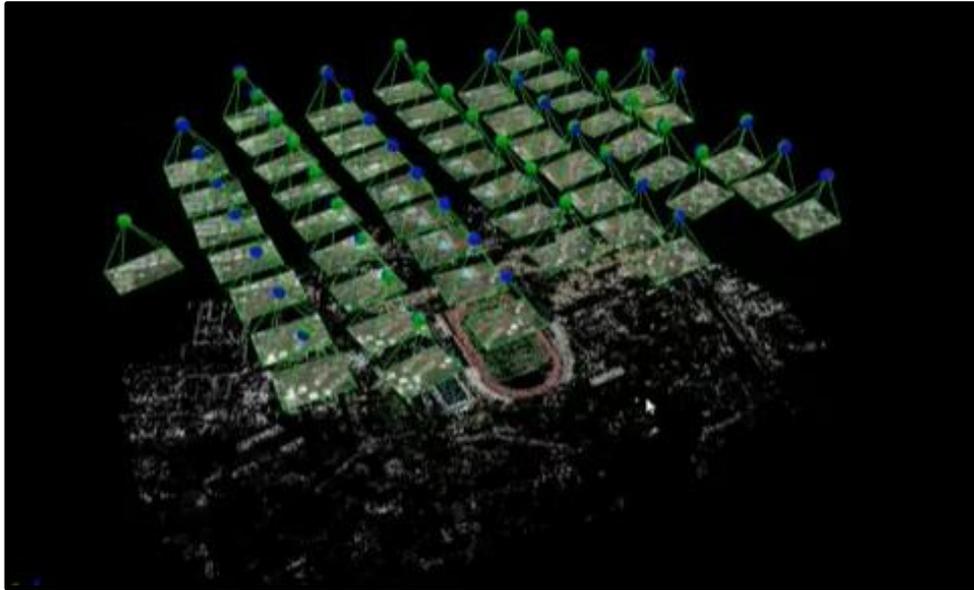
Al terminar con el procesamiento Inicial se generará un reporte de calidad en cual se indicará los errores que se tienen dentro del procesamiento de las fotografías ver Figura 49



*Figura 49 Reporte de calidad del procesamiento inicial*

*Fuente: Propia*

Al cerrar el reporte de calidad se presentará el proyecto ya procesado ver Figura 50.



*Figura 50 Fin del procesamiento Inicial*

*Fuente: Propia*

## **Paso 2: Nube de puntos y malla**

En el paso dos del procesamiento se debe de seleccionar un punto dentro de las imágenes ver Figura 51 que se cargaron, con el objetivo de colocar puntos de paso que vinculen el área en estudio con las fotografías tomadas.

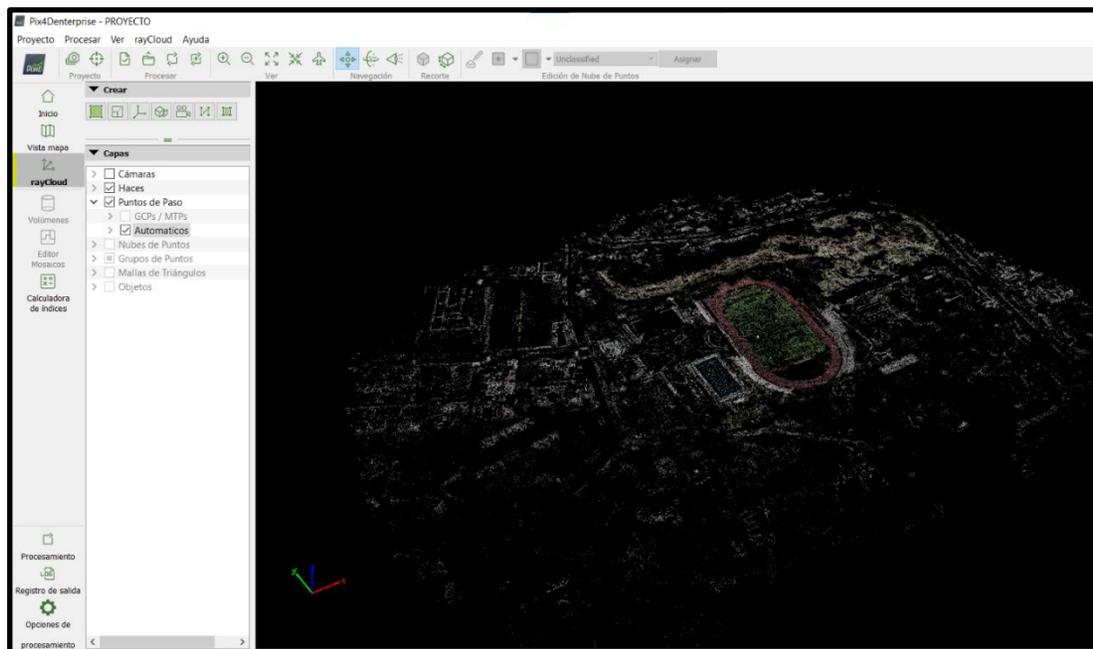


Figura 51 Colocación de los puntos de paso

Fuente: Propia

Para colocar los puntos de paso se abrirá una ventana al costado derecho de la pantalla ver Figura 52, en la cual primero se presionara la opción “punto de paso nuevo”, se seleccionaran al menos en dos imágenes el mismo punto de paso y se presionara el botón “foco en la selección” de esta manera el software buscara en todas las fotografías el punto seleccionado, cuando ya se tengan seleccionados los puntos en las fotografías se procede a presionar el botón “Aplicar” para generar el punto de paso, eso se repetirá por cada punto que se desee colocar, la cantidad de puntos dependerá del área objeto de estudio.

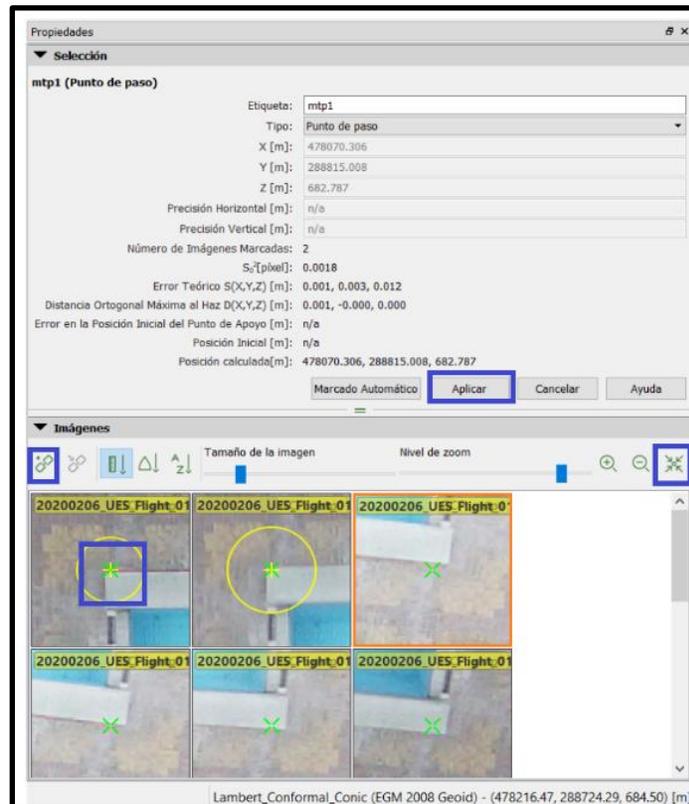
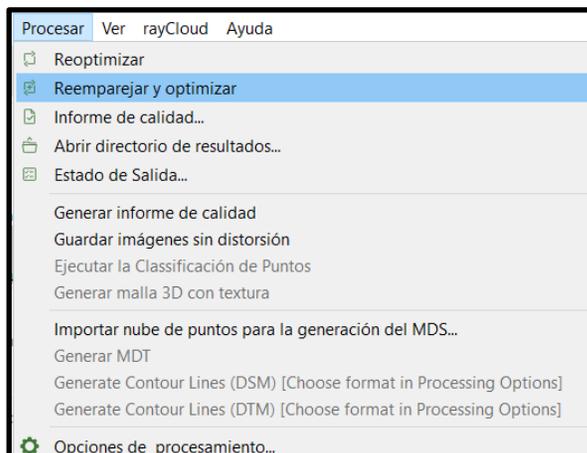


Figura 52 Creación de los puntos de paso

Fuente: Propia

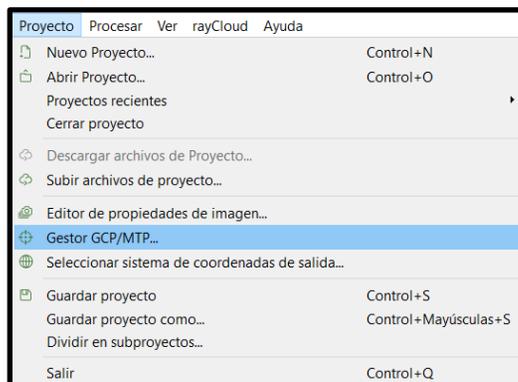
Después de agregar todos los puntos de paso, se debe de reemparejar y optimizar ver Figura 53, esto se hace en la opción, “procesar” en “reemparejar y optimizar”.



*Figura 53 Optimizar y reemparejar el proyecto*

*Fuente: Propia*

Para colocar los puntos de control que amarraran las imágenes con las coordenadas de los puntos tomadas en campo, es necesario introducirlo en un formato compatible con el programa, en nuestro caso se importaron en formato "txt", para importar dichos datos se presionó la opción "proyecto" luego se desplegará un menú en el cual se indicará la opción "Gestor GCP/MTP..." ver Figura 54.



*Figura 54 Importación de puntos de control*

*Fuente: Propia*

Para cargar los puntos de control se debe de realizar en la opción “importar puntos de apoyo” Figura 55, pero se debe tener en cuenta el sistema de coordenadas a utilizar que dichos puntos tengan concordancia con las coordenadas

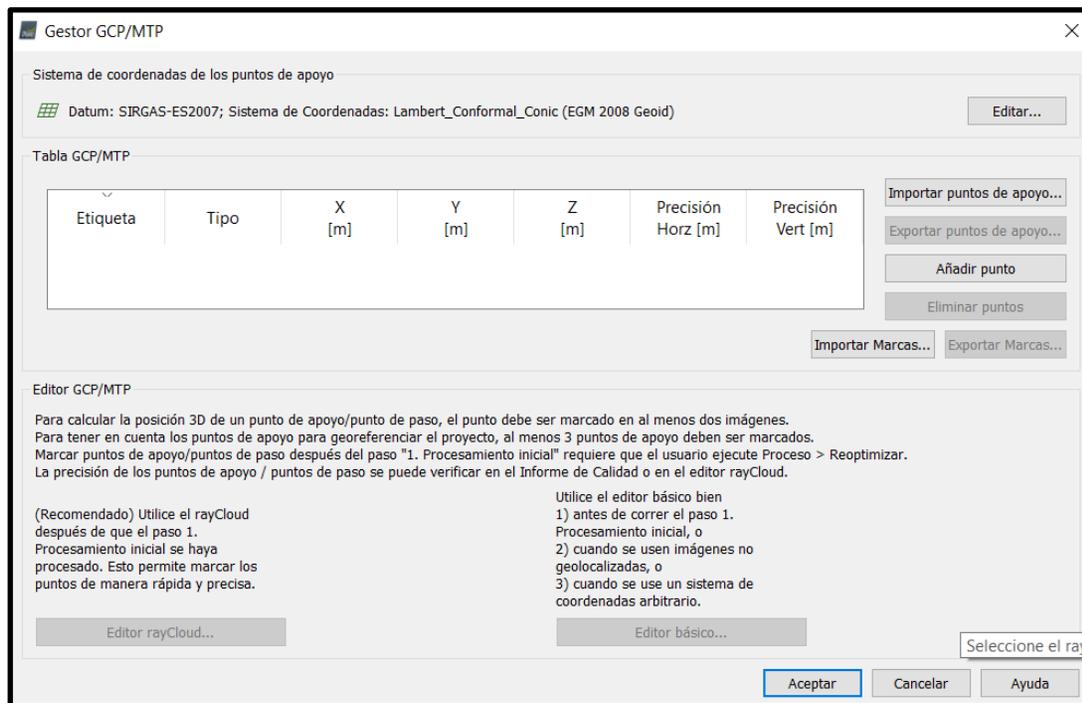


Figura 55 Carga de puntos de apoyo

Fuente: Propia

Al elegir el archivo con el formato compatible con el software se debe de considerar el orden en que se introducirán las coordenadas eso se puede revisar y modificar en la opción “orden de las coordenadas” ver Figura 56 por último se presiona “aceptar y se cargara el archivo.

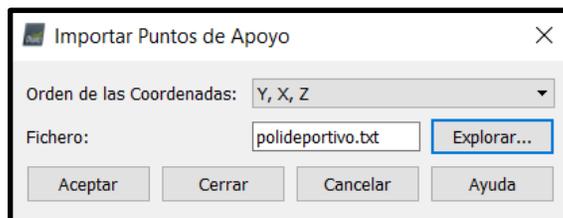


Figura 56 Importación de puntos de apoyo

Fuente: Propia

Los puntos de control estarán disponibles en las capas del proyecto en “GCPs/MTPs”

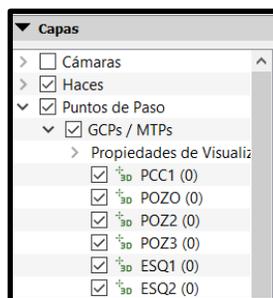


Figura 57 Visualización de puntos de control

Fuente: Propia

Para amarrar los puntos de paso con las fotografías del proyecto se realiza de la misma forma de como se hizo para los puntos de paso.

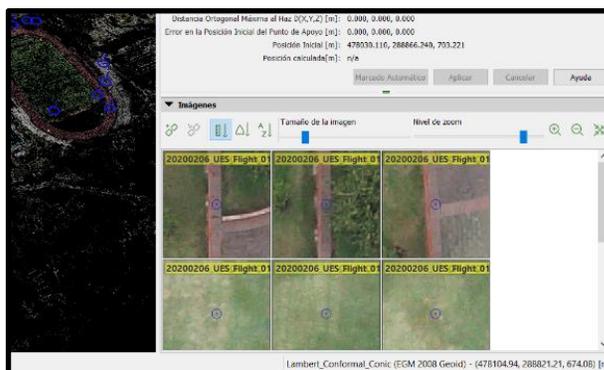


Figura 58 Puntos de control

Fuente: Propia

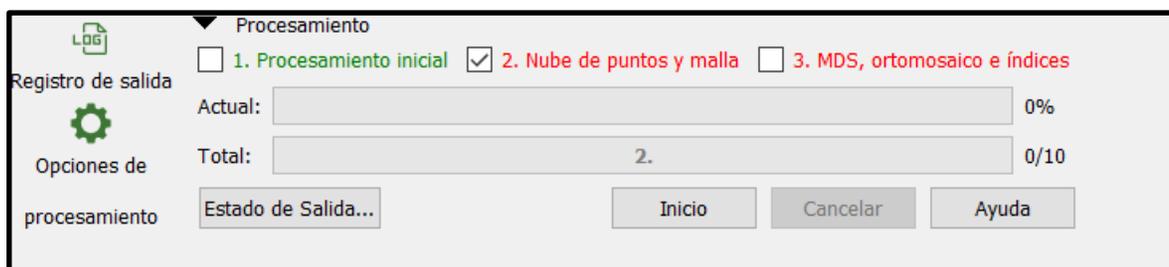


Figura 59 Inicio del paso 2

Fuente: Propia

### Paso 3: MDS, Ortomosaico e índice

Para realizar el paso tres se debe de colocar los parámetros apropiados para generar el modelo digital y el Ortomosaico además del reporte de calidad.

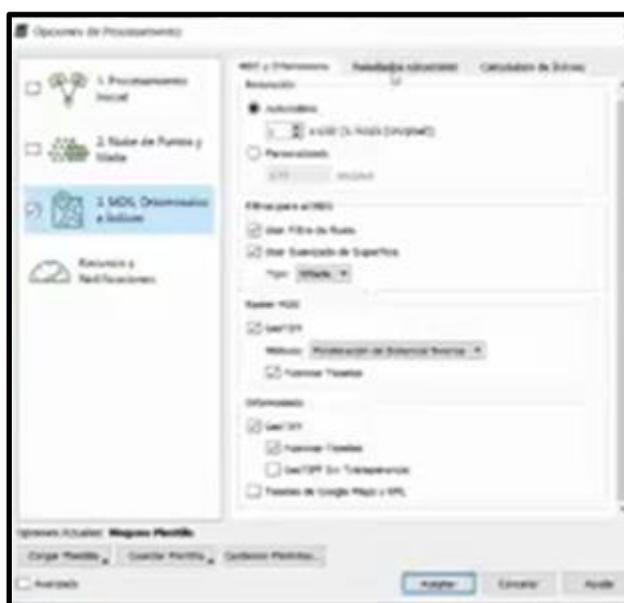


Figura 60 Parámetros para iniciar el paso 3

Fuente: Propia

Se generará el reporte de calidad que si se desea se puede descargar para tenerlo como referencia, se generará el ortomosaico con extensión TIF, de esta forma se puede iniciar con el procesamiento en Global Mapper para poder generar un archivo en extensión EWC para la creación del plano.

#### 4.2 DESCRIPCION GLOBAL MAPPER

Apoyándonos del Software Global Mapper cargaremos la orthomosaico procedente del paso 3 en el programa Pix4D.

Ingresamos dando clic en Open data files y seleccionaremos la imagen en formato .tiff como lo muestra la Figura 61.

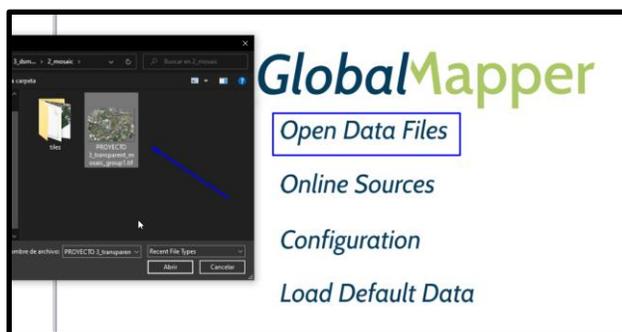


Figura 61 Inicio de Global Mapper

Fuente: Propia

Se muestra en la Figura 62 el orthomosaico cargado en Global Mapper.



Figura 62 Imagen formato .TIFF en Global Mapper

Fuente: Propia

Se cargan las curvas de Nivel que fueron generadas con el Software Pix4D.  
Ver Figura 63.

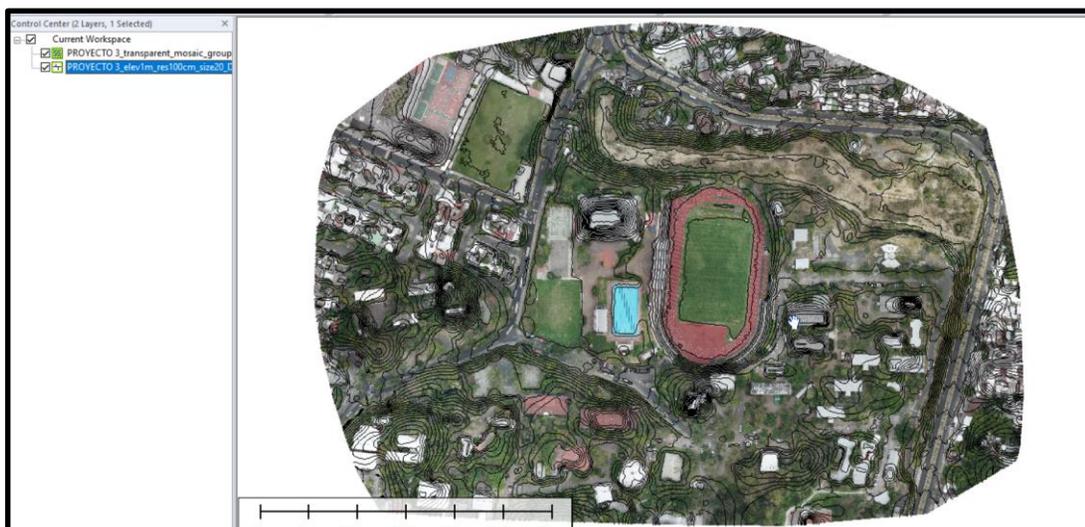
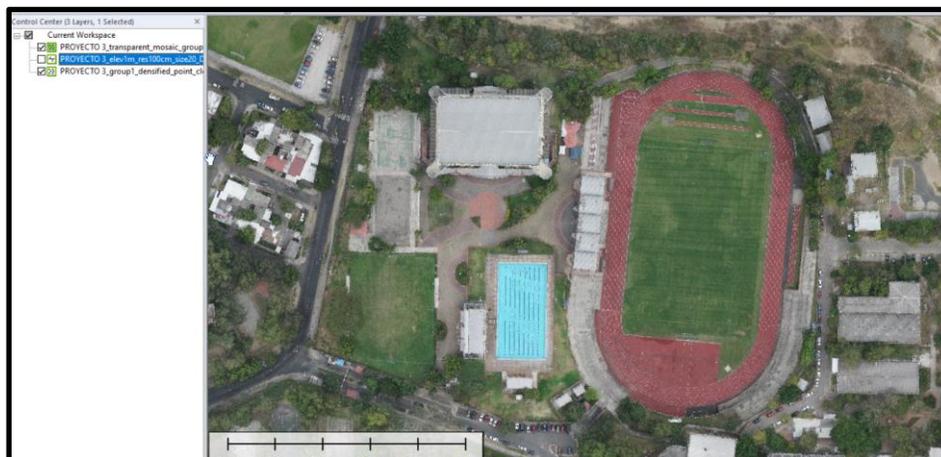


Figura 63 Curvas de Nivel generadas en Pix4D

Fuente: Propia

Se carga la Nube de Puntos y el orthomosaico la cual sirve para densificar la imagen y cerrar oquedades o vacíos en la imagen, ver Figura 64.



*Figura 64 Orthomosaico con Nube de puntos*

*Fuente: Propia*

Al cargar el modelo digital de terreno (Modelo Digital de Terreno), el Global Mapper nos brinda una clasificación en un rango de colores, siendo los colores más fríos representan las elevaciones menores, caso contrario el color anaranjado muestra las elevaciones más pronunciadas, el cual nos servirá para generar las Curvas de Nivel, ver Figura 65.

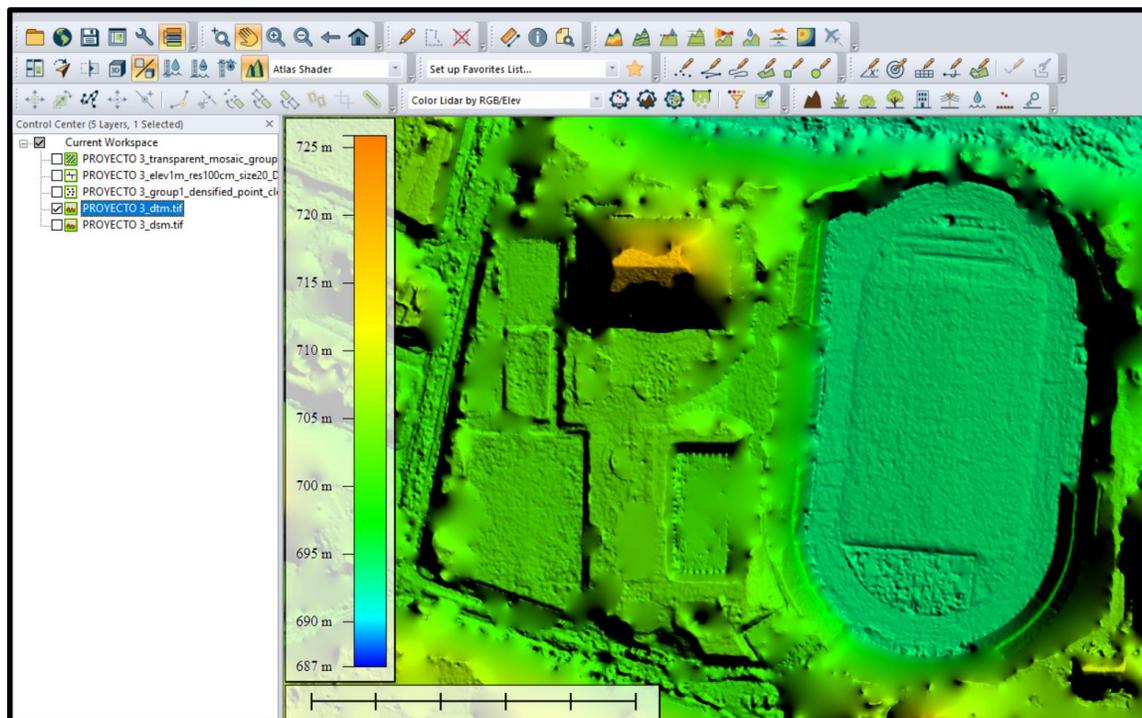


Figura 65 Activación de Modelo digital de terreno, DTM

Fuente: Propia

Se selecciona el orthomosaico y el DTM para la generación de las Curva de Nivel, ver Figura 66

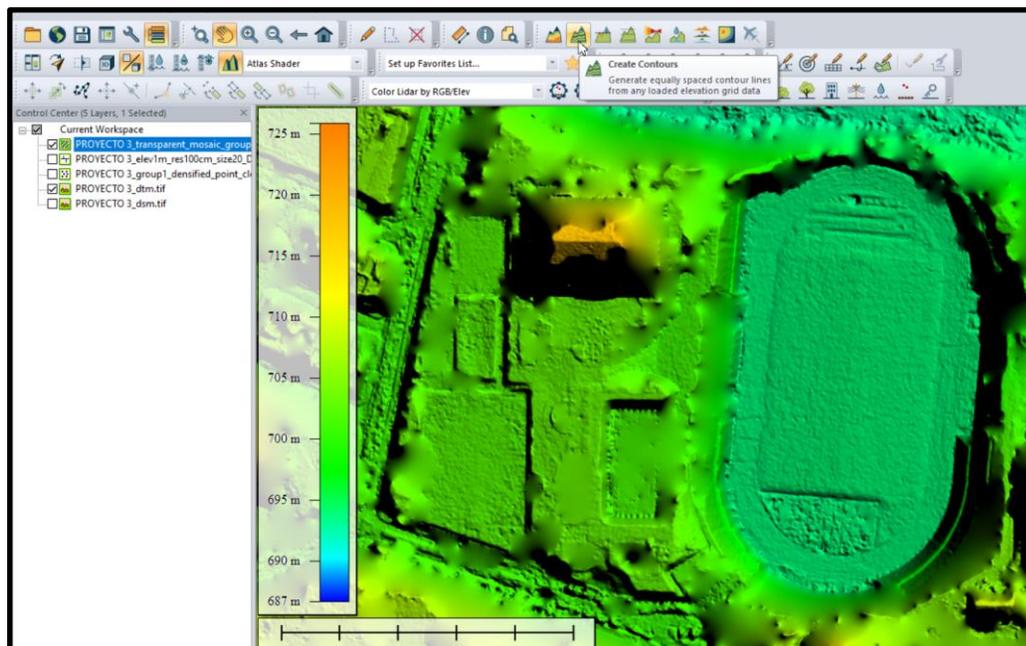


Figura 66 Creación de Curvas de Nivel en Global Mapper

Fuente: Propia

Se selecciona el intervalo de las curvas de nivel a cada metro. Así como se muestra en la Figura 67.

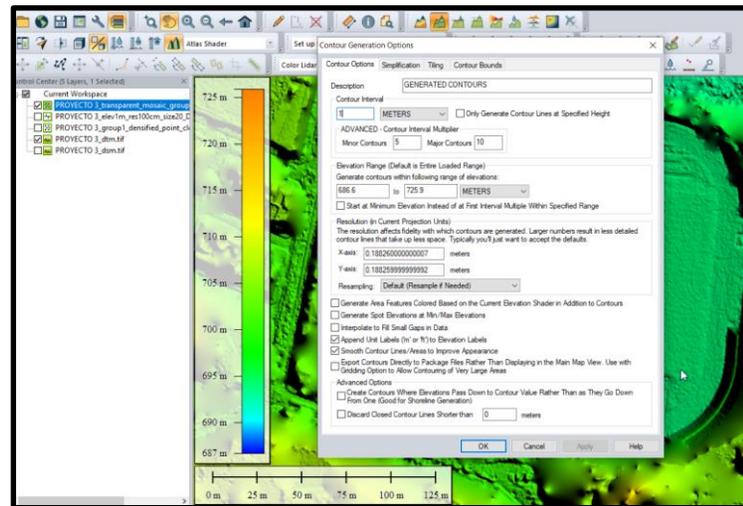


Figura 67 Selección de intervalo de Curvas de Nivel

Fuente: Propia

En la Figura 68 se muestra la generación de las curvas de nivel usando el software Global Mapper.

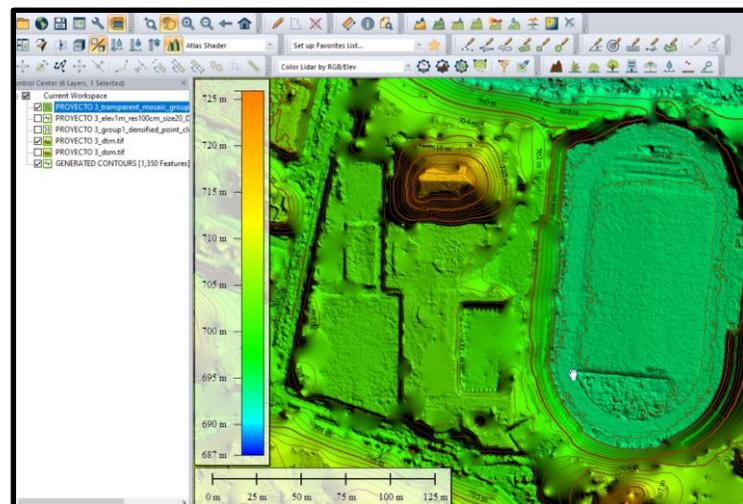


Figura 68 Curvas de Nivel en Global Mapper

Fuente: Propia

En las Figura 69 y Figura 70 se muestra la comparación de las curvas de nivel generadas en Global Mapper y las que proporciona Pix4D, siendo estas similares.

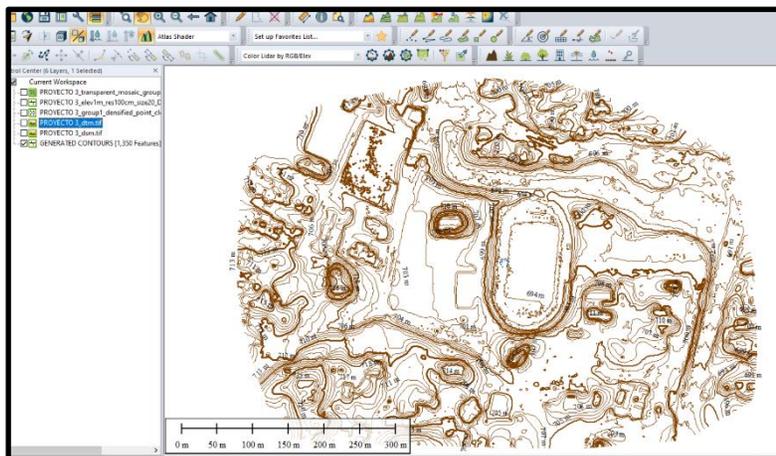


Figura 69 Curvas de Nivel en 2D

Fuente: Propia

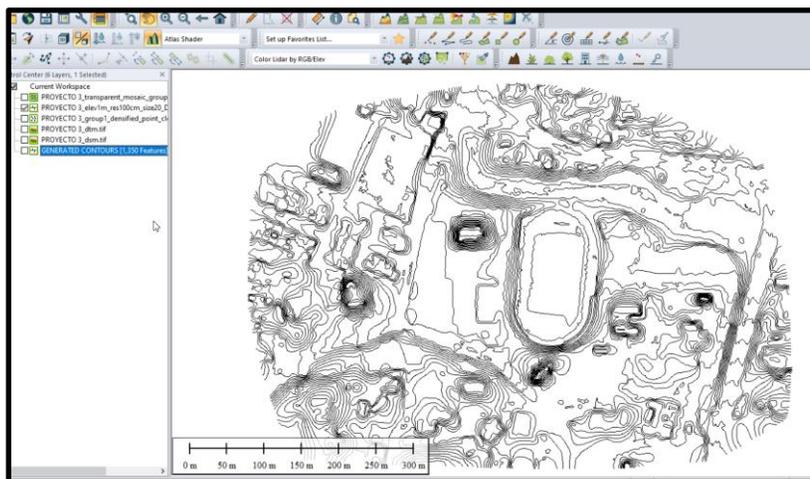


Figura 70 Curvas de Nivel Cargadas de Pix4D

Fuente: Propia

Posteriormente en las Figura 71 a la Figura 74 se muestra el procedimiento para corroborar si se cuenta con una buena georreferenciación montando la imagen en formato KML sobre Google Earth.

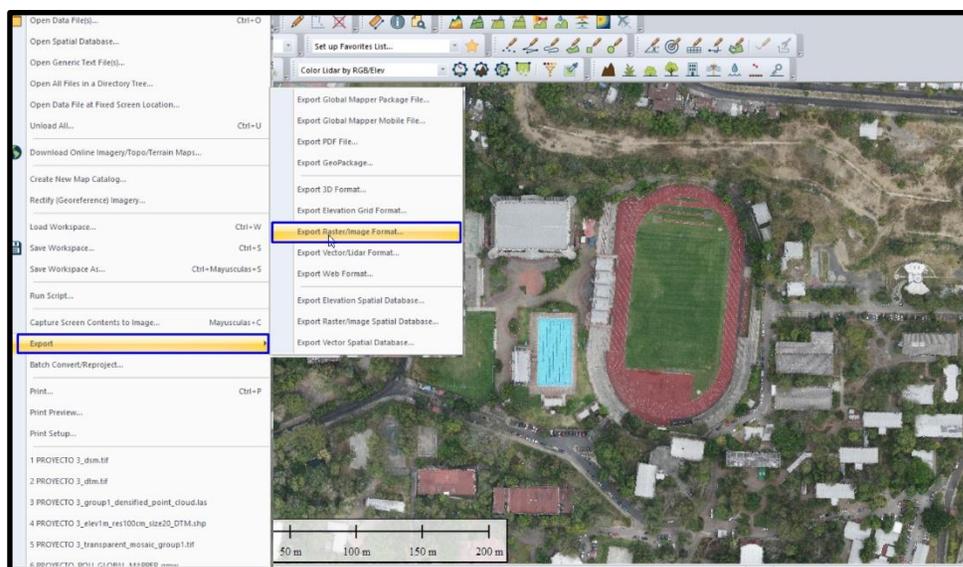


Figura 71 Exportación de imagen en formato KML

Fuente: Propia

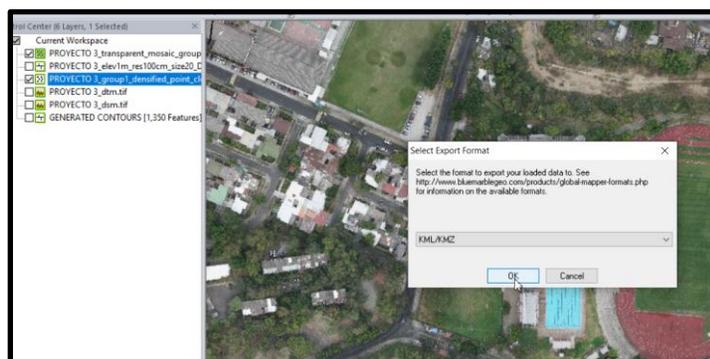


Figura 72 Exportación formato KML

Fuente: Propia

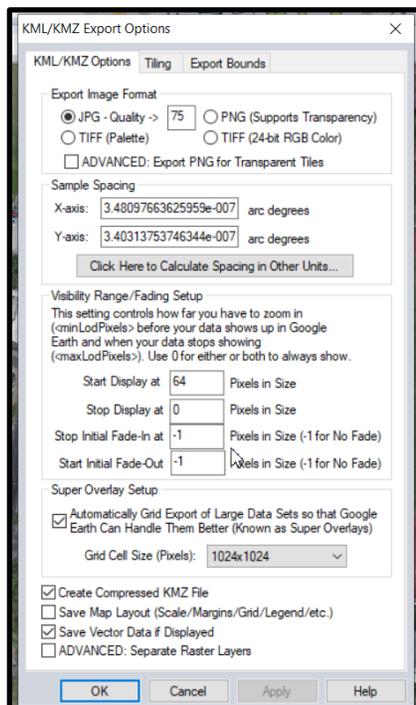


Figura 73 Opciones de formato KML

Fuente: Propia



Figura 74 Imagen cargada en Google Earth

Fuente: Propia

Posteriormente la imagen anteriormente cargada y corroborada se exporta a formato ECW que es compatible con software de dibujo. Ver Figura 75 a la Figura 77.

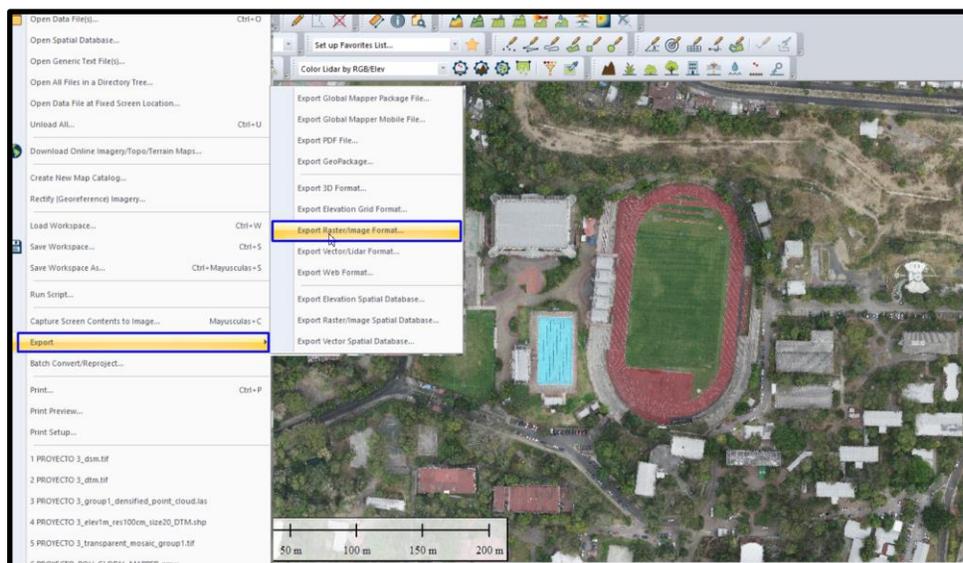


Figura 75 Exportación de Imagen en Formato ECW

Fuente: Propia

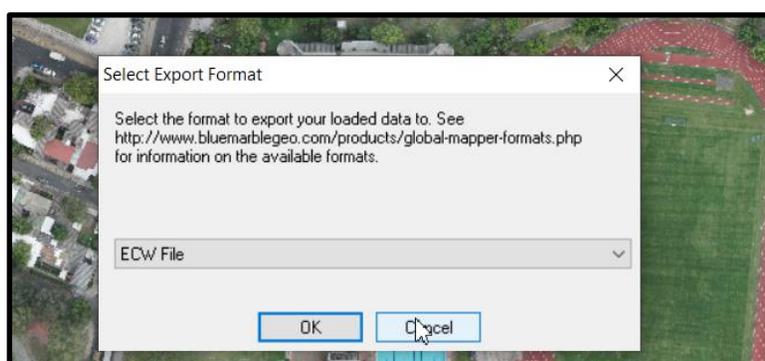


Figura 76 Formato ECW

Fuente: Propia

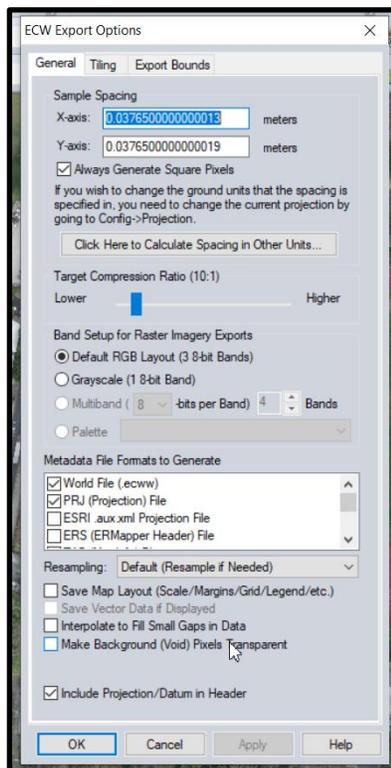


Figura 77 Opciones para el Formato ECW

Fuente: Propia

### 4.3 PROCEDIMIENTO REALIZADO EN SOFTWARE DE DIBUJO (CIVIL 3D Y CIVILCAD)

CivilCAD, creado por ARQCOM, es el software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de AutoCAD y Civil3D cubriendo diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía.

El resultado del Software Global Mapper nos brinda el orto mosaico en formato .ecw en este caso la nombramos como “*ORTHOFOTO\_CIVIL.ecw*”

#### **4.3.1 ¿QUÉ ES EL ARCHIVO ECW?**

ECW es un formato de compresión, optimizado para imágenes aéreas y de satélite. El archivo ECW puede contener datos recopilados con cámaras satelitales o aéreas y georadars ubicados en el espacio.

El formato ECW está optimizado para imágenes aéreas y satelitales para satisfacer las necesidades de geolocalización y mapeo de datos. Las imágenes en este formato se utilizan junto con los datos geoespaciales.

#### **4.3.2 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL FORMATO ECW**

Los datos de imagen almacenados en el archivo ECW se comprimen usando un algoritmo de compresión sin pérdida significativa de calidad de imagen. Este tipo de archivo es ideal para imágenes de gran formato, ya que el algoritmo de compresión ECW maneja muy bien las imágenes grandes, alcanzando razones de compresión de 1:10 a 1: 100 - resulta difícil de lograr usando otros algoritmos de compresión.

Para nuestro proyecto se utilizó el programa Civil 3D con extensión en CivilCAD de la siguiente manera:

- 1) Se utilizó el Software Civil3D en la interfaz "Planning and Analysis" para importar el archivo de ortho mosaico en formato .ecw, ver Figura 78, el cual nos servirá de referencia para delimitar la zona de levantamiento.

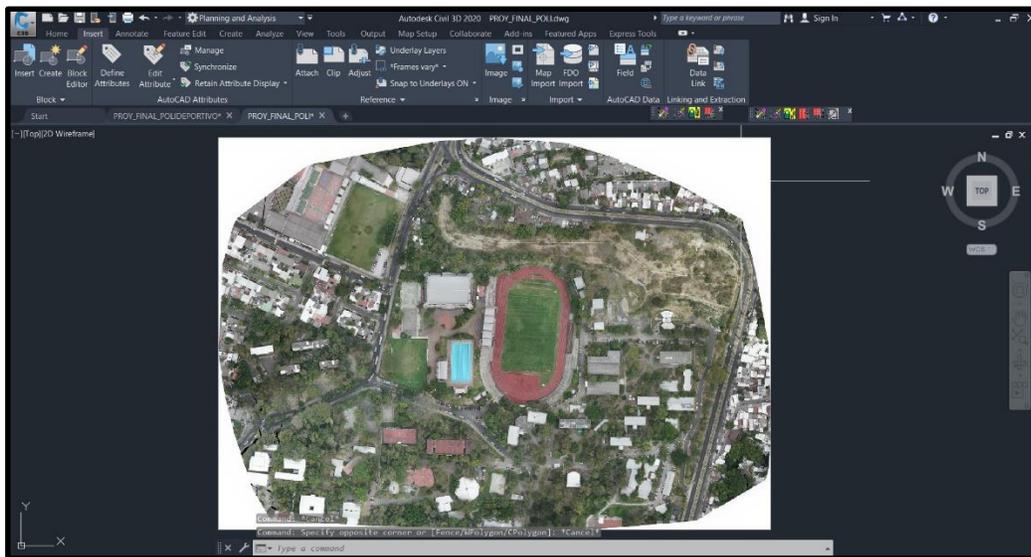


Figura 78 Importación de Ortho mosaico en Civil 3D

Fuente: Propia

- 2) Nuestra zona de trabajo contempla el polideportivo de la Universidad de El Salvador, el cual se procedió a delimitar una poligonal cerrada utilizando una polilínea (Figura 79).

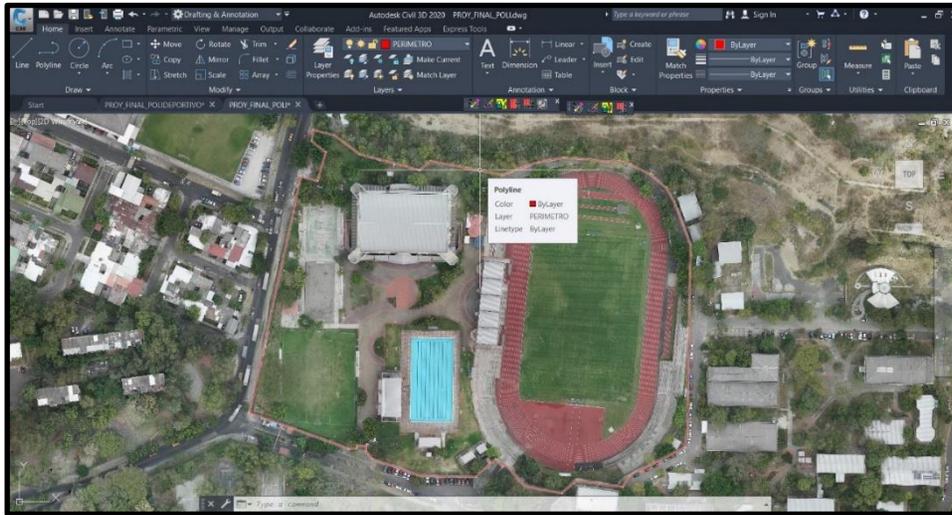


Figura 79 Delimitación de zona de trabajo

Fuente: Propia

- 3) Apoyándonos del Software CIVILCAD colocaremos el cuadro de rumbos, distancias y coordenadas así mismo conseguiremos numerar los vértices de la poligonal iniciando con el número 1 en sentido horario en la esquina norponiente de la poligonal. Ver Figura 80 a la Figura 82.

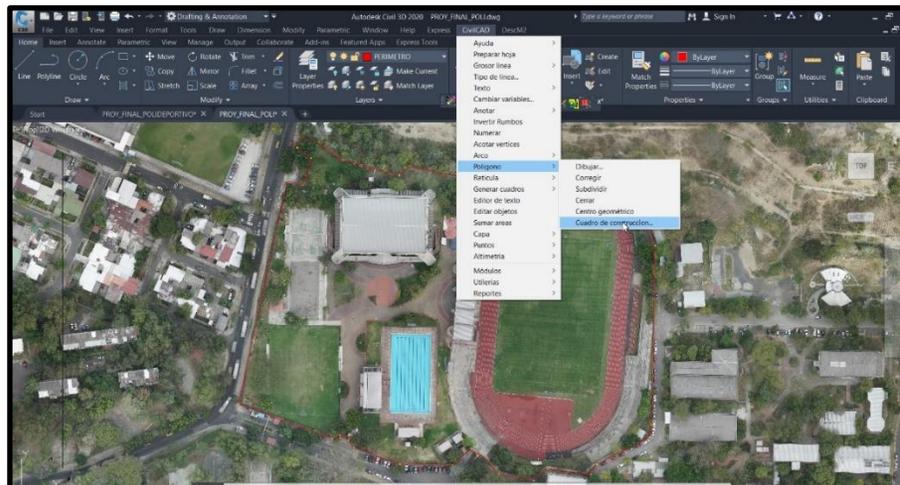


Figura 80 Numeración de poligonal y creación de cuadro de rumbos y coordenadas

Fuente: Propia

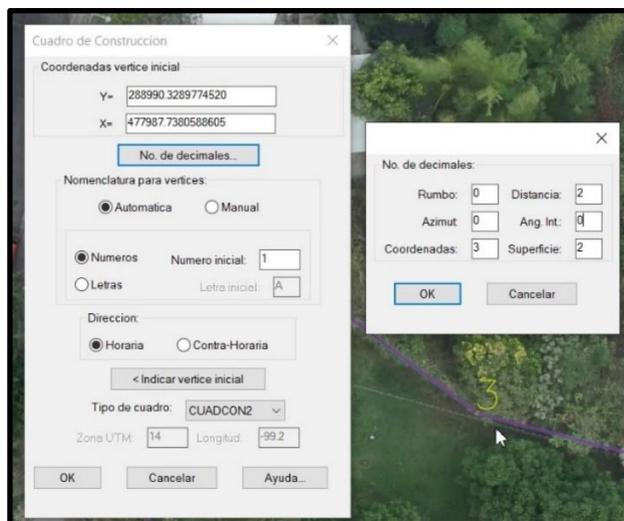


Figura 81 Cuadros de dialogo previos a colocación de cuadro de construcción

Fuente: Propia



Figura 82 Poligonal numerada y creación de cuadro de coordenadas

Fuente: Propia

- 4) Se realizo el dibujo de los detalles y del plano conjunto del polideportivo UES. Ver Figura 83 y Figura 84



Figura 83 Plano conjunto sobre orto mosaico

Fuente: Propia

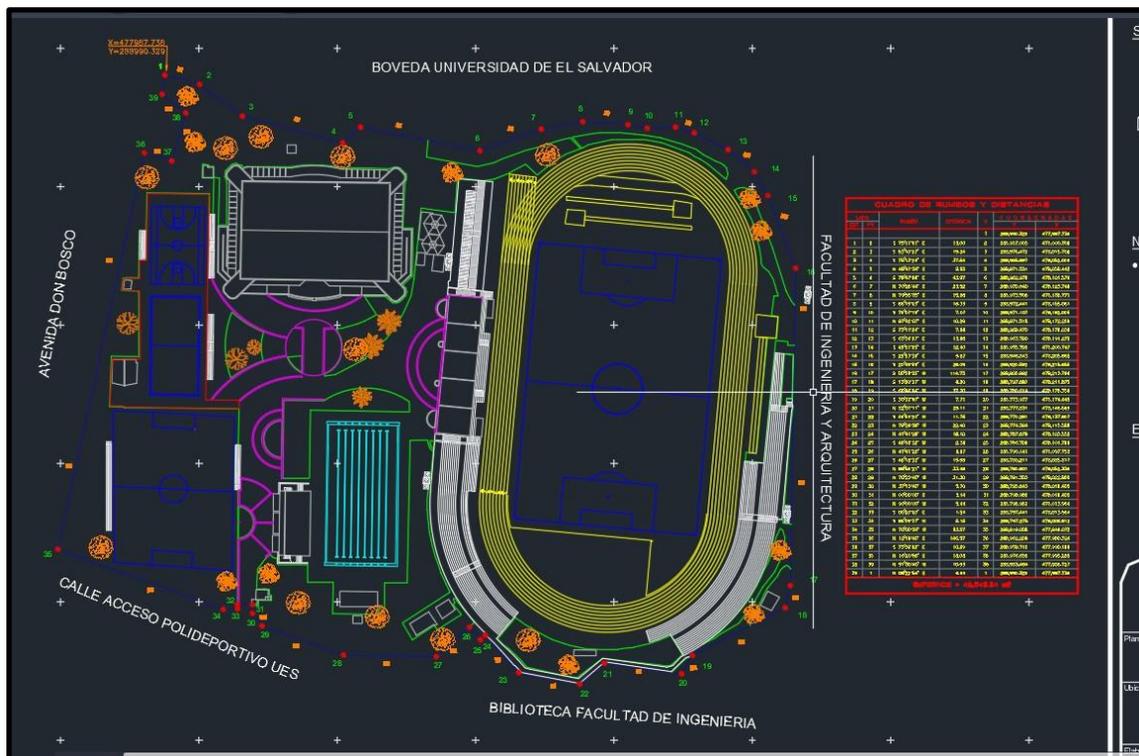


Figura 84 Plano conjunto, Vista Model

Fuente: Propia

- 5) La forma de presentación del Plano se llevó a cabo apoyándonos en documento “Requisitos y aranceles de servicio” del CNR (Ver ANEXO)
- 6) Se realizo el membrete utilizando un ejecutable llamado “Plato 2”, luego de su instalación debemos escribir en la barra de comandos APPLLOAD y nos aparecerá una ventana emergente donde buscaremos plato2 y daremos click donde dice “load”, ver Figura 85 y Figura 86.



Figura 85 Barra de comando Civil 3D

Fuente: Propia

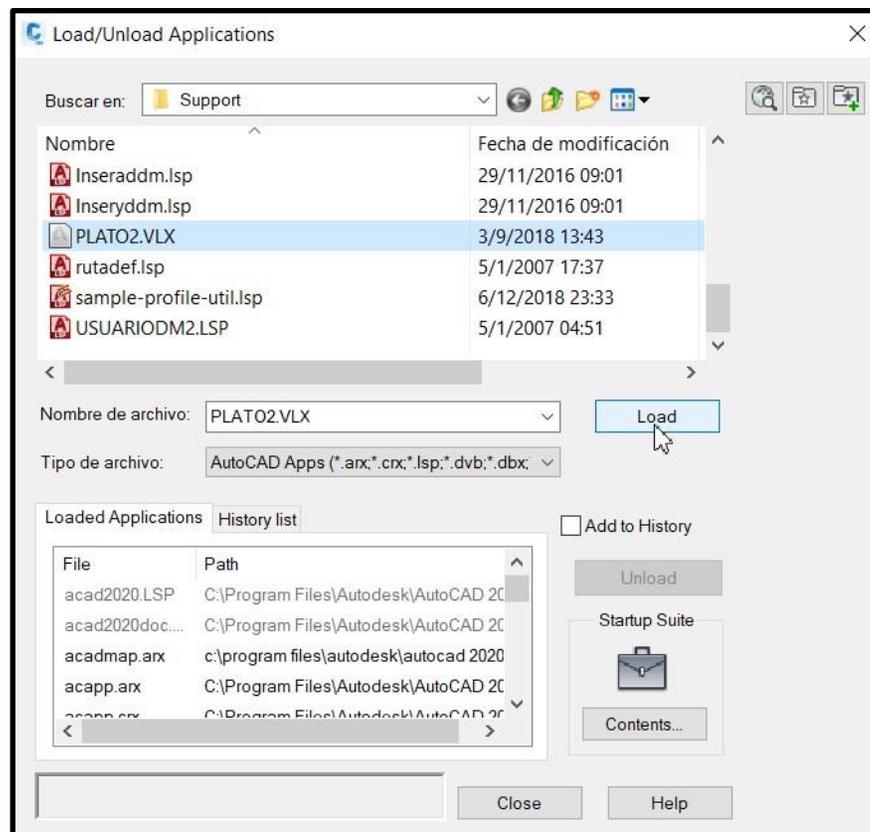


Figura 86 Ventana emergente para cargar ejecutables

Fuente: Propia

- 7) Una vez cargado el ejecutable, digitar en barra de comando "Plato2" y aparecerá una venta emergente. Ver Figura 87 y Figura 88.

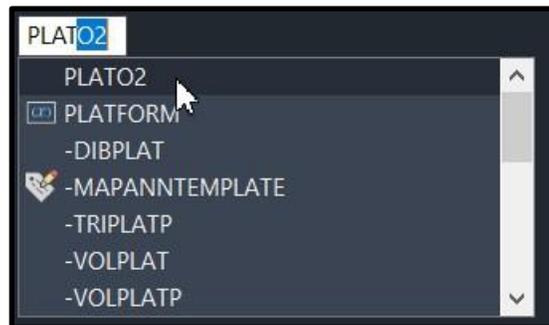


Figura 87 Barra de comandos Civil3D, ejecutable Plato2

Fuente: Propia

Figura 88 Ventana emergente Plato2

Fuente: Propia

- 8) En la ventana emergente del ejecutable adecuaremos los campos, así como lo muestra la Figura 89 daremos click al vértice de inicio y que la numeración sea en sentido horario, seleccionaremos el tamaño de papel la escala que mejor se ajusta es la 1:1000.

Figura 89 Datos a complementar del ejecutable Plato2

Fuente: Propia

- 9) Una vez completado todos los campos anteriores, se nos mostrara el membrete que debemos ajustar para centrar nuestro dibujo, el resultado es el siguiente, ver Figura 90.

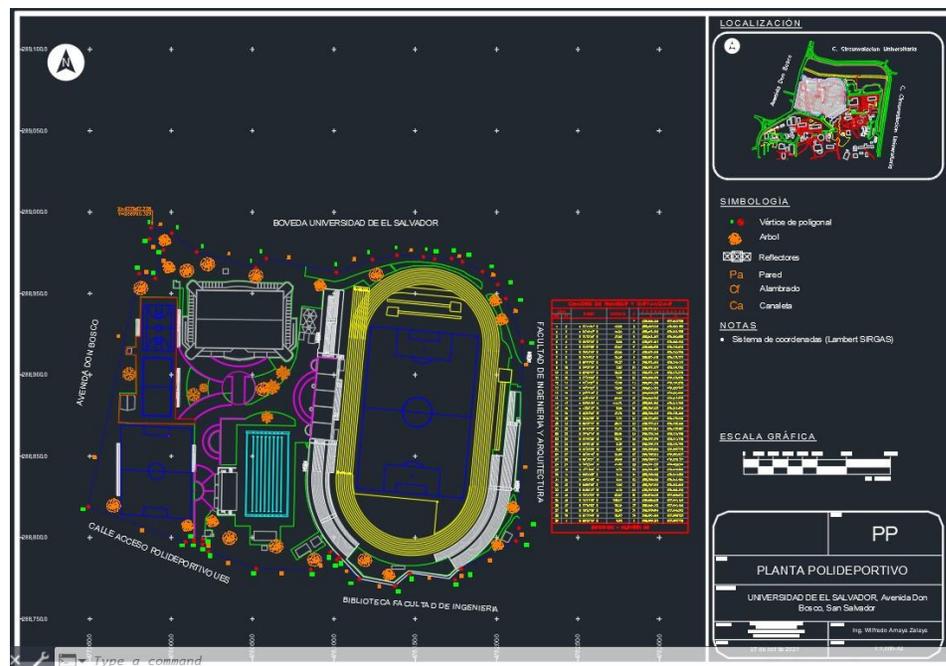


Figura 90 Membrete realizado con ejecutable Plato2, tamaño A2

Fuente: Propia

## CAPITULO V: “ANALISIS DE RESULTADOS”

-Para el desarrollo de este proyecto se determina una red o poligonal geodésica, que se utiliza como base para la comparación entre los tipos de mediciones, por ende, se presentan algunos conceptos básicos sobre estas.

El área de estudio es de 0.33 km<sup>2</sup>/33.0257 ha

El error del levantamiento es de 0.037 m

Se pueden extraer curvas de nivel a través de los softwares Pix4D y Global Mapper.

Se ubicaron 24 puntos de paso para garantizar traslapes entre fotos

Se ubicaron 16 puntos de control para georreferenciar las fotos

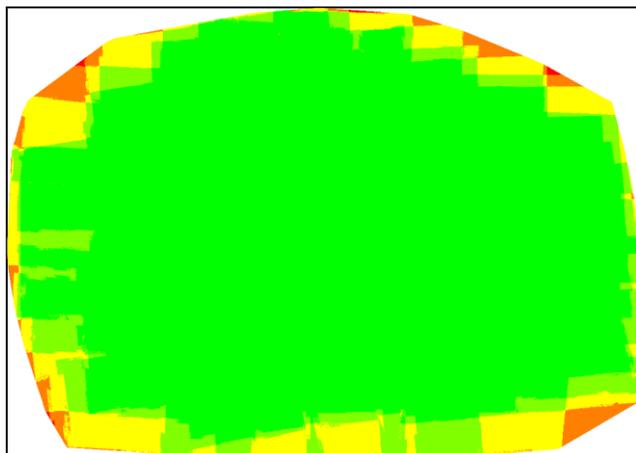
## CAPÍTULO V: “ANALISIS DE RESULTADOS”

<b>Project</b>	PROYECTO POLIDEPORTIVO UES
<b>Processed</b>	2021-10-22 22:51:27
<b>Camera Model Name(s)</b>	DSC-RX1RM2_35.0_7952x5304 (RGB)
<b>Average Ground Sampling</b>	3.77 cm / 1.48 in
<b>Area Covered</b>	0.330 km <sup>2</sup> / 33.0257 ha / 0.13 sq. mi. /

### Quality Check

<b>Images</b>	median of 35891 keypoints per image	✓
<b>Dataset</b>	51 out of 51 images calibrated (100%), all images	✓
<b>Camera</b>	0.19% relative difference between initial and	✓
<b>Matching</b>	median of 13645.4 matches per calibrated image	✓
<b>Georeferencing</b>	yes, 16 GCPs (16 3D), mean RMS error = 0.037 m	✓

### Overlap



Number of overlapping images:  1 2 3 4 5+

**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).

#### Geolocation Details.....

#### Ground Control Points

GCP	AccuracyX	Error	Error	Error Z	Projecti	Verified/Mar
PCC	0.020/	0.081	-0.008	-0.052	0.802	12 / 12
POZ	0.020/	-0.033	0.030	0.036	0.535	15 / 15
POZ2	0.020/	0.003	0.013	0.017	0.359	13 / 13
POZ3	0.020/	0.012	-0.006	-0.026	0.596	13 / 13
ESQ	0.020/	-0.010	-0.053	-0.017	0.831	13 / 13
CAJA	0.020/	-0.004	-0.040	0.006	0.352	12 / 12
POZ	0.020/	-0.013	0.003	0.028	0.541	13 / 13
POZ	0.020/	0.002	0.022	-0.003	0.806	10 / 10
CAJA	0.020/	-0.015	0.048	-0.045	0.835	9 / 9
POZ	0.020/	-0.002	0.012	-0.026	0.571	12 / 12
CAJA	0.020/	0.066	0.046	-0.015	0.493	10 / 10
ESQ	0.020/	-0.032	-0.056	-0.023	0.529	14 / 14
ESQ	0.020/	0.003	-0.098	0.020	0.938	13 / 13
ESQ	0.020/	-0.051	0.052	-0.010	0.577	15 / 15
ESQ	0.020/	-0.028	-0.022	-0.036	0.587	17 / 17
ESQ	0.020/	0.051	0.061	0.086	0.883	16 / 16
Mean		0.0018	0.0001	-		

Sigm		0.0348	0.0436	0.0340		
RMS		0.0349	0.0436	0.0342		

**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.**

DSM, Orthomosaic and Index Details..

Processing Options

<b>DSM and Orthomosaic Resolution</b>	1 xGSD (3.77 [cm/pixel])
<b>DSM Filters</b>	Noise Filtering: yes
	Generated: yes
	Generated: yes
<b>Orthomosaic</b>	Merge Tiles: yes
<b>Raster DTM</b>	Generated: yes
<b>DTM Resolution</b>	5 xGSD (3.77 [cm/pixel])
	Generated: yes
	Contour Base [m]: 0
<b>Time for DSM Generation</b>	16m:25s
<b>Time for Orthomosaic Generation</b>	23m:59s
<b>Time for DTM Generation</b>	12m:59s
<b>Time for Contour Lines Generation</b>	08s
<b>Time for Reflectance Map</b>	00s
<b>Time for IndexMap Generation</b>	00s

## **CAPITULO VI: “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- ✓ El método utilizado para la creación de la poligonal en el plano creado puede tener variaciones ya que se tomó de una imagen ECW, se fue trazando los detalles del área de influencia trazando los puntos desde la proyección de la imagen insertada, por lo tanto, esta tendría diferencias con respecto a otro método de obtención de detalles y de coordenadas para la escrituración del plano.
- ✓ Se pueden extraer curvas de nivel desde los softwares pix4d y de Global Mapper, pero dichas curvas no son del todo confiables ya que son tomadas desde la copa de los árboles, por lo tanto, no se consideran representativas porque usan un Modelo Digital de Elevación (MDE) y el utilizado para la creación de curvas de nivel es un Modelo Digital de Terreno (DTM).
- ✓ El resultado del procesamiento en PIX4D es una imagen con extensión TIFF, utilizada para la creación del plano presentado, dicha imagen fue creada de manera exitosa por lo que coincide al ser cargada en Google Earth, por lo tanto, se considera que la colocación de los puntos de paso y de control dentro del proyecto fueron correctamente ubicados y en la cantidad adecuada correspondiente a la extensión del terreno.
- ✓ Comparando el método tradicional con estación total, y utilizando la fotogrametría con Drone se puede indicar que al realizar este último método mencionado da como resultado datos similares en cuanto a la creación de plano un topográfico, con la diferencia que para la obtención

de detalles es un tiempo mucho más corto en comparación con el uso de la estación total.

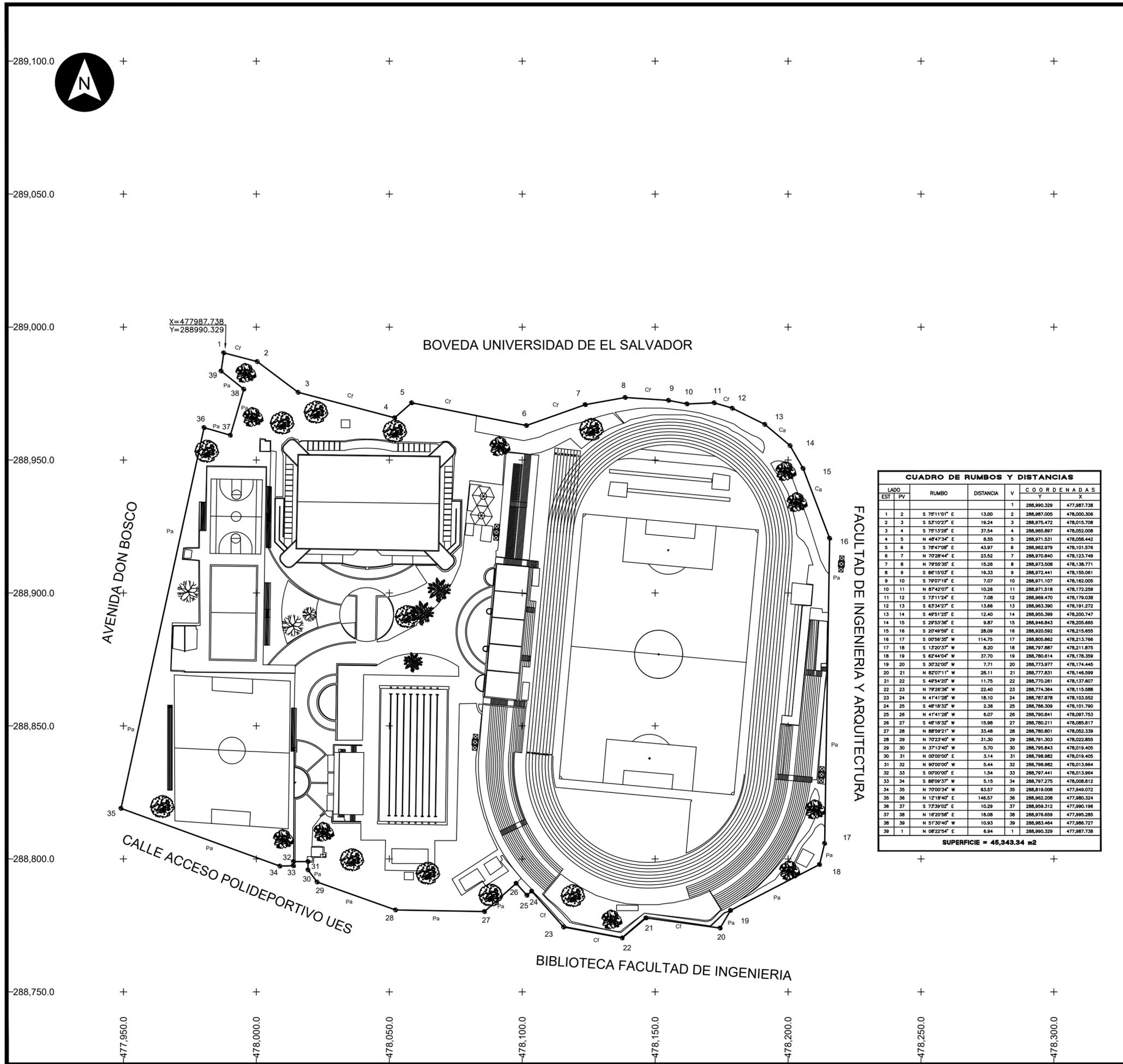
## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se sugiere que para levantamientos en donde existe una densa vegetación se utilice estación total para el levantamiento debido a la adaptabilidad del método.
- Se sugiere para el método aplicado de RTK, no alejarse de un radio de influencia alrededor de la base de 20 km a la redonda
- Se recomienda prever las condiciones climáticas adecuadas para del día del levantamiento con RTK, debido a la geometría de posicionamiento satelital y la ventana.
- Se recomienda para el vuelo fotogramétrico, prever las condiciones climáticas adecuadas
- Se recomienda que para el tiempo de vuelo con drones no debe exceder los 20 minutos por tema de batería
- Considerar la altura de vuelo considerando el modelo del drones, extensión o tipo de terreno
- Para el modelo digital de terreno se requiere un dispositivo con tecnología LIDAR para el cálculo de las curvas de nivel

## CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- (2016). Obtenido de GIS&beers:  
<http://www.gisandbeers.com/planificacion-del-plan-de-vuelo-drones/#:~:text=El%20plan%20de%20vuelo%20a%C3%A9reo,vuelo%20o%20proyecto%20de%20vuelo.>
- franz, E. b. (9 de enero de 2018). *ArcGeek*. Obtenido de <https://acolita.com/diferencias-dsm-dem-dtm/>
- Levageo. (s.f.). Obtenido de [levageo.materias.gl.fcen.uba.ar](http://levageo.materias.gl.fcen.uba.ar)
- *Topografía IUPSM Ing. Civil*. (12 de Noviembre de 2012). Obtenido de <http://topografiadeobrasciviles.blogspot.com/2012/11/poligonal-topografica.html>
- Wolf-Ghilani. (11a Edición). *Topografía*. ALFAOMEGA.
- Zelaya, I. W. (2021). Guiones de clases del Curso de especialización . El Salvador.

# **ANEXOS:**

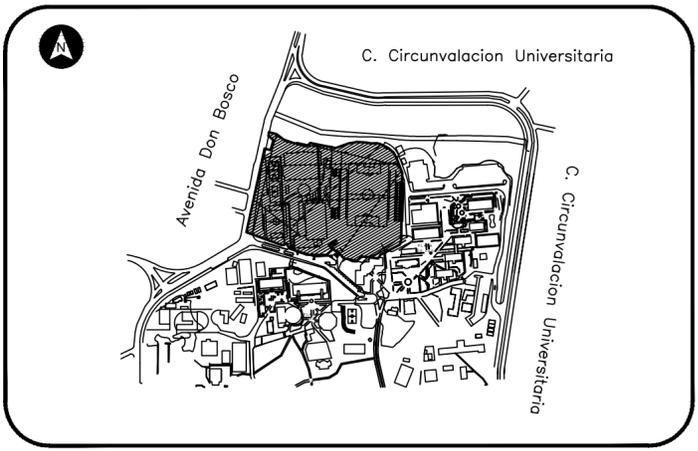


**CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS**

LADO EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
					Y	X
1	2	S 78°11'01" E	13.00	2	288,990.329	477,987.738
2	3	S 53°10'27" E	19.24	3	288,987.005	478,000.306
3	4	S 78°13'28" E	37.54	4	288,985.897	478,052.008
4	5	N 48°47'34" E	8.55	5	288,971.531	478,058.442
5	6	S 78°47'08" E	43.97	6	288,962.979	478,101.576
6	7	N 70°28'44" E	23.52	7	288,970.840	478,123.749
7	8	N 78°55'35" E	15.26	8	288,973.508	478,138.771
8	9	S 86°15'03" E	16.33	9	288,972.441	478,155.061
9	10	S 79°07'19" E	7.07	10	288,971.107	478,162.005
10	11	N 87°42'07" E	10.28	11	288,971.518	478,172.259
11	12	S 73°11'24" E	7.08	12	288,969.470	478,179.038
12	13	S 63°34'27" E	13.66	13	288,963.390	478,191.272
13	14	S 49°51'25" E	12.40	14	288,955.399	478,200.747
14	15	S 29°53'36" E	9.87	15	288,946.843	478,205.665
15	16	S 20°49'59" E	28.09	16	288,920.592	478,215.655
16	17	S 00°56'35" W	114.75	17	288,805.862	478,213.766
17	18	S 13°20'37" W	8.20	18	288,797.887	478,211.875
18	19	S 62°44'04" W	37.70	19	288,780.614	478,178.359
19	20	S 30°32'00" W	7.71	20	288,773.977	478,174.445
20	21	N 82°07'11" W	26.11	21	288,777.831	478,146.599
21	22	S 49°54'20" W	11.75	22	288,770.281	478,137.607
22	23	N 78°28'36" W	22.40	23	288,774.364	478,115.588
23	24	N 41°41'28" W	16.10	24	288,787.878	478,103.552
24	25	S 48°18'32" W	2.38	25	288,786.308	478,101.790
25	26	N 41°41'28" W	6.07	26	288,780.841	478,097.753
26	27	S 48°18'32" W	15.98	27	288,780.211	478,085.817
27	28	N 88°59'21" W	33.48	28	288,780.801	478,052.339
28	29	N 70°23'40" W	31.30	29	288,791.303	478,022.855
29	30	N 37°13'40" W	5.70	30	288,795.843	478,019.405
30	31	N 00°00'00" E	3.14	31	288,798.982	478,019.405
31	32	N 90°00'00" W	5.44	32	288,798.982	478,013.964
32	33	S 00°00'00" E	1.54	33	288,797.441	478,013.964
33	34	S 88°09'37" W	5.15	34	288,797.275	478,008.812
34	35	N 70°00'34" W	63.57	35	288,819.008	477,949.072
35	36	N 12°18'40" E	146.57	36	288,962.208	477,980.324
36	37	S 73°39'02" E	10.29	37	288,959.312	477,990.196
37	38	N 16°20'58" E	18.08	38	288,976.659	477,995.285
38	39	N 51°30'40" W	10.93	39	288,983.464	477,986.727
39	1	N 08°22'54" E	6.94	1	288,990.329	477,987.738

**SUPERFICIE = 46,343.34 m<sup>2</sup>**

**LOCALIZACIÓN**



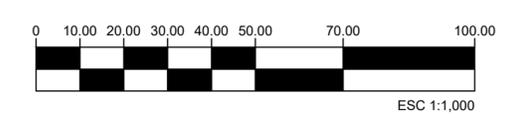
**SIMBOLOGÍA**

- 1 ● Vértice de poligonal
- Arbol
- ⊠ Reflectores
- Pa Pared
- Cf Alambrado
- Ca Canaleta

**NOTAS**

- Sistema de coordenadas (Lambert SIRGAS)

**ESCALA GRÁFICA**



	Clave
PP	
Plano	
PLANTA POLIDEPORTIVO	
Ubicación	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, Avenida Don Bosco, San Salvador	
Elaboró	Revisó
Aguilar Velasco, Cristian Alexander Angel Cerritos, Miguel José Gonzalez Aquino, Katherine Vannesa Gonzalez Mejia, Gloria Raquel	Ing. Wilfredo Amaya Zelaya
Fecha	Escala
27 de oct de 2021	1:1,000-A2

# **REQUISITOS Y PRECIOS DE SERVICIOS CATRASTRALES DEL PAIS**

**REQUISITOS Y PRECIOS DE SERVICIOS EN LAS OFICINAS DE MANTENIMIENTO CATASTRAL DEL PAIS**

Vigencia a partir de 19 de Julio/2010

Versión #9/2010

**REQUISITOS GENERALES**

- A. Presentar Ubicación Catastral (original o copia legible) de la parcela de interés, contemplando el Código Catastral actualizado (Mapa/Parcela) al momento de presentar la Revisión de Planos.
- B. Presentar el Comprobante de Pago debidamente cancelado según el precio correspondiente al servicio e indicando en concepto el servicio requerido.
- C. Presentar llena la respectiva solicitud de servicio. (Dato obligatorio No. del NIT del o los propietarios, profesional que firma y sella el plano o anexo y del solicitante si fuere un tercero)
- D. Mostrar Documento de Identidad del solicitante (DUI, Licencia de conducir, otros).
- E. Presentar Plano del Levantamiento Topográfico en original y copia, que deberá contener :
  1. Firma y Sello del Profesional responsable registrado debidamente en el VMVDU.
  2. Escala y Fecha del levantamiento.
  3. Área del inmueble en M<sup>2</sup>.
  4. Nombre del o los Propietarios según inscripción y Dirección del Inmueble.
  5. Coordenadas de ubicación, por lo menos en 2 vértices de la parcela objeto de la revisión indicar el norte.
  6. Rumbos y distancias, (Identificando el tipo de Lindero y/o Vértice en caso de Remediación).

TIPOS DE LINDEROS		
1	Muro	Mu
2	Pared	Pa
3	Tapial	Tap
4	Cerco vivo o alambrado	Cf
5	Cerco vivo o árbol	Cv
6	Canaleta o zanja	Ca - Za
7	Talud bajo < 1.50	Tb
8	Talud alto > 1.50	Ta
9	Quebrada o barranca	Qu - Ba
TIPOS DE VERTICES O ESQUINEROS		
1	Mojón	Mo
2	Esquinero de Edificio	Es
3	Poste	Po

7. Esquema de Ubicación, conteniendo al menos 2 puntos de referencia cercanos a la parcela objeto de la revisión.
8. Colocar nombres de colindantes actuales y cualquier bien nacional que afecte a la parcela (calles, quebradas y otros), identificándolos con el nombre que se conoce; así como, identificar el resto como colindante en las segregaciones.
9. Indicar gravámenes sobre los inmuebles, si hubiere (hipotecas de porción, servidumbres de paso, etc.

**Notas :**

- \* El plano deberá ser legible y no se permitirán hojas anexas a excepción de las Desmembraciones en Cabeza de su Dueño y Condominios de acuerdo a lo detallado en esos ítems.
- \* En el caso de presentar copia del plano, se mostrará el Plano original del cual se obtuvo dicha copia, solo para comparar.
- \* En los casos que el plano presentado contenga un tramo curvo, éste deberá describir su radio, la longitud de cuerda, su rumbo y distancia, cuando no se adjunte el archivo digital.
- \* En caso que presente archivo digital adjunto al plano impreso, deberá estar georeferenciado y guardado en versión de Autocad R14 (pantalla Model), Dxf ó Micro Station V7, debiendo contener solo la información necesaria para su revisión, debidamente rotulado y en su respectivo estuche.

**REUNION DE INMUEBLES.**

**Cuando las parcelas a reunir estén controladas por Catastro se tendrán 2 opciones :**

- A. Oficina de Mantenimiento Catastral con Catastro Modernizado.
  - Requisitos Generales excepto el literal E.

- Indicar en la Ubicación Catastral en original, las parcelas a reunir con sus áreas inscritas y antecedentes correspondientes, así como el área total del inmueble reunido.
- Firmado y sellado en original por el notario lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información registral que presenta, y firma en original del o los propietarios del inmueble.

**B. Oficina de Mantenimiento Catastral sin Catastro Modernizado.**

- Requisitos Generales.
- Indicar en el Plano de levantamiento, las parcelas a reunir con sus áreas inscritas y antecedentes correspondientes, así como el área total del inmueble reunido.
- Firmado y sellado en original por el profesional responsable del levantamiento, del notario lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información registral que presenta, y firma en original del o los propietarios del inmueble.

**Cuando las parcelas a reunir no estén controladas por Catastro o se encuentren en Categoría de Indeterminación Física con otros propietarios:**

- Requisitos Generales.
- Indicar en el plano del levantamiento topográfico, las áreas y antecedentes registrales de cada uno de los inmuebles a reunir, así como el área total del inmueble reunido.
- Firmado y sellado en original por el profesional responsable del levantamiento, del notario lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información registral que presenta, y firma en original del o los propietarios del inmueble.

**Nota:** El precio se calculará en base al perímetro general que conformen las parcelas reunidas presentadas en Anexo ó Plano Topográfico (Predominando este último).

**REMEDIACIÓN.**

- Requisitos Generales.

**SEGREGACION SIMPLE, POR DONACIÓN E HIPOTECA DE PORCION.**

**Se deberá cumplir con todos los Requisitos Generales cuando:**

- La parcela a segregar es de forma irregular (Más de 4 tramos) sin importar el área de la misma.
- El área a segregar sea mayor a 1000.00 M2, aunque fuese de forma regular.
- La porción a segregar no coincida con ninguno de los linderos de la parcela origen independientemente del área y de la forma.

**En las Oficinas que cuentan con Catastro Modernizado, se deberá cumplir con los Requisitos Generales excepto el literal E y esquematizando la segregación en la Ubicación Catastral original (Anexo) cuando :**

- El área a segregar sea menor o igual a 1,000.00 M2.
- De forma regular (De 3 a 4 tramos rectos)
- Colindando con 2 linderos de la parcela origen.
- Indicar con tinta y a escala en el anexo los tramos con sus medidas en forma legible, el área a segregar y nombre de nuevos colindantes.
- Firmado y sellado en original por el notario lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información que presenta, y firma en original del o los propietarios del inmueble.

**Nota:**

- \* La presentación del plano según el literal E en estos servicios, será opción del cliente
- \* Para las Segregaciones Simples o por donación se permitirá presentar 3 porciones más el resto del inmueble, lo cual no esta sujeto a un período de tiempo determinado, siempre y cuando no se compruebe que se está desarrollando un núcleo poblacional.
- \* Las Segregaciones de Hecho que el Catastro Modernizado ya tiene controladas con su respectivo número de parcela, el usuario adquirirá la Ubicación Catastral de la misma, deberá establecer las medidas reales de la porción a segregar, sus colindancias y área. Posteriormente presentará a Revisión de Proyecto, previa cancelación del pago respectivo, firmado y sellado en original por el Notario, lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información que presenta, y firma en original del o los propietarios del inmueble.

\* Cuando las Segregaciones Simples correspondan a una lotificación calificada registralmente o por VMVDU como antigua, el usuario podrá presentar la solicitud a revisión de cada lote o lotes que se pretender inscribir a favor del mismo propietario, pudiendo proporcionar plano de la lotificación si lo tuviera, como referencia de la misma.

## **DECLARACION JURADA.**

### **Caso 1. Art. 10 inciso 5 RSI**

- Requisitos Generales.
- Identificar en el plano del levantamiento topográfico, las porciones inscritas con su número de inscripción correspondiente, detallando el área a declarar bajo juramento.

### **Caso 2. Art. 10 inciso 3 RSI y Art. 17 Reestructuración RPRH**

- Copia de plano aprobado por las instituciones competentes, con sus respectivos cuadros de áreas por polígonos y lotes y el cuadro resumen de áreas (identificando los lotes, z/ verdes, z/ protección, a/ circulación, z/ social, servidumbres, restos si los hay, etc.) en el cual se indicaran los lotes inscritos con su respectivo número de inscripción detallando el área que declarar bajo juramento.

**Nota:** El precio se calculará en base al perímetro general ya que este servicio contempla únicamente la revisión del área a declarar.

## **CERTIFICACION E INFORME CATASTRAL**

- Requisitos Generales, los literales B, C y D.
- Croquis de ubicación, el cual debe dibujarse al reverso de la solicitud identificando al menos 2 puntos de referencia cercanos a la parcela de interés.
- Copia de NIT y DUI o pasaporte del propietario o poseedor.
- Se anexará el plano de levantamiento topográfico si lo tiene, ya que dicha información será la que se verifique en campo y de ser validada se consignará el área en resolución de dicho servicio.
- En el caso que la certificación solicitada sea por agotamiento de área registral, se deberá anexar a la solicitud la certificación extractada de la inscripción involucrada.
- Copia de la escritura del inmueble, si la tiene.
- El día de la inspección de campo, el titulante debe hacerse acompañar de 2 colindantes o en su defecto 1 colindante y 1 vecino, con sus documentos de identificación para que firmen la ficha de conformidad.

### **Nota:**

\* No se requiere ubicación catastral para este trámite.

\* Si el plano se presentará posterior al ingreso de la solicitud del servicio, se deberá realizar el trámite de Suspensión de Servicio adjuntando la Certificación emitida en original y presentado la nueva solicitud cumpliendo con los requisitos establecidos para la misma.

## **PARTICION.**

### **Partición Extrajudicial :**

- Requisitos Generales.
- Que el dato registral del inmueble se encuentre en pro indiviso.
- En el plano de levantamiento topográfico, deberán detallar por cada porción lo siguiente :
  - Nombre del propietario a quien será asignada.
  - Cuadro de rumbos y distancias y sus respectivas áreas, así como el área total.
- No requerirá plano aprobado por Instituciones o entidades responsables del Ordenamiento y Desarrollo Territorial si procede de una **Declaración de herederos inscrita**, independientemente el número de porciones en que se divida el inmueble.
- En caso que la partición no provenga de Declaratoria de herederos, se permitirá la división hasta 3 porciones sin necesidad de plano aprobado por Instituciones o entidades responsables del Ordenamiento y Desarrollo Territorial, siempre y cuando no se compruebe que se está desarrollando un núcleo poblacional. En dicho plano se deberá identificar el resto, si lo hubiere.

### **Partición Judicial :**

- Requisitos Generales, consignando en el plano de levantamiento topográfico la respectiva firma del Juez que ha dictaminado la Sentencia Judicial de las Hijuelas.
- No requerirá de plano aprobado por Instituciones o entidades responsables del Ordenamiento y Desarrollo Territorial

## **DESMEMBRACION EN CABEZA DE SU DUEÑO.**

- Requisitos Generales excepto el literal E
- Presentar copia de resolución y plano (tantos como inmuebles conformen el proyecto) de distribución de lotes aprobado por las Instituciones competentes (VMVDU, OPAMSS, Alcaldías), junto con el plano original sólo para compararlos.
- Cuadros de áreas por Polígonos y lotes, junto con el Cuadro resumen de áreas (lotes, z/ verdes, z/ protección, a/ circulación, z/ Equipamiento Social, restos si los hay, etc.). Indicar perímetro de hipotecas de porción, si las hubiere.
- Indicar rumbos y distancias de Polígonos y calles para su respectiva digitalización cuando no se adjunte el archivo digital.
- Adjuntar escrito en el que se detallen las áreas que conforman el proyecto y su carácter de común o privadas, si hubieran, ya que de dicha información dependerá la cantidad de pre matriculas que se generen al Proyecto, el cual deberá estar firmado y sellado por el Notario lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información que presenta y firma en original del o los propietarios del inmueble.

## **CONDominio.**

- Requisitos Generales excepto el literal E
- Presentar copia de resolución y plano aprobado por las Instituciones competentes (VMVDU, OPAMSS, Alcaldías) junto con el plano original sólo para compararlos. Estos deben contener la distribución de los espacios por nivel, con medidas lineales visibles, y especificando si son a rostro o a eje de pared, número del apartamento y nomenclatura necesaria.
- Presentar cuadro de áreas por nivel y el cuadro resumen de las mismas, en los cuales, se indicara la cantidad de espacios, así mismo si el condominio posee áreas independientes de los apartamentos o locales., se deben identificar claramente en el plano, y especificar si son áreas privadas, ya que tendrán matrículas independientes como en el caso de las bodegas, estacionamientos, jardines, etc.
- Especificar si fuera el caso, el número de estacionamiento que le correspondiese a cada apartamento o local.
- Delimitar las zonas de retiro o de protección con medidas y áreas.
- Identificar perímetro de hipoteca de porción si las hubiere.
- Indicar la información técnica necesaria para el correcto posicionamiento de los edificios dentro del Inmueble General para su respectiva digitalización cuando no se adjunte el archivo digital.
- Adjuntar escrito en el que se detallen las áreas que conforman el proyecto y su carácter de común o privadas, tanto en los locales o apartamentos como en las bodegas, estacionamientos, jardines y otros, ya que de dicha información dependerá la cantidad de pre matriculas que se le generen al Proyecto, el cual deberá estar firmado y sellado por el Notario lo cual presume la responsabilidad del mismo sobre la información que presenta y firma en original del o los propietarios del inmueble.

### **Nota que aplica a Desmembración en Cabeza de su Dueño y Condominio :**

\* Si el o los planos aprobados por las Instituciones correspondientes, carecieran de información técnica solicitada, se deberá anexar un plano original que complemente lo requerido, el cual deberá estar firmado y sellado en original por el profesional responsable.

\* En caso que se dieran modificaciones al diseño original, se presentará el nuevo plano con la resolución correspondiente y se ingresará como una nueva solicitud.

\* La vigencia de la aprobación del plano dependerá de la Institución que la emita.

### **Notas Generales :**

*\* Para toda **Suspensión de Servicios**, el trámite es exclusivamente del o los propietarios) del inmueble quienes firmarán la solicitud respectiva. En el caso que la solicitud la presente el apoderado o Representante Legal, será necesario adjuntar copia del documento que lo acredita como tal. Si fuese un tercero, será necesario que al reverso del formato sea autenticada la firma por un Notario, lo cual da fe que la firma plasmada es la del propietario.*

*\* Para el retiro de Resoluciones Catastrales, se entregará al solicitante, propietario o a quien se establezca entregar el documento, de lo contrario deberá presentar autorización por escrito, con copia de DUI y NIT del o los propietarios. **La Resolución Final** entregada por Catastro, podrá ser anexada a la escritura para su presentación en el Registro de la Propiedad Raíz e Hipoteca, con la finalidad de facilitar la identificación de la parcela de interés en el procedimiento de la confrontación con el documento.*

## REVISIÓN DE PLANO

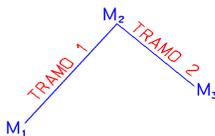
**Remediación, Reunión de Inmuebles y Declaración Jurada :**

De 3 a 30 tramos	\$21.00
De 31 a 60 tramos	\$32.00
De 61 a 90 tramos	\$58.00
De 91 a 120 tramos	\$86.00
De 121 a 150 tramos	\$97.00
Más de 150 tramos	\$0.65 por c/ tramo adicional

**Segregación Simple o por Donación, Hipoteca de Porción ( Anexo o Plano ), Partición , Condominio y Desmembración en Cabeza de su Dueño :**

De 1 a 20 Lotes/Apto.	\$50.00
De 21 a 40 Lotes/Apto.	\$100.00
De 41 a 60 Lotes/Apto.	\$150.00
De 61 a 80 Lotes/Apto.	\$200.00
De 81 a 100 Lotes/Apto.	\$250.00
Más de 100 Lotes/Apto.	\$2.50 por cada Lote/Apto. adicional

La distancia entre un mojón o esquinero a otro se llama tramo.



## PRODUCTO CATASTRAL

**Ubicación Catastral :**

Tamaño personalizada Carta	\$6.78
Tamaño personalizada Tabloide	\$7.91
Tamaño personalizada mayor a Tabloide	\$11.30

**Listado de Propietarios :**

Copia dura ..... (cada línea)	\$0.15
Copia digital.... (cada línea)	\$0.16

## CERTIFICACION E INFORME CATASTRAL

En San Salvador, para la presentación de planos se cancela mediante Comprobante de Pago en Bancos autorizados, para la compra de Productos y Certificaciones e Informes Catastrales se cancela en Colecturía (2do. Nivel) y en las Oficinas Departamentales al interior del País, todo Servicio y Producto se cancela mediante Comprobante de Pago en Bancos autorizados.

En las áreas donde no existe Mapa Catastral, el arancel es calculado en base a la distancia correspondiente y a la superficie del inmueble con mayor área.

Area Parcela (m2)	Distancia (km)				
	0 a 20	21 a 40	41 a 60	61 a 100	101 a mas
0 a 200	\$33.90	\$39.55	\$48.59	\$54.24	\$73.45
201 a 400	\$37.29	\$42.94	\$50.85	\$56.50	\$76.84
401 a 600	\$39.55	\$45.20	\$54.24	\$59.89	\$79.10
601 a 800	\$42.94	\$48.59	\$56.50	\$62.15	\$82.49
801 a 1000	\$45.20	\$50.85	\$59.89	\$65.54	\$84.75
1001 a 5000	\$54.24	\$59.89	\$67.80	\$73.45	\$96.05
5001 a 10000	\$59.89	\$67.80	\$73.45	\$84.75	\$101.70
10001 a más	\$65.54	\$71.19	\$84.75	\$96.05	\$107.35