



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Uso de Drones en el  
monitoreo para la supervisión  
externa de obra civil**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Geomático**

**P R E S E N T A**

Jesús Alejandro Sandoval Salas

**ASESORA DE INFORME**

Ing. Ana Lilia Salas Alvarado



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

# TEMARIO

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ANTECEDENTES
- III. TIPOS DE DRONES
- IV. SOFTWARE
- V. METODOLOGIA
- VI. RESULTADOS
- VII. CONCLUSIONES

## REFERENCIAS

Fig 1. Estación total [Fotografía], Geospacial, RMS, 2023.....	8
Fig 2. Antena Satelital. [Fotografía], GROUPP, C. S.S.A.C., 2019.....	8
Fig 3. Nivel Mecánico, [Fotografía], Anainte, G. 2016.....	10
Fig 4. Baja California Norte, México. Zona De Estudio. [Captura fotográfica], Google Maps, 2023.....	11
Fig 5. Dron de ala fija [Fotografía], (PRO MÉXICO, D.NA, 2017).....	13
Fig 6. Dron multimotor [Fotografía], (DJI, 2023).....	14
Fig 7. Interfaz del programa CONTEXCAPTURE [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	15
Fig 8. Interfaz del programa CONTEXCAPTURE [Captura de pantalla] Dominio personal, 2023.....	16
Fig 9. Interfaz del programa QGIS. [Captura de pantalla], dominio personal, 2023.....	16
Fig 10. Interfaz del programa "AutoCAD y CivilCAD" [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	17
Fig 11. Interfaz del programa "CloudCompare". [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	18

Fig 12. Interfaz del programa “Google Earth” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	19
Fig 13. Puntos dibujados en campo para el vuelo de dron [Fotografía], Dominio personal, 2023.....	20
Fig 14. Interfaz del programa “Dronedeploy” en el celular. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023. ....	21
Fig 15. Ubicación del polígono del área de interés en “Google Earth” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	22
Fig 16. Ubicación del polígono del área de interés en “Google Earth” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	23
Fig 17. Imágenes obtenidas con el dron [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023 ..	24
Fig 18. Interfaz del programa CONTEXCAPTURE. Modelo fotogramétrico [Captura de pantalla], Dominio Público, 2023.....	25
Fig 19. Malla de puntos en el programa “QGIS” para extraer información del “Modelo Digital De Superficie”, [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.....	25
Fig 20. Puntos X, Y, Z. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023 .....	26
Fig 21. Puntos y Triangulación. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023 .....	27
Fig 22. Plano topográfico con curvas de nivel, secciones transversales y perfiles del talud. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023 .....	27
Fig 23. Primer vuelo obtenido con puntos de control para monitoreo topográfico. [Fotografía], Dominio personal 2023 .....	28
Fig 24. Ensenada, Baja california [Captura de Pantalla], Google Earth, 2023.....	29
Fig 25. [Fotografía], Dominio personal, 2023.....	30
Fig 26. Nube de puntos con el programa “CloudCompare”. [Fotografía], Dominio personal, 2023.....	31
Fig 27. Modelo Digital De Superficie y de Terreno, visto desde el programa “QGIS”. [Captura de pantalla], dominio personal, 2023 .....	32
Fig 28. Modelo 3D, obtenido con “ContexCapture”. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023 .....	33

## **I. Introducción**

El presente informe refiere a trabajos realizados desde la Ingeniería geomática en el área de construcción, en específico, levantamientos topográficos con *dron*, estación total y antena satelital.

Se hace hincapié en las dificultades que se viven en el trabajo del Ingeniero geomático, así como también en soluciones que con la experiencia adquirida se le dan.

El Ingeniero geomático juega un papel fundamental para el desarrollo de todos los proyectos que existen en una empresa (puede ser de construcción, Geotecnia, diseño de parques solares, carreteras, puentes o infraestructuras en general), muchos de éstos tienen como base, información que sólo él puede proporcionar.

El Ingeniero geomático realiza levantamientos topográficos, nivelaciones, monitoreos topográficos, replanteo de Puntos en el campo, desplomos, vuelos con drones y la fotogrametría.

El objetivo principal del presente informe se enfoca en aportar nuevas herramientas para facilitar algunos trabajos en campo (monitoreo externo, levantamientos topográficos, entre otros) y Gabinete con respecto a la Geomática.

Los resultados finales de estos métodos de trabajo reducen tiempo, costo y riesgo humano.

## **II. Antecedentes: antes y después del levantamiento y supervisión**

### **2.1. Antecedentes de la topografía**

De acuerdo con varios autores, la topografía es una ciencia que se dedica a la representación gráfica de superficies terrestres. Otros dicen que es una “disciplina que estudia procedimientos que permiten representar formas gráficas, ya sean creadas por el hombre o por la naturaleza” (Etecé, 2020).

Estas representaciones se hacen en extensión de terreno limitado (campo de estudio), se aplican principios del plano cartesiano, se usan las coordenadas X, Y, y Z.

Los levantamientos topográficos proporcionan información indispensable para la planeación de cualquier obra, como la ingeniería, arquitectura, geotécnica, geología, agricultura, agronomía, geografía, geofísica, industria eléctrica; entre otras que se representan en un plano que permite conocer la configuración de la superficie del terreno con detalles, formas y elevaciones.

Asimismo, ubica elementos existentes: vegetación, estructuras o características relevantes del terreno.

La topografía ha sido importante para hacer realidad ideas plasmadas en un plano y llevarlas a su forma física. Esto se puede observar en construcciones de edificios, casas, carreteras, puentes y exploraciones geológicas, geofísicas y mineras.

A lo largo del tiempo, han surgido métodos topográficos con el fin de obtener datos. Métodos que se han modificado para la facilidad de obtención de datos con ayuda de la tecnología.

La evolución se puede distinguir en instrumentos con los que se obtienen datos topográficos.

En artículos de la historia de la topografía, se puede observar cómo se obtienen medidas o alturas con ayuda de cuerdas, pedazos de madera, botellas de agua, mangueras, etc.

Hoy en día, con dar *clicks* en equipos de avanzada tecnología, se puede tener acceso a datos que anteriormente llevaban meses e incluso años en obtener.

## **2.2. Antecedentes de la supervisión externa civil**

La aplicación de la topografía es muy extensa, aunque es el mismo principio, varía la aplicación para cada área; por eso surgen especialidades, una de ellas es la **Topografía aplicada** a la obra civil.

Con base en algunos significados que se da a la *obra civil*, se describe como “construcción o infraestructura desarrollada para beneficio de la ciudadanía” (Shelley. Et al., 2017) con el fin de tener un estilo de vida mejor.

Un ejemplo de la importancia del desarrollo de obras civiles, son las conexiones entre poblados. Gracias a carreteras, puentes, se desarrollan grandes ciudades, entre otras.

El presente informe propone dividir la obra civil en dos tipos: **Interna y externa**.

- **Obra civil interna.** Todas las acciones que se dan dentro de una construcción: delimitación de muros, niveles de pisos, entre otros.
- **Obra civil externa.** Todas las acciones que se dan fuera de la construcción: ubicación de la estructura, topografía del terreno, áreas de riesgo, entre otras.

Al hablar de supervisión de obra, se habla de procesos que se llevan a cabo, uno de ellos es la **Supervisión topográfica**.

Tradicionalmente, la topografía se realiza con instrumentos topográficos que van desde los más actuales: estación total (Fig.1), antenas de posicionamiento global (Fig. 2), nivel mecánico (Fig.3).

Como se mencionó, la topografía es una ciencia que se aplica en diversas áreas. Fundamental para la ejecución de proyectos, toma de decisiones, entre otras. Difícilmente, se es experto en todas sus áreas. Hay quienes se dedican a investigar nuevos métodos para hacer más sencilla la obtención de datos y el procesamiento de los mismos; algunos otros los desarrollan.

A la ejecución de la topografía, se le conoce también como *levantamientos topográficos*. Para llevarlos a cabo se requiere de lo siguiente: una brigada (al menos de tres personas), equipo topográfico acorde al requerimiento, computadora para procesar datos y hacer un plano final (entregable).



*Fig 1. Estación total [Fotografía], Geospacial, RMS, 2023.*

Estación total. Instrumento de medición de ángulos y distancias en campo.  
(<https://rmsgeoespacial.com/producto/estacion-total-focus-2-5/>)



*Fig 2. Antena Satelital. [Fotografía], GROUPP, C. S.S.A.C., 2019*

Instrumento que recibe señal vía satélite. Sitúa la posición y ubicación en el espacio en que se trabaja.  
([https://www.cosola.com/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=141&Itemid=634](https://www.cosola.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=634))



Históricamente, el monitoreo topográfico permite saber las direcciones de movimientos (dirección y velocidad). Como ejemplo: el monitoreo de laderas para prevenir riesgo de deslave.

Otro muy presente es el monitoreo de edificios caídos en el sismo del 19 de septiembre de 2017 en México para llevar a cabo maniobras de rescate.

En la actualidad, la Topografía y su evolución permite elegir entre sus diferentes métodos, el ideal para cada circunstancia.

La finalidad de los métodos topográficos es la obtención de datos (coordenadas, distancias, cotas) para poder observar un fenómeno o poder representar una superficie en Gabinete.

La base para obtener datos confiables radica en el medio con el que se adquieren. Aunque la tecnología avance, no significa que no se requiera de cuidado en la configuración del equipo a usarse, si los datos de entrada y la configuración son erróneos, la obtención de datos también lo serán. Por ejemplo, el uso de la Estación total y Nivel Mecánico son los más efectivos para obtener la variación que existe en el terreno, se hacen varias mediciones sobre puntos establecidos de manera estratégica.



*Fig 3. Nivel Mecánico, [Fotografía], Anainte, G. 2016*

Herramienta que sirve para medir alturas en campo.  
(<http://www.taecclub.com/blog/tag/calibracion-estacion-total-topcon/>)

Con la inclusión del *dron*, las cosas se facilitan, solamente con un vuelo, se puede hacer en unos minutos lo que podría llevarse días o incluso, semanas.

La cámara con la que cuentan es de gran resolución, brinda excelente definición en fotografías y videos que se pueden analizar desde el Gabinete; ahorra tiempo y dinero.

### **2.3. Zona de estudio**

La zona de estudio y/o trabajo se puede realizar en áreas urbanas o rurales. Zonas en donde se pueden encontrar construcciones como carreteras, puentes, túneles, estructuras metálicas, entre otras. Este procedimiento tiene ciertas

limitaciones, si el área de estudio y/o trabajo cuenta con vegetación, la obtención de datos puede ser errónea.



*Fig 4. Baja California Norte, México. Zona De Estudio. [Captura fotográfica], Google Maps, 2023.*

#### **2.4. ¿Qué son los drones?**

En la década de los 90, se empezó a usar el término VANT o UAV, que significa *vehículo aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Vehicle)*. Esto permite la recopilación de información a distancia.

Este tipo de tecnología surgió para uso militar, principalmente para armas de ataque que transportaban misiles (Delgado, 2015).

Después del año 2010, con la incursión de drones a distintas disciplinas (ingeniería), se optimizaron técnicas como la Fotogrametría, Inspección remota de estructuras, levantamientos topográficos, entre otros.

Una de las aplicaciones más usadas con los UAV, es la inspección de estructuras metálicas para observar la verticalidad de cada una (si se presenta oxidación, si hay movimientos en el terreno).

Al tener una cámara de gran resolución, se miran detalles copiosos en las fotografías y/o videos que a simple vista sería difícil captar.

Se puede hacer Ortomosaico u Ortofoto (unión de todas las fotografías tomadas por el UAV).

### **III. Tipos de drones**

#### **3.1. Drones de ala fija**

Son muy buenos para largas distancias, su batería es de larga duración, el vuelo que realiza es más rápido que el *dron* de multimotor. Literalmente, es un “mini-avión”, se pueden obtener fotografías de amplia calidad de diferentes resoluciones, las cuales trabajan con el RGB (Siglas en inglés que hacen referencia a los colores rojo, verde y azul [*REED-GREEN-BLUE*], combinados llegan a producir 16 millones de tonos). Sin embargo, este tipo de drones difícilmente se pueden usar en

interiores, no se mantienen en vuelo desde un punto, como los multimotor. Este tipo de Dron, por lo regular tiene un costo elevado, mayor a los del multimotor.

### eBee X



*Fig 5. Dron de ala fija [Fotografía], (PRO MÉXICO, D.NA, 2017)*

Tiempo máximo de vuelo: 90 minutos, captura imágenes en campo. Se usa para realizar ortomosaicos u ortofotos.

### 3.2. Multimotor o cuadrúpedos

Se trabajó con este modelo. Tiene menor capacidad para cubrir grandes áreas, pero se pueden hacer vuelos oblicuos. Su vuelo es más lento que el de ala fija.

Sus baterías suelen durar menos tiempo, este tipo de *dron* está diseñado para crear un modelo digital en 3D en programas como CLOUDCOMPARE, PIX4D, CONTEXCAPTURE, METASHAPE, entre otros. El costo de este tipo de Dron es más accesible que los demás.

## Mavic 2 Pro



*Fig 6. Dron multimotor [Fotografía], (DJI, 2023).*

Duración menor al Dron de ala fija (aproximadamente 20 minutos). Captura imágenes en campo

## V. Software

Existen diferentes tipos de *software* para procesar imágenes, algunos son libres, los más conocidos son los que se pagan por licencia.

El *software* que se utiliza para generar ortofotos es CONTEXCAPTURE, uno de los mejores que hay para la fotogrametría.

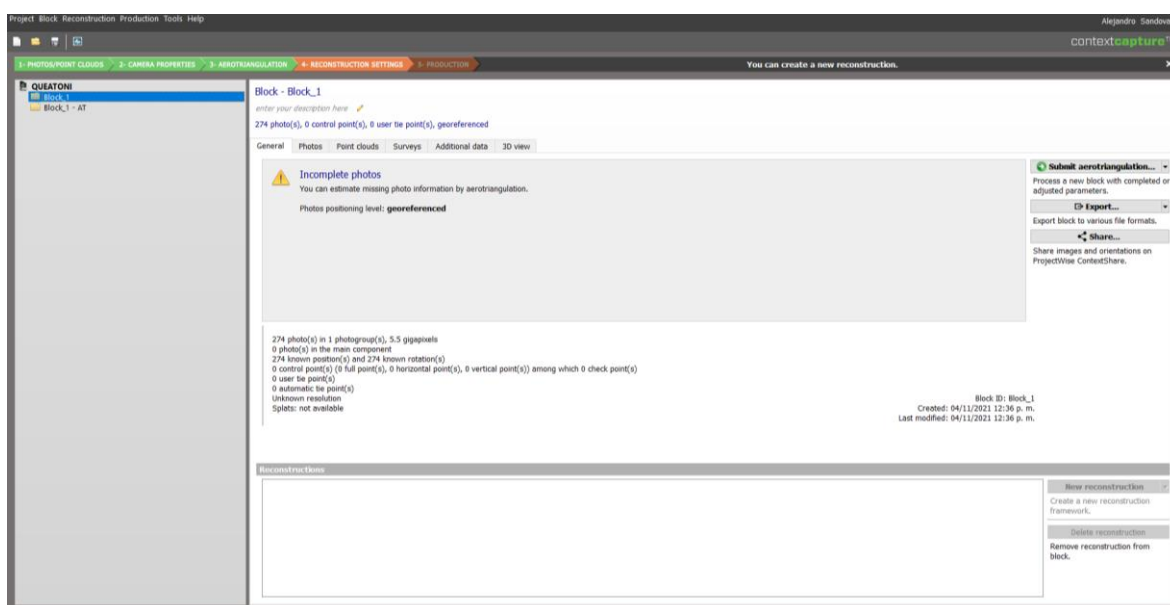


Fig 7. Interfaz del programa CONTEXCAPTURE [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

Se ocupa para fotogrametría y modelos 3D

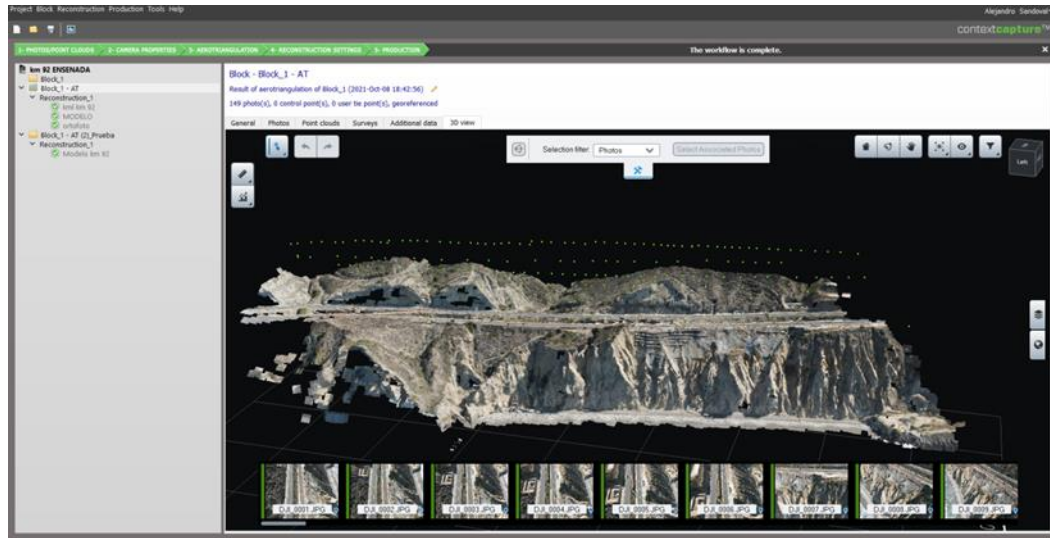


Fig 8. Interfaz del programa CONTEXCAPTURE [Captura de pantalla] Dominio personal, 2023

Se usa el QGIS para la visualización, extracción de información y creación de un Modelo Digital de Terreno (MDT), a partir del Modelo Digital De Superficie que nos da el *Contexcapture*.

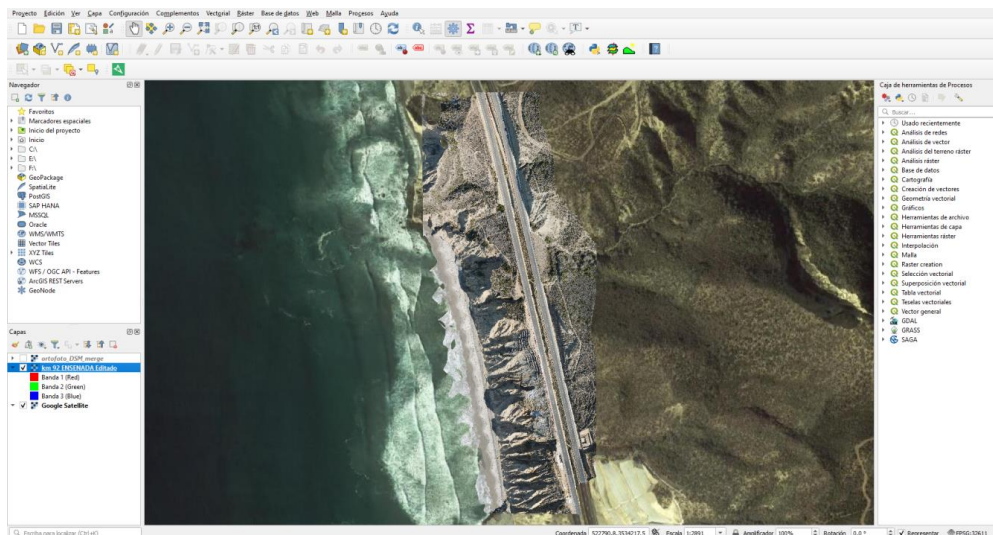
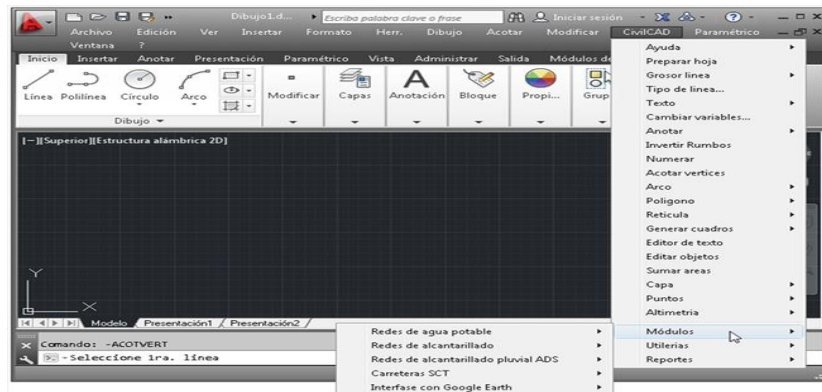


Fig 9. Interfaz del programa QGIS. [Captura de pantalla], dominio personal, 2023

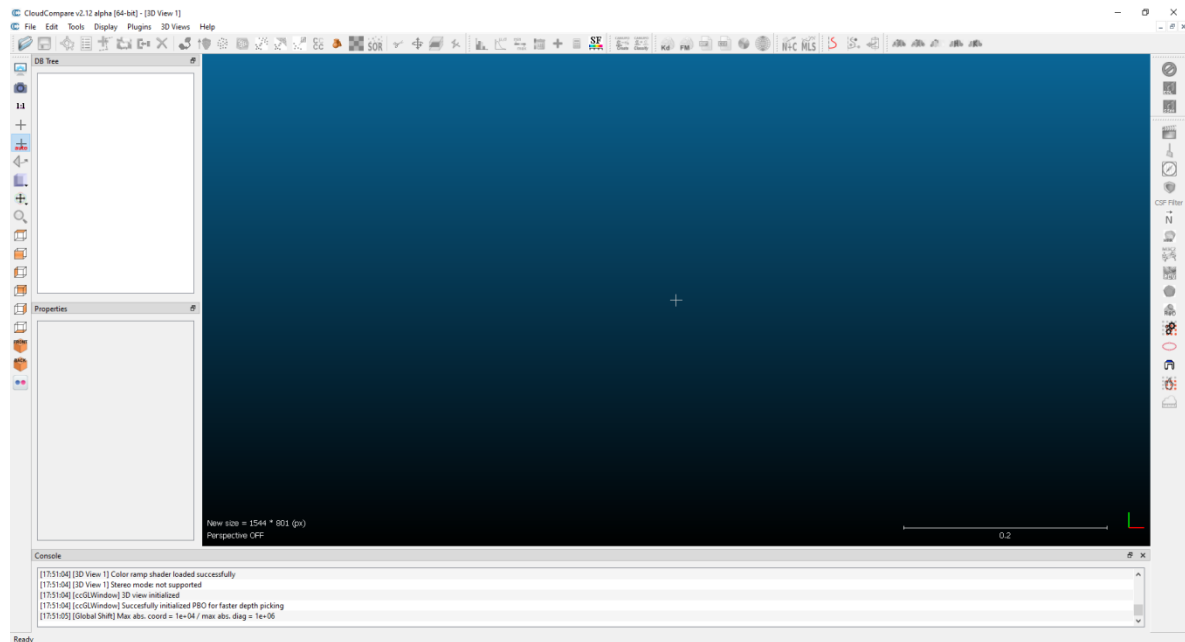


Para triangular un terreno, la generación de curvas de nivel y secciones respectivamente, se usan los programas AutoCAD Y CivilCAD.



*Fig 10. Interfaz del programa “AutoCAD y CivilCAD” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023*

En cuanto a la visualización para la *Nube de puntos*, se usa *CloudCompare*. Programa libre, permite la manipulación de estos, puede sacar imágenes *ráster* de los puntos.



**Fig 11. Interfaz del programa “CloudCompare”. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.**

Para finalizar se hace uso del programa *Google Earth*, se da visto bueno antes de presenciar la zona de interés.

Desde este programa, se realiza la logística de trabajo.

Cabe mencionar que solamente es un acercamiento a la realidad, muchas veces las fotografías del programa no están actualizadas.

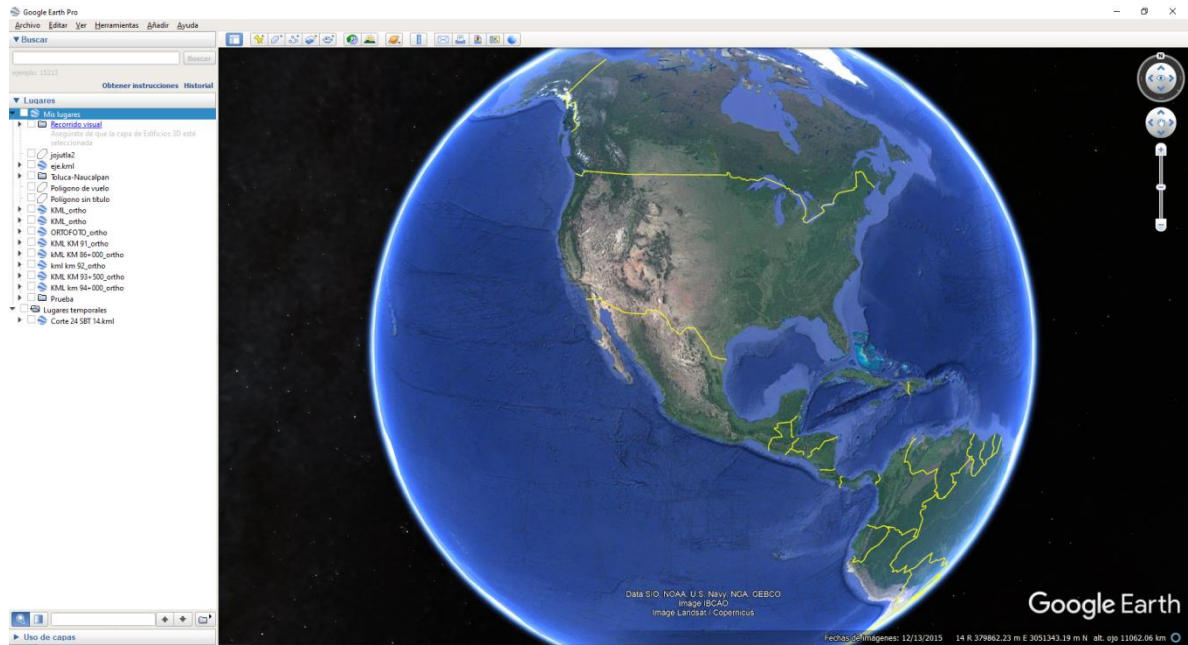


Fig 12. Interfaz del programa “Google Earth” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

## VI. Metodología

### 5.1. Campo

- Si el vuelo es de precisión para monitoreo topográfico, se ponen puntos (X, Y, Z), de tal manera que se cubra el área de vuelo (por lo menos debe haber tres puntos de control esparcidos en toda el área para una buena precisión).



*Fig 13. Puntos dibujados en campo para el vuelo de dron [Fotografía], Dominio personal, 2023.*

- Antes del vuelo, se arma el Dron de acuerdo con el Manual de usuario. Para evitar accidentes es importante verificar que la energía de las baterías sea suficiente, revisar sensores, atender al pie de la letra las instrucciones de uso.
- Una vez armado el Dron y después de revisar que todo se encuentre en buenas condiciones, se procede a realizar el vuelo, no sin antes haber cargado en el dispositivo lo que se denomina *Plan de Vuelo* (procedimiento que se realiza en Gabinete, se mencionará posteriormente).

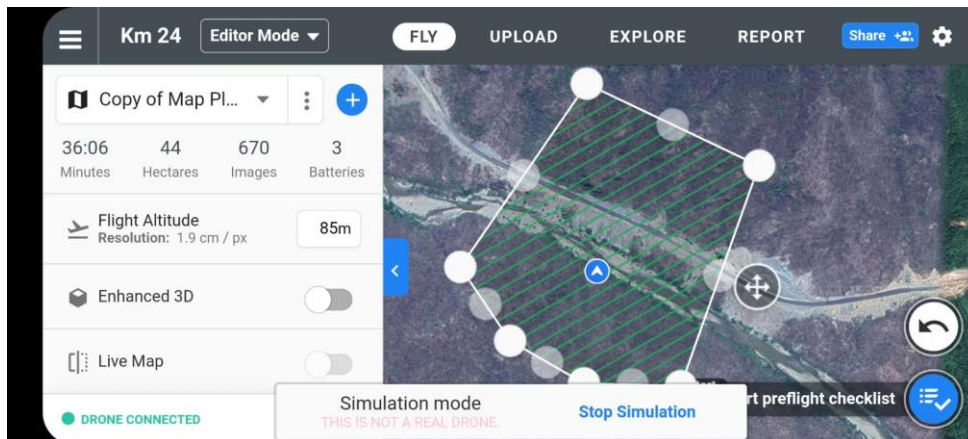


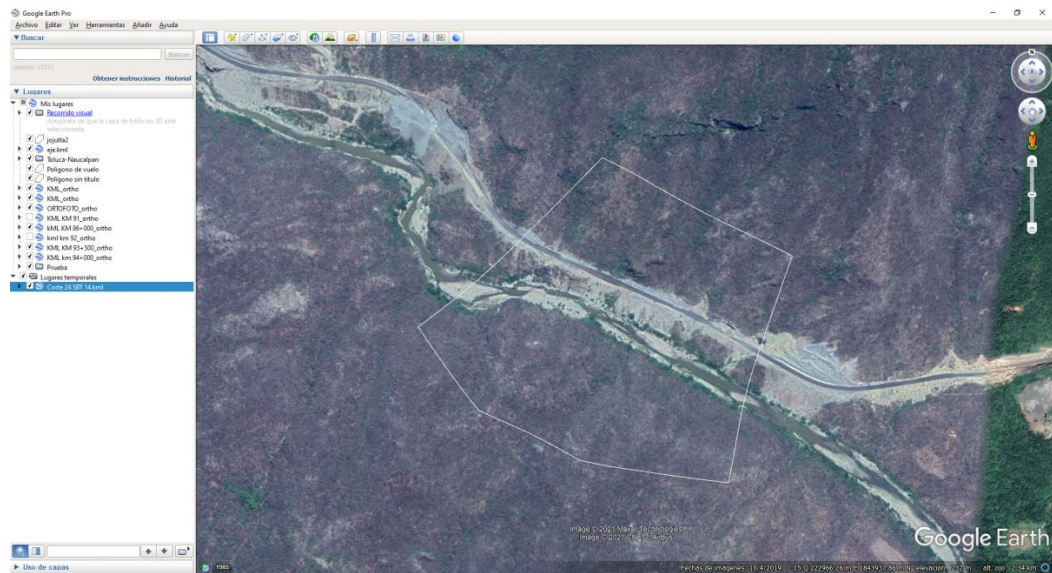
Fig 14. Interfaz del programa “Dronedeploy” en el celular. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023.

- Se verifica que el plan de vuelo haya cumplido con los parámetros asignados en el programa, de esta manera se constata que la información es correcta y esté completa.
- Se checa el equipo para verificar si no presenta fallas para uso posterior, se limpia y se guarda.

## 5.2. Gabinete

- Se recibe la petición de trabajo, en ella se especifica el tipo de trabajo a realizar (puede ser fotogrametría, videos, topografía o monitoreo de movimientos).
- Con ayuda de *Google Earth*, se busca el sitio en donde se desea realizar el trabajo, si hay que poner puntos de control, se planean los lugares en que se

colocarán para llegar a la precisión requerida, ya que varía el alcance de cada estudio o trabajo.



**Fig 15. Ubicación del polígono del área de interés en “Google Earth” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023**

- Al tener las especificaciones del trabajo, se copia el plan de vuelo en la aplicación que se desea usar, las más comunes son *Dronedeploy*, *Pix4DMapper*, *GSP*. Por lo regular, todas tienen el mismo alcance para ejecutar la fotogrametría y Modelación 3D. Generalmente estas aplicaciones cuentan con un período de prueba y posteriormente tienen un costo (por día, mensual o anual).





**Fig 16.**Ubicación del polígono del área de interés en “Google Earth” [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

- Se cargan baterías y se actualiza el Dron (si hay actualizaciones disponibles).  
Se prueba que el equipo funcione y se encuentre en buen estado.
- Al concluir el trabajo de campo y obtenida la información (puntos de control, fotografías, videos), se procede a verificar que esté completa. Se almacenan en carpetas que conservan orden en la ejecución.

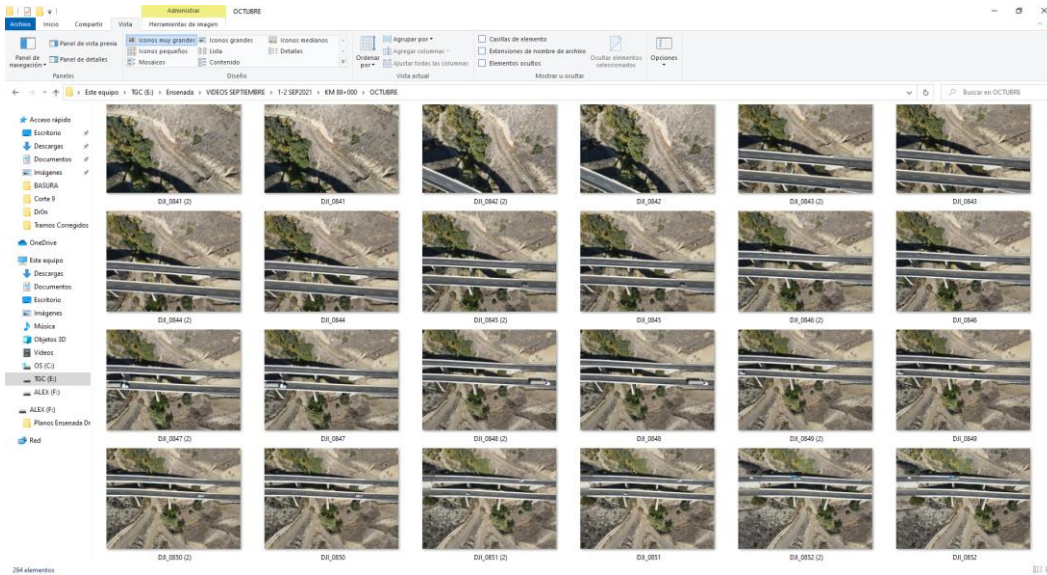


Fig 17. Imágenes obtenidas con el dron [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

- Si se pusieron puntos de control, se corrigen para obtener la precisión requerida, se toma en cuenta el tipo de coordenadas (Geográficas, UTM, entre otras).
- Con ayuda de algún programa para procesar fotografías y obtener el ortomosaico y/o el Modelo 3D (Pix4D, ContexCapture; Metashape, etc.), se colocan las fotografías obtenidas y los puntos de control (si los hay; para procesarlos y conseguir la ortofoto u ortomosaico). La duración del proceso depende de la capacidad del equipo de cómputo. Se recomienda consultar las especificaciones mínimas requeridas para cada programa.
- Como resultados: *Ortofoto*, también conocido como *Ortomosaico*; modelo 3D, KML para visualizar en *Google Earth*. Modelo digital de superficie MDS, entre otros entregables.



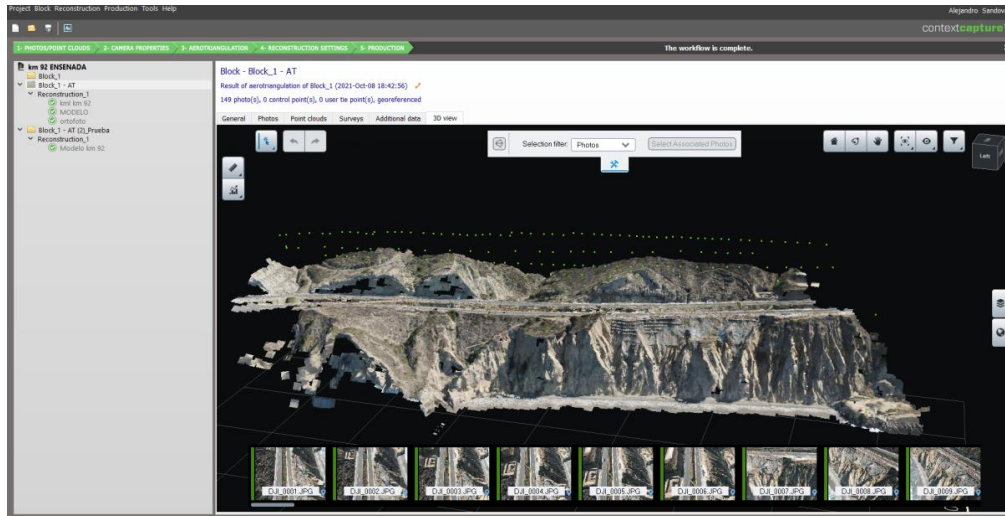


Fig 18. Interfaz del programa CONTEXCAPTURE. Modelo fotogramétrico [Captura de pantalla], Dominio Público, 2023

- En este caso, el programa no arroja el modelo digital de terreno y se procede a realizarlo con apoyo del programa de QGIS y el Modelo Digital de Superficie (MDS), se crea una malla de puntos para extraer sus coordenadas (X, Y, Z) para interpolar.

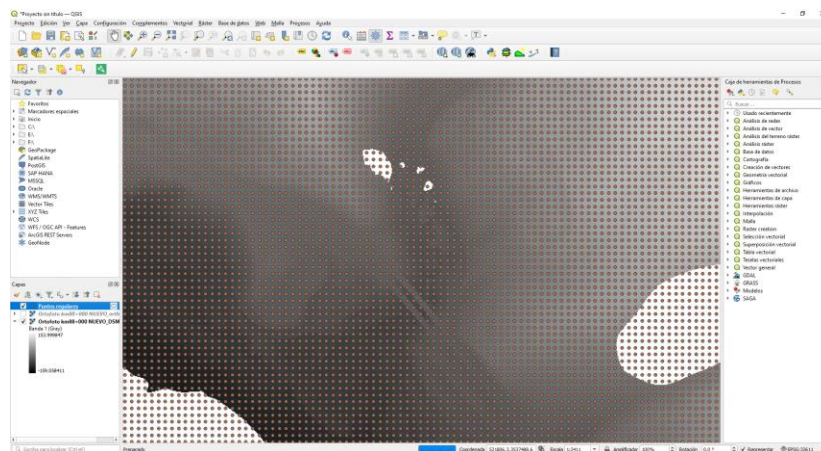


Fig 19. Malla de puntos en el programa "QGIS" para extraer información del "Modelo Digital De Superficie", [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

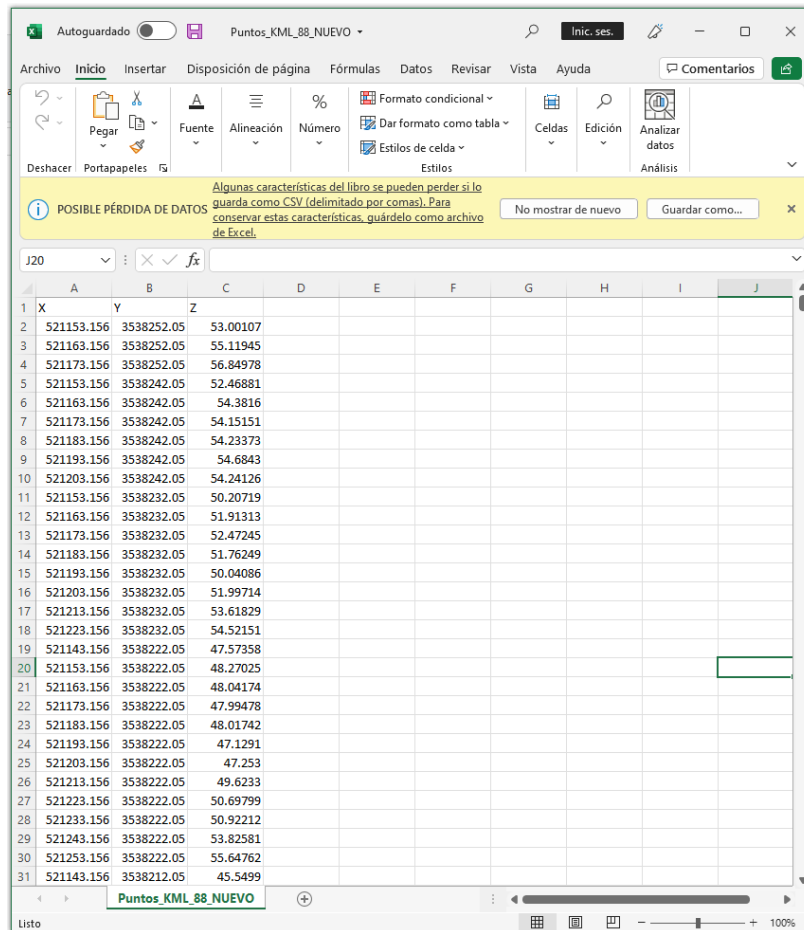


Fig 20. Puntos X, Y, Z. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

- Para la generación de un plano topográfico del Modelo Digital del Terreno (MDT), con ayuda del programa QGIS, se realiza una malla de puntos de donde se extraen coordenadas (X, Y, Z) del Modelo Digital de Superficie (MDS), éstas se llevan a Autocad y con ayuda del CivilCad se importan, se triangulan, se corrigen, se generan curvas de nivel y se obtienen secciones transversales.

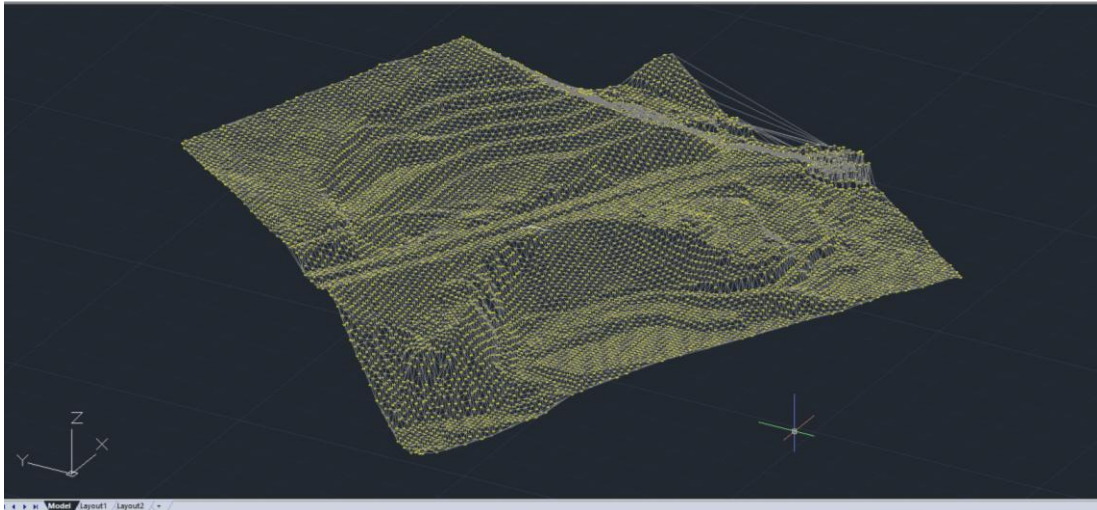


Fig 21. Puntos y Triangulación. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

Obtenidos del MDT con el Programa de CAD

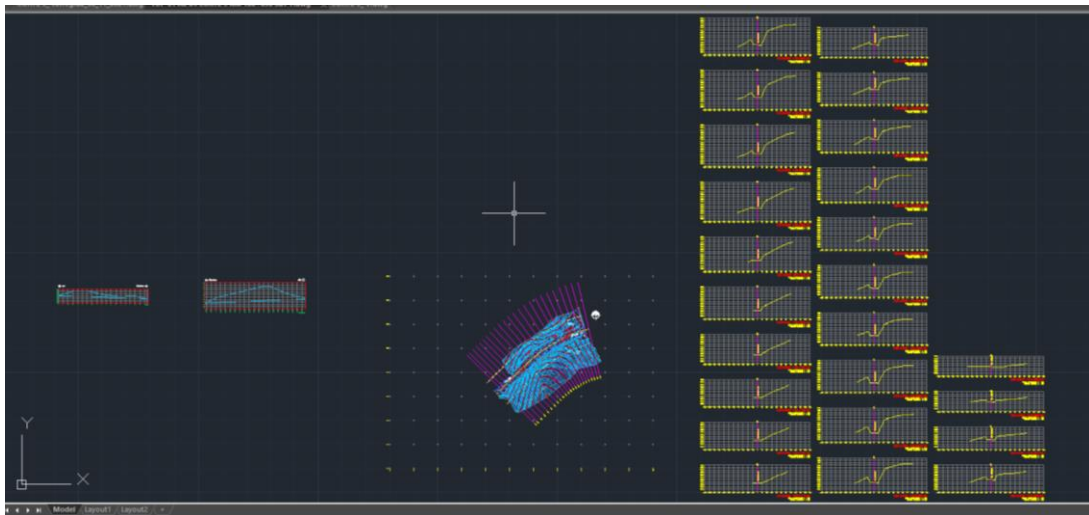
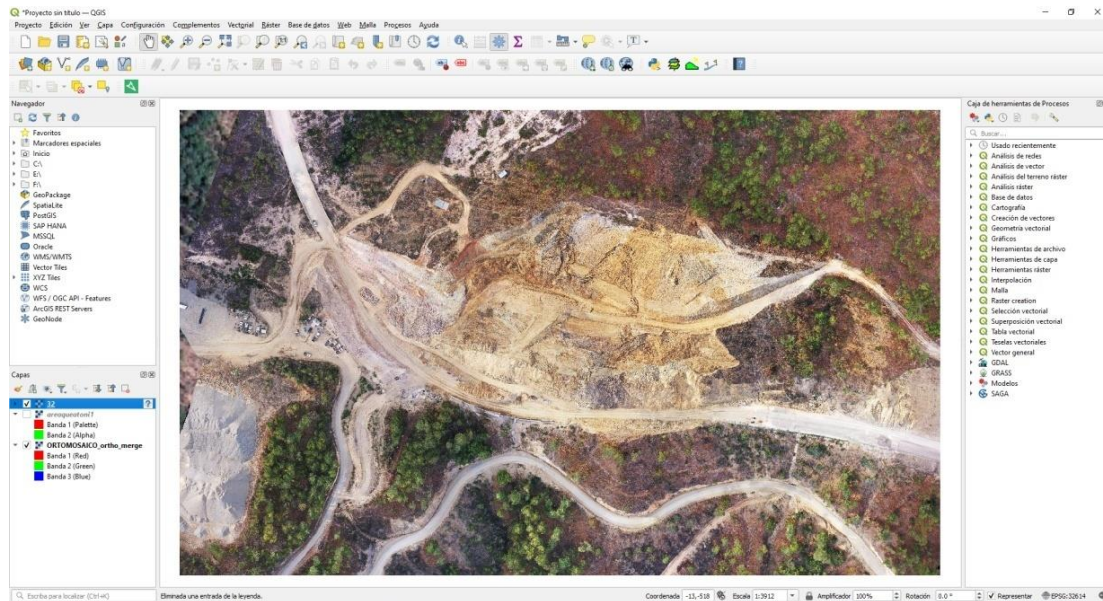


Fig 22. Plano topográfico con curvas de nivel, secciones transversales y perfiles del talud. [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023

- Para un monitoreo topográfico por medio de *dron*, por lo menos se requieren dos vuelos de la misma zona con suficientes puntos de control con antena

satelital para percibir movimiento. Del programa QGIS, se extrae una malla de puntos para obtener el Modelo Digital del terreno (MDT) de ambos vuelos.

Se reclasifican ambos. Para finalizar, se procede a restar en la calculadora de *rasters*. Si hubo movimiento, el resultado muestra las zonas.



*Fig 23. Primer vuelo obtenido con puntos de control para monitoreo topográfico.  
[Fotografía], Dominio personal 2023*



## VII. Resultados

### 6.1. Producto – Entregable

#### 6.1.1. Ortofoto

Del proceso fotogramétrico que se obtuvo con el *dron*, se generó la ortofoto. De cada fotografía, el programa tomó un número de puntos en común, los unió y finalmente, se obtuvo una “fotografía grande” referenciada, en ella se observaron detalles que con imágenes satelitales convencionales, carecen de ciertos detalles que no se pudieron identificar.



Fig 24. Ensenada, Baja california [Captura de Pantalla], Google Earth, 2023



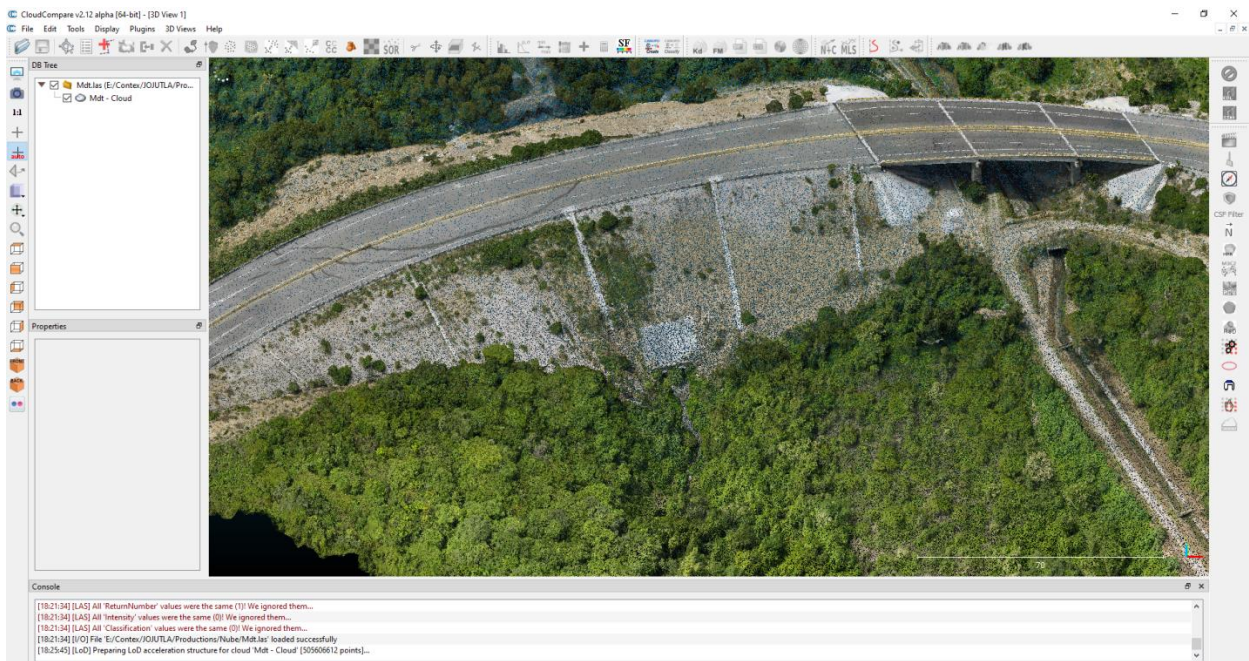
*Fig 25. [Fotografía], Dominio personal, 2023*

Ortofoto obtenida con *dron* a una altura de 60 metros.

## **6.2. Nube de puntos**

Con el proceso fotogramétrico, se obtuvo una nube de puntos (representación de superficie que cuenta con coordenadas X, Y, y Z. Sus aplicaciones pueden usarse en diversas ramas de la Ciencia, como la Topografía, Geología, Hidrología, Mecánica; incluso en la medicina).

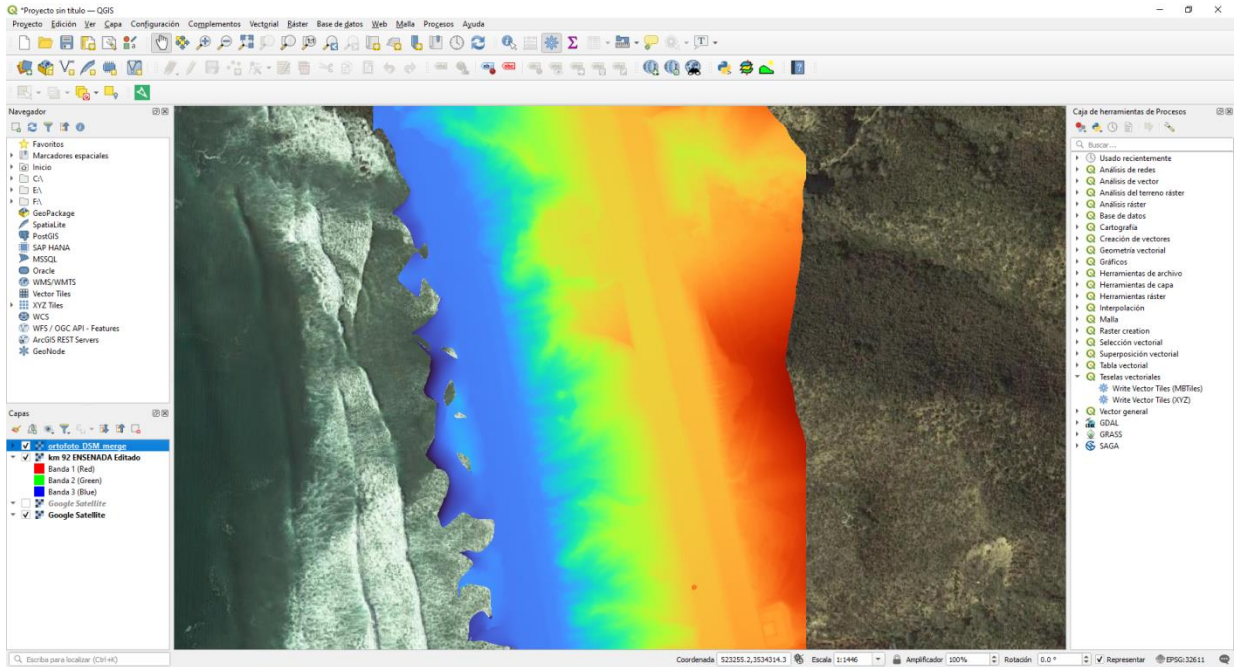




*Fig 26. Nube de puntos con el programa "CloudCompare". [Fotografía], Dominio personal, 2023*

### **6.3. Modelo Digital de Terreno (MDT)**

Otro resultado del proceso fotogramétrico fue el Modelo Digital de Terreno (muestra visual matemática de diferencias de alturas con respecto al nivel medio del mar, permite observar topografía, relieve, cambios en la vegetación, entre otras aplicaciones de zonas en específico).



*Fig 27. Modelo Digital De Superficie y de Terreno, visto desde el programa “QGIS”.  
[Captura de pantalla], dominio personal, 2023*

#### 6.4. Modelo 3D

Del programa fotogramétrico, se obtuvo el Modelo 3D (Representación matemática tridimensional que se conecta por medio de figuras geométricas: triángulos, líneas, superficies curvas puntos, etc. El modelo 3D sirve para simular que el usuario final, se vea en la zona sin necesidad de trasladarse físicamente).





*Fig 28. Modelo 3D, obtenido con "ContextCapture". [Captura de pantalla], Dominio personal, 2023*

## VIII. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se comprobó que con la ayuda de nuevas tecnologías: contribuye de manera eficiente y significativa en la elaboración de proyectos. Se agiliza el trabajo de campo, se reducen costos y se tienen menores errores humanos.

Con la ayuda de un dron y los puntos de control, se redujo el tiempo de trabajo con respecto a un levantamiento topográfico tradicional, los tiempos de adquisición disminuyen considerablemente, Se reducen costos operativos debido a que los recursos técnicos y humanos también disminuyen, incluso se pudo visualizar todo el proyecto en una ortofoto o en un modelado 3D.

Los errores humanos al realizar mediciones como los que se adquieren al momento de visualizar con una estación total no automatizada o un nivel mecánico son menores, ya que la recopilación de datos es automatizada.

En cuanto al monitoreo topográfico, después de dos meses de mediciones constantes con Estación total en taludes, se obtuvieron puntos que presentaron movimientos.

En el mismo período, se realizaron dos vuelos con DRON (se observó que existen los mismos movimientos, coinciden con los marcados en el MDT, por lo que se concluye que el monitoreo con DRON en las zonas de taludes es confiable).

La posibilidad de obtener modelos 3D y ortofotos con drones, nos permite tener una imagen completa del proyecto, esto ayuda de manera sustancial a la toma de decisiones y a diseños de soluciones.

## Referencias

### Bibliográficas

- Gajate, M. Et al. (2017). Guerra y tecnología. Interacción desde la Antigüedad al Presente. Madrid. Eds. Fundación Ramón Areces. Asociación Española de Historia Militar.
- Shelley, E. Et al. (2017). *Manual de Diseño de Obras Civiles*. España. Editorial Independiente.

### Hemerográficas

- Corso, J.M. (2012). *Proceso de segmentación de nubes punto*. Laboratorio de modelización virtual de la Ciudad. 2, 17 pág.  
<https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/FMfcgzGslkpLqKGrZqDLqRVLDrvwrJD?projector=1>
- Riquelme, A. Et al. (2015). *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. Elsevier. 84, 176 pág.  
<https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/FMfcgzGslkpLqKGrZqDLqRVLDrvwrJD?projector=1>
- Vasuki, Y. Et al. (2014). *Semi-automatic mapping of geological Structures using UAV-based photogrammetric data: An image analysis approach*. Elsevier. 69. Pág.32.  
<https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/FMfcgzGslkpLqKGrZqDLqRVLDrvwrJD?projector=1>

### Archivos PDF

- Caire, J. (2003). *Desarrollo de la Fotogrametría*.  
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/17524/16524238.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elsevier. Et al. (2016). *Remote Sensing Techniques*.  
[https://docs.google.com/document/d/1IrBcXdU\\_OaQY984BwX0MxIDxxshU13RpuNwYJ40GRWE/edit](https://docs.google.com/document/d/1IrBcXdU_OaQY984BwX0MxIDxxshU13RpuNwYJ40GRWE/edit)
- Elsevier. I. Et al. (2016). *Geophysical Exploration*.  
<https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/FMfcgzGslkpLqKGrZqDLqRVLDrvwrJD?projector=1>
- López, E. (2021). *Drones. Tecnología remota de alto nivel*.  
<https://www.google.com/search?q=libros+de+ingenieria+civil+unam+drones&oq=libros+de>

## Web

- Cuerno, C. Et al. (2019). *Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*. Fundación de la Energía de Madrid. <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf>
- Etecé. Et al. (2020). *Topografía*. Equipo editorial, Etecé de Argentina. <https://concepto.de/topografia/#ixzz7sDjIAnYS>
- Ferrovial. (2021). *Nuestra Estrategia climática 2021 de un Vistazo*. Ferrovial. <https://www.ferrovial.com/es/sostenibilidad/medio-ambiente/cambio-climatico/>

## Imágenes

- Geospacial, RMS. (2023). *Estación total Focus 2(5")*. [Estación total]. <https://rmsgeoespacial.com/producto/estacion-total-focus-2-5/>
- Group, C. S.A.C. (2019). *GPS South Galaxy G1*. [Antena satelital]. [https://www.cosola.com/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=141&Itemid=634](https://www.cosola.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=634)
- Anainte, G. (2016). *Empresa de calibración de equipos topografía*. [Nivel mecánico]. <http://www.taecclub.com/blog/tag/calibracion-estacion-total-topcon/>
- PRO MÉXICO, D. (N/A). *senseFly eBee X*. [Dron de ala fija]. <https://dronespro.com.mx/products/sensefly-ebee-x>
- DJI (2023). *MAVIC 2. Acércate a un mundo nuevo*. [Dron multimotor]. <https://www.dji.com/mx/mavic-2>
- INEGI (2023). *Google Earth* [Mapa de zona de estudio]. <https://www.google.com/maps/@31.35055,-115.88362,188310m/data=!3m1!1e3>
- Sandoval, A. (2022-23). *Capturas de pantalla en Gabinete*. [Representaciones gráficas]. Dominio Propio (Autoría).