UNIVERSIDAD DE ATACAMA

FACULTAD TECNÓLOGICA

SEDE VALLENAR

PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTACIONAMIENTO, DESARROLLADO EN BASE A UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y SOFTWARE DE DISEÑO PARA LA UNIVERSIDAD DE ATACAMA, SEDE VALLENAR

Trabajo de titulación presentando en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Técnico Universitario en Minas.

Profesor guía: Enrique Andrés Veragua Guerra.

Co-Guía: Richard Oswald Cubillos Bolados.

Andrey Pablo Miranda Mancilla

Cristopher Ignacio Villarroel Fuentes

Jorge Ignacio Pérez Tapia

Vallenar, Chile 2024.

Dedicatorias

Agradezco profundamente a las personas que depositaron su confianza en mí y me brindaron su apoyo incondicional en momentos de dificultad. A mis padres, que siempre estuvieron presentes y me guiaron con su amor y sabiduría, les expreso mi más sincero agradecimiento. También quiero expresar mi gratitud a las dos personas más importantes en mi vida, que han sido mi fuente de inspiración y motivación durante todo este proceso de formación universitaria. A mi polola, Josefina, le dedico esta tesis como un testimonio de mi amor incondicional y compromiso con ella, y a mi hermano menor, Eledier, como un símbolo de la unión y el apoyo que nos une como hermanos. Ustedes han sido y seguirán siendo el pilar más fundamental en mi vida. Todo lo que logre en el futuro será para mejorar su futuro, demostrando así el amor, confianza y gratitud que les tengo...

Andrey Miranda.

Dedico de manera especial a mi pareja, que sin ella no lo hubiera podido lograr, gracias a su esfuerzo y perseverancia. Tu ayuda ha sido fundamental, este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Agradecer también a mi familia por creer en mí y sentirse orgullosos de la persona que seré en el futuro

Jorge Pérez

Todo el trabajo que he hecho a lo largo de esta carrera se lo debo principalmente a mi familia, ellos fueron el sustento moral más valioso que tuve para no rendirme en los momentos que sentía que ya no podía dar más, en especial a mis padres y mis hermanos. Agradezco a esos amigos que formaron parte de este proceso, y por los momentos entretenidos que tuvimos, y finalmente pero no menos importante, me agradezco a mí, pues lo que he empleado en esta carrera lo he logrado solamente con esfuerzo y dedicación.

Cristopher Villarroel.

Agradecimientos

Primeramente, damos gracias a Dios por permitirnos tener tan buena experiencia dentro de la universidad, gracias a la universidad por permitirnos ser unos buenos profesionales, gracias a cada docente que hizo parte de este proceso, especialmente a nuestro Profesor de corte, Enrique Veragua y, a nuestro profesor Co-Guia Richard Cubillos, por la confianza y ayuda en nuestro proceso de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I MARCO INTRODUCTORIO 14
1.1-Introducción 14
1.2-Objetivo general 15
1.3-Objetivos específicos 15
1.4-Planteamiento del problema 16
1.5-Antecedentes 16
1.6-Justificación 17
1.7-Alcances 17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 18
2.1-Levantamiento topográfico 18
2.2-Tipos de levantamientos topográficos 19
2.2.1-Planimetría 19
2.2.2-Altimetría 20
2.2.3-Fotogrametría 21
2.2.4-Nube de puntos 22
2.3-Levantamiento taquimétrico georreferenciado 23
2.4-Instrumentos y/o equipos necesarios para el levantamiento topográfico 24
2.5-Estación total 24
2.5.1- Funciones de una estación total 26
2.6-Trípode 27
2.7-Prisma y jalón 28
2.8- GPS 30
2.8.1 Otros sistemas de GPS 31
2.8.1.1-Sistema Glonass de la Federación Rusa 31
2.8.1.2-Sistema Galileo de Europa 32
2.8.1.3-Sistema BeiDou de la República de China 32
2.8.2-Medición estática 33
2.8.3-Estación activa 33
2.8.4-Como funciona la estación activa 34

2.8.5- Sanding Venus T3 35
2.8.6-Sanding H6 Android 36
2.9-Dron Mavic 2 Zoom 37
3-Softwares 38
3.1-AutoCAD Civil 3D 38
3.2-Dji PILOT 40
3.3-Pix4DMapper 41
3.4- Global Mapper 42
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 43
3.1-Enfoque y carácter metodológico empleado 43
3.2-Reconocer el terreno para obtener información y características propias del lugar, determinando los equipos topográficos necesarios para la obtención de datos 44
3.3-Materializar en el área de estudio el punto de amarre georreferenciado, en base a estación activa geodésica emplazada en la ciudad de Vallenar, para la instalación de los instrumentos topográficos 46
3.4- Ejecutar levantamiento topográfico, planimétricos altimétrico y fotogramétrico en el área de estudio, mediante el uso de los respectivos equipos, con la información recopilada se procede a realizar la modelación del terreno en los respectivos softwares. 50
3.4.1-Ejecución del levantamiento taquimétrico 50
3.4.2-Ejecución del levantamiento fotogramétrico 54
3.4.2.1-Vuelo con dron 54
3.4.2.2-Modelado con Pix4dMapper 55
3.4.3-Modelación del terreno en Civil 3D 58
3.4.3.1-Modelado del terreno 58
3.4.3.2-Elaboración de las curvas de nivel y perfiles 65
3.4.3.3-Obtención de cantidad de material de corte y relleno 79
3.5- Recopilar antecedentes técnicos del estacionamiento según las normas establecidas, de acuerdo con la información se procederá a diseñar y modelar en Software Civil 3D 81
3.5.1-Normas de seguridad requeridas 81
3.5.2-Antecedentes técnicos de diseño para un estacionamiento 83
3.5.3-Elaboración del diseño en Civil 3D 84

CAPÍTULO IV ANÁLIZIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS 85
4.1-Resultados del reconocimiento en terreno y equipos a utilizar.....85
4.1.1-Selección de equipos.....86
4.2- Resultados de la materialización del punto de amarre georreferenciado para la instalación de los instrumentos topográficos.....88
4.3- Resultados de los levantamientos topográficos y del modelado del terreno.....89
4.3.1-Resultados levantamiento taquimétrico.....89
4.3.2-Resultados del levantamiento fotogramétrico 90
4.3.2.1-Vuelo del dron.....90
4.3.2.2-Procesamiento en Pix4dmapper.....90
4.3.3-Resultados de la modelación del terreno 92
4.3.3.1-Modelado del terreno 92
4.3.3.2-Resultados de las curvas de nivel y perfiles 93
4.3.3.3-Resultados de la cantidad de material de corte y relleno.....96
4.4-Resultados de la investigación de los antecedentes técnicos, normas y diseño del estacionamiento 98
4.4.1-Resultados recopilación normas de seguridad.....98
4.4.2-Resultados Antecedentes Técnicos de diseño del estacionamiento.....99
4.4.3-Diseño final de estacionamiento.....100
CAPÍTULO V CONCLUSIÓN 104
BIBLIOGRAFÍA 106
ANEXOS 110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1-Planimetría.....19

Figura 2.2- Altimetría.....20

Figura 2.3- Fotogrametría 21

Figura 2.4-Nube de puntos.....22

Figura 2.5- Estación total Trimble M3.....25

Figura 2.6- Trípode 27

Figura 2.7- Prisma topográfico 28

Figura 2.8-Jalón topográfico 29

Figura 2.9- Sanding Venus T3.....35

Figura 2.10-Sanding H6.....36

Figura 2.11-Dron Mavic 2 Zoom 37

Figura 3.1-Dji PILOT 40

Figura 3.2- Pix4DMapper 41

Figura 3.3- Global Mapper.....42

Figura 3.1- Marca Estación 1 46

Figura 3.2- Receptor GNSS 47

Figura 3.3- Colector de mano H6.....48

Figura 3.4- Marca estación 2.....49

Figura: 3.5- Instalación Estación Total 51

Figura 3.6- Recolección de datos con Estación y Prisma 52

Figura 3.7-Vuelo del dron 54

Figura 3.8-Selección del tipo de trabajo a ejecutar.....55

Figura 3.9- Procesamiento inicial 56

Figura 3.10- Selección de tipo de archivo para exportar desde “Global Mapper” 57

Figura 3.11-Creación de proyecto de los puntos.....59
Figura 3.12-Importación de puntos en block de notas.....59
Figura 3.13-Selección del archivo PNEZD (delimitado por espacios).....60
Figura 3.14-Selección del archivo con los datos de los puntos.....60
Figura 3.15-Visualización de los puntos de forma general.....61
Figura 3.16-Nombre de los puntos y su respectivo color.....62
Figura 3.17-Trazado de líneas por punto de ubicación.....63
Figura 3.18-Corroboración del trazado de líneas de los puntos en Google Earth.....64
Figura 3.19-Nombre de la superficie para las curvas de nivel.....65
Figura 3.20-Selección de las opciones para la creación de las curvas de nivel.....66
Figura 3.21-Vista general de las curvas de nivel del terreno.....67
Figura 3.22-Selección de las opciones para la creación detallada de las curvas de nivel68
Figura 3.23-Vista detallada de las curvas de nivel del terreno.....68
Figura 3.24- Activación de la triangulación.....69
Figura 3.25-Vista de las triangulaciones.....69
Figura 3.26- Selección de opciones para añadir las cotas de las curvas.....70
Figura 3.27- Ejemplo de las cotas de la curva.....70
Figura 3.28- Selección de opción para el perfil.....71
Figura 3.29- División del sector para perfil longitudinal.....71
Figura 3.30- Modificación del perfil longitudinal.....72
Figura 3.31- Creación del perfil de la superficie.....73
Figura 3.32- Vista general del perfil longitudinal.....73
Figura 3.33- Vista detallada del perfil longitudinal.....74
Figura 3.34- Modificación de la opción “Vertical axes”.....74
Figura 3.35- Modificaciones en opción “Grid”.....75

Figura 3.36- Opciones para graficar el perfil transversal....76
Figura 3.37- Modificación opción “Section placement”....77
Figura 3.38- Modificación opción “Data Bands” 77
Figura 3.39- Vista general de los cinco perfiles transversales 78
Figura 3.40- Ejemplo del área considerada desde la cota trescientos setenta y seis....79
Figura 3.41- Estacionamiento Perpendicular 83
Figura 3.42- Elaboración del diseño en Civil 3D....84
Figura 4.3-Descripción de cada puntaje....86
Figura 4.4- Nube de puntos y malla....90
Figura 4.5- Ortomosaico 91
Figura 4.6- Modelado del terreno....92
Figura 4.7- Curvas de nivel vista perfil longitudinal 93
Figura 4.8- Curvas de nivel perfil transversal 1 93
Figura 4.9- Curvas de nivel perfil transversal 2 94
Figura 4.10- Curvas de nivel perfil transversal 3 94
Figura 4.11- Curvas de nivel perfil transversal 4 95
Figura 4.12- Curvas de nivel perfil transversal 5 95
Figura 4.13– Señalética y medidas del estacionamiento....100
Figura 4.14- Vista general de las medidas y cajones del estacionamiento....101
Figura 4.16- Vista general de entrada y salida 103
Figura 4.17- Estacionamiento en ortomosaico....103
Figura 4.19- Cantidad total de puntos obtenidos en el levantamiento taquimétrico. 111
Figura 4.20- Croquis del terreno 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1- Selección de equipos.....45

Tabla 3.2- Datos de los puntos “E1” y “E2” 49

Tabla 3.3- cálculo de volúmenes de corte y relleno 80

Tabla 3.5- Ancho óptimo para el pasillo en el estacionamiento.....82

Tabla 4.1-Resultados equipos a seleccionar.....86

Tabla 4.2- Resultados de los datos del punto “E1” y “E2” 88

Tabla 4.3- Resultados del levantamiento taquimétrico 89

Tabla 4.4- Volumen de material de corte y relleno 96

Tabla 4.18.- Significado de cada puntaje 110

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1-Ecuación de cálculo de volúmenes para corte y relleno 39

Ecuación 3.1- Ecuación de cálculo de volúmenes para corte y relleno 80

RESUMEN

En la actualidad, se presenta un caso que ha evolucionado de forma exponencial durante el tiempo, y es que el aumento de vehículos que circulan en zonas urbanas provoca un colapso en los sitios de aparcado vehicular, lo que genera como consecuencia que los conductores no encuentren, o directamente usen sitios que no son aptos para estacionar los vehículos en la ciudad de Vallenar, en específico, en el sector ubicado en la Universidad de Atacama, Sede Vallenar, se identificó que el problema afecta a los estudiantes y funcionarios que asisten al establecimiento, pues el área que está dispuesta para los automóviles es ocupada en su totalidad, por ende, algunos conductores se estacionan en espacios no permitidos o en lugares no aptos para el aparcado vehicular, perjudicando así a conductores que circulan por el lugar y perjudicando la comodidad de los peatones por transitar en una vía libre.

Para solucionar esto, se propuso elaborar un diseño de un estacionamiento, el cual fue creado a partir de un levantamiento topográfico con georreferenciación, junto a la modelación de softwares de diseño. Para realizar este proyecto se ejecutaron diferentes etapas, iniciando con el reconocimiento del terreno, donde se obtuvo información general del sector, incluyendo características esenciales y propias del lugar, junto a esto se determinaron los equipos a utilizar. Continuando se ubicaron los puntos de forma georreferenciada, para la instalación de los equipos topográficos, a raíz de esto se procedió a la ejecución del levantamiento de altimetría, planimetría, y fotogrametría. Los datos resultantes de este proceso fueron utilizados para la modelación del terreno. Como último paso se realizó una recopilación de las normas técnicas de elaboración de un estacionamiento.

Teniendo esto en cuenta se procedió a elaborar el diseño de este mismo en un software. El resultado de los procesos comentados culmina con el diseño final del estacionamiento, lo que significa que un proyecto de construcción de un estacionamiento puede ser ejecutado gracias al trabajo realizado, beneficiando de esta manera los a estudiantes y docentes de la institución.

PALABRAS CLAVES: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO-GERREFERENCIACIÓN-ALTIMETRÍA-PLANIMETRÍA-FOTOGRAMETRÍA-MODELACIÓN

ABSTRACT

Nowaday, case is presented that has evolved exponential over time, and that is that the increase in vehicles circulating in urban areas causes a collapse in vehicle parking sites, which generates as a consequence that drivers do not find, or directly use sites that are not suitable for parking vehicles in the city of Vallenar, specifically, in the sector located in the Universidad de Atacama, sede Vallenar, it was identified that the problem affects students and officials who attend the establishment, since the area that is available for cars is completely occupied, therefore, some drivers park in spaces not allowed or in places not suitable for vehicle parking, thus harming drivers who circulate through the place and harming the comfort of pedestrians by transiting on a free road.

To solve this problem, it was proposed to develop a parking lot design, which was created from a topographic survey with georeferencing, together with the modeling of design software. To carry out this project, different stages were executed, starting with the recognition of the terrain, where general information of the sector was obtained, including essential and specific characteristics of the place, along with this, the equipment to be used was determined. Continuing, the points were located in a georeferenced manner, for the installation of the topographic equipment, following this, the altimetry, planimetry, and photogrammetry survey was carried out. The data resulting from this process was used for the modeling of the terrain. As a last step, a compilation of the technical standards for the development of a parking lot was carried out.

Taking this into account, the design of this same was developed in a software. The result of the processes discussed culminates with the final design of the parking lot, which means that a parking lot construction project can be executed thanks to the work carried out, thus benefiting the students and teachers of the institution.

KEY WORDS: TOPOGRAPHIC SURVEY-GERREFERENCING-ALTIMETRY-PLANIMETRY-PHOTOGRAMMETRY-MODELLING

CAPITULO I MARCO INTRODUCTORIO

1.1-Introducción

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objetivo la representación gráfica de terrenos a través de características físicas de la tierra, considerando aspectos propios de la zona, e incluyendo datos planimétricos y altimétricos, actualmente considerando la georreferenciación como elemento fundamental.

Para ejecutar de manera practica lo anteriormente indicado, es donde entra el concepto de levantamiento topográfico, lo que se traduce en la aplicación práctica de un conjunto de operaciones que dan como resultado una detallada información planimétrica y altimétrica del área de estudio. Este proceso se emplea en diversas áreas, como ingeniería, arquitectura, construcción. Haciendo énfasis en el último punto mencionado, se ha verificado un área en el sector oriente de la Universidad de Atacama de la sede de Vallenar, que posee las cualidades requeridas para efectuar obras de diseño de futuro estacionamiento vehicular, optimizando así, el poco espacio que existe para el aparcamiento vehicular en el recinto. La investigación tiene como propósito crear un diseño de un estacionamiento a través de un levantamiento topográfico georreferenciado, aportando de forma teórica a la ejecución de un proyecto de estas características, lo que resultaría en un beneficio a la casa de estudios mencionada en este texto. Para llevar a cabo la operación es necesario aplicar mediciones topográficas tales como la altimetría, la planimetría y la fotogrametría, para ello es necesario la utilización de equipos topográficos que permitan recopilar información detallada del sector de estudios, teniendo como base la ciencia de la topografía y considerando las últimas tecnologías, las que permiten una mejor precisión a través de un producto georreferenciado. Para esto se utilizarán estación total y GPS geodésico, para posteriormente realizar la modelación en 3D en software Civil3D, que permitirá diseñar área y valorizar los movimientos.

1.2-Objetivo general

Elaborar diseño para futuro estacionamiento a través de un levantamiento topográfico georreferenciado proporcionando un espacio adecuado para el aparcamiento vehicular.

1.3-Objetivos específicos

- Reconocer el terreno para obtener información y características propias del lugar, determinando los equipos topográficos necesarios para la obtención de datos.

- Materializar en el área de estudio el punto de amarre georreferenciado, en base a estación activa geodésica emplazada en la ciudad de Vallenar, para la instalación de los instrumentos topográficos.

- Ejecutar levantamiento topográfico planimétricos, altimétrico y fotogramétrico en el área de estudio, mediante el uso de los respectivos equipos, con la información recopilada se procede a realizar la modelación del terreno en los respectivos softwares.

- Recopilar antecedentes técnicos del estacionamiento según las normas establecidas, de acuerdo con la información se procederá a diseñar y modelar en Software Civil 3D

1.4-Planteamiento del problema

Se ha visualizado que, en la Universidad de Atacama sede Vallenar, existe un problema que descontenta a los conductores que asisten con regularidad al establecimiento, y es que, el poco espacio para el estacionamiento vehicular resulta en una aglomeración automovilística, dando como resultado el uso de espacios públicos destinados a la población en general, o bien en espacios no aptos para el estacionamiento (lo son así las veredas de los peatones) afectando de manera negativa en ámbitos como la seguridad y la comodidad de las personas.

1.5-Antecedentes

Actualmente, existe un terreno que se encuentra en la comuna de Vallenar, específicamente ubicado al Este de la Universidad de Atacama. Este se encuentra baldío y sin un uso adecuado, sus deslindes se ubican: al norte con calle libertad en 2 metros, y al poniente con calle Atacama en 1 metro, norte propiedad privada en 1 metro y al oriente con terreno privado en 1 metro. Sus coordenadas geográficas en punto notable son, Este 327143.86 m E, Norte 6837772.90 m S.

1.6-Justificación

Es importante realizar este trabajo, considerando que para todo diseño de ingeniería o arquitectura la base es la topografía, sobre esto para el diseño de un estacionamiento vehicular. El resultado obtenido será de gran ayuda para distribuir, optimizar y sobre todo resguardar la infraestructura vehicular de los estudiantes y docentes de la Universidad.

1.7-Alcances

Este proyecto propone un diseño de estacionamiento, para que un trabajo de esta índole mejoraré la comodidad y seguridad de las personas que asisten a la Universidad de Atacama de la sede de Vallenar, proporcionando un sitio apto para el aparcado vehicular, en ese aspecto, esto solo será aplicado en el establecimiento universitario, beneficiando al mundo educacional del lugar. El proyecto está dividido en distintas etapas las cuales comprenden un lapso de al menos dos meses y medio, en el cual se realizarán las correspondientes tareas que permitirán su desarrollo.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1-Levantamiento topográfico

Etimológicamente la palabra "topográfico" proviene del griego antiguo, donde su significado radica en la unión de 2 palabra. "Topos" que significa lugar y "Graphos" se traduce como descripción o representación gráfica. Tomando esto en cuenta, se puede comprender que un levantamiento topográfico es el estudio detallado de un sitio especifico, es fundamental para proyectos que tengan que realizar algún estudio de la tierra. El levantamiento topográfico es la primera fase del análisis técnico y descriptivo de un terreno, teniendo en consideración todas las características físicas, geográficas y geológicas del lugar. Además, se tiene en cuenta, los cambios que puede tener el terreno y sus variables. Para lograr esto, se emplean diversos métodos y operaciones de medición, procesamiento y trasmisión de datos de campo. Esto permite crear una representación gráfica precisa y detallada del terreno. Un levantamiento topográfico permite crear planos detallados de un área, destacando características físicas del terreno y es fundamental para planificar y ejecutar proyectos de manera efectiva, garantizando una buena ejecución.

2.2-Tipos de levantamientos topográficos

Para brindar una representación gráfica confiable del terreno, es necesario determinar la posición relativa de varios puntos, tanto en el plano horizontal (planimetría) como determinar la altura entre varios puntos, tomando el plano horizontal como referencia para la nivelación directa. En la representación de un punto, es necesario designar coordenadas que son la longitud y latitud, así como también una elevación o cota.

2.2.1-Planimetría

La planimetría se ocupa de representar la superficie terrestre sobre un plano a través de mediciones de ángulos horizontales y distancias. Así es que la misma centra su estudio en el conjunto de métodos y procedimientos que tenderán a conseguir la representación a escala de todos aquellos detalles interesantes del terreno en cuestión sobre una superficie plana, exceptuando su relieve y representándose en una proyección horizontal. (Ucha, Significado.com, 2022)

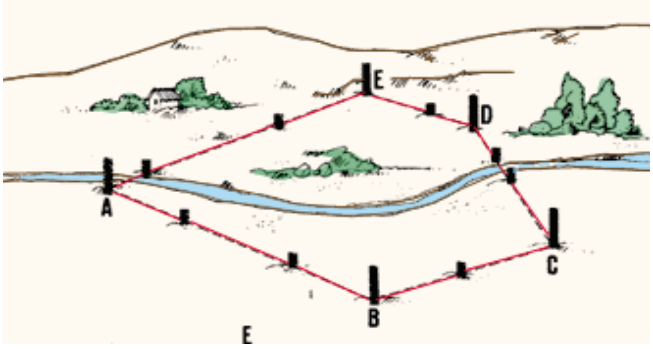


Figura 2.1-Planimetría

Fuente: (Food and agriculture organization , 2024)

2.2.2-Altimetría

Se ocupa de estudiar el conjunto de procedimientos y de métodos que existen para poder determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia. Por ejemplo, gracias a la altimetría es posible representar el relieve del terreno, tal es el caso de planos de curvas de nivel, perfiles, entre otros. (Ucha, Significado.com, 2011)

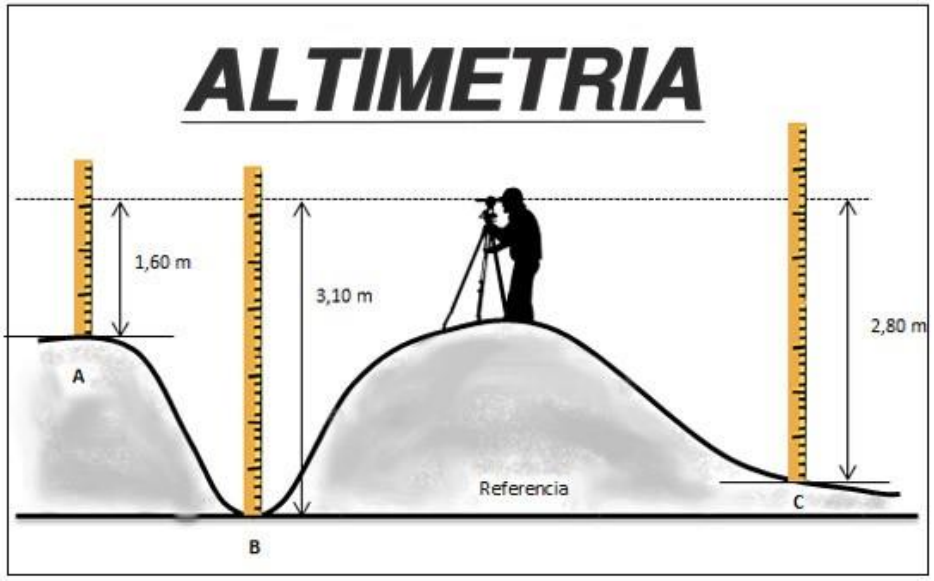


Figura 2.2- Altimetría

Fuente: (Topografía, 2020)

2.2.3-Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica de estudio del terreno, que tiene por objetivo definir la forma, las dimensiones y/o la posición en el espacio de un objeto, a través de los datos obtenidos de una o varias fotografías. (Geomática Global, 2020)

En topografía, la fotogrametría es realizada de forma terrestre, satelital y aérea, en este proyecto se emplea el último mencionado, pues es uno de los métodos más rápidos, accesibles y eficaces que existen. La técnica se realiza a través del uso de drones, a los cuales se le asigna un área específica de recorrido donde realizan la captura de imágenes, seguidamente, las fotografías son procesadas a través de software especializados, como resultado al procesamiento, se obtiene un modelo 3D del terreno en cuestión. (Apddrones, 2022)

En resumen, se logra una representación precisa del objeto de estudio en tres dimensiones, lo que permite la creación de modelos 3D detallados y mapas de alta calidad, eso se gracias a la conversión de los datos bidimensionales de imágenes planas a información tridimensional a través de la llamada “nube de puntos”. (Gonzalez, 2023)

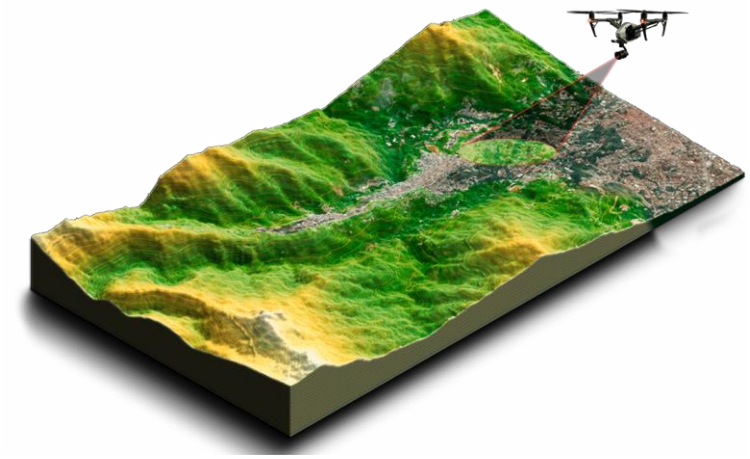


Figura 2.3- Fotogrametría

Fuente: (Hstore, 2024)

2.2.4-Nube de puntos

Una nube de puntos es como un gran “montón” de puntos georreferenciados, capaz de recrear áreas y estructuras. Estos puntos se obtienen mediante mapeo con drones y procesamiento de imágenes. A través de él es posible levantar diversa información como profundidad, elevación, geometría y ubicación. (Software Mappa, 2023)

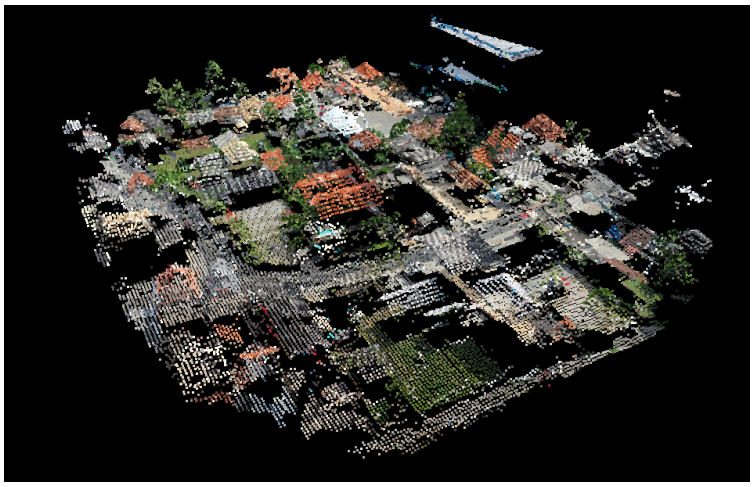


Figura 2.4-Nube de puntos

Fuente: (Software Mappa, 2023)

2.3-Levantamiento taquimétrico georreferenciado

Para comprender de mejor manera este tipo de levantamiento, es necesario explicar conceptos y la relación que tienen entre sí, por una parte, tenemos la taquimetría, y por otra, la georreferenciación por GNSS. La taquimetría es una rama de la topografía, esta se encarga de realizar mediciones rápidas de distancias horizontales y verticales del terreno, esto quiere decir que estudia la posición relativa de uno o más puntos en un plano horizontal, y además tiene como finalidad la determinación de la altura del lugar (distancia vertical), como consiguiente a la toma de estos datos se pueden obtener propiedades esenciales del terreno que son estipuladas mediante cálculos, lo son así la inclinación (o pendiente) y las diferencias de nivel. Este estudio se caracteriza por su medición de tipo indirecta, pues es favorable a la hora de recolectar los datos en terrenos irregulares o en situaciones en donde existan largas distancias en las que no se pueda medir con flexómetro, como lo es la medición directa (Cubillos, 2024). Esta especialidad es aplicada en diversas áreas, tanto en cartografía, en catastros y en construcciones de obras civiles, como lo son carreteras, puentes, edificios, estacionamientos, entre otros.

La georreferenciación por tecnología de GNSS, es una tecnología que está constituida por un receptor y una antena, permite captar señales emitidas por los satélites, garantizando así una gran precisión a la hora de reconocer las coordenadas de los puntos en los que se les ubica (SERVIU, 2024).

El levantamiento taquimétrico georreferenciado es entonces una combinación de los dos métodos anteriormente mencionados, se realiza con instalación de equipos taquimétricos en la ubicación de los puntos de coordenadas indicados por equipos de georreferenciación, de esta forma se tiene un punto de referencia, el cual sirve para realizar de forma practica la toma de datos que exige un levantamiento de estas características.

2.4-Instrumentos y/o equipos necesarios para el levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico se basa en principios matemáticos y geodésicos, que permiten una correcta medición y la representación precisa de la superficie terrestre, para lograr este objetivo es necesario contar con instrumentos y equipos que cuenten con las características deseadas para llevar a cabo el objetivo, esto permitirá una correcta medición, obteniendo datos más precisos, reduciendo el margen de error.

2.5-Estación total

Una estación total es un instrumento de tipo electrónico/óptico muy utilizado en la topografía moderna, combina las funciones de un teodolito (permite medir ángulos verticales y horizontales) y de un distanciómetro electrónico (realiza mediciones de distancias), además permite la obtención de las coordenadas de un punto. Se caracteriza por su alta tecnología ya que contiene un software que permite realizar mediciones instantáneas, sin necesidad de que el operador deba emplear posteriores cálculos, asimismo posee un microprocesador que le permite almacenar la información recolectada, para que posteriormente se pueda descargar a través de un ordenador y procesarla. (Villner, 2021)

Comprendiendo lo que es en general una estación total, el proyecto utiliza en concreto el modelo Trimble M3. Este equipo combina la confiabilidad de una estación total mecánica con el potente software funcional y modular que los usuarios modernos necesitan en la actualidad. Diseñado para respaldar sus tareas cotidianas, incluyendo levantamientos topográficos, replanteos, trabajos de control y muchos más, Trimble Access ofrece una interfaz familiar y fácil de usar que garantizará una productividad inmediata a través de poderosas herramientas de captura de datos y de cálculo para lograr resultados rápidos en el campo, se caracteriza por tener un diseño compacto, otorga la tecnología mecánica que lo hace confiable y seguro, además, contiene una plomada óptica (o láser). (Al-Top, 2018)



Figura 2.5- Estación total Trimble M3

Fuente: Elaboración propia

2.5.1- Funciones de una estación total

- Medir ángulos

La parte del teodolito electrónico de la estación total es la encargada de medir tanto ángulos verticales como ángulos horizontales. En el caso de los ángulos horizontales la medición se puede tomar cualquier dirección conveniente como dirección de referencia. En cambio, respecto a la medición del ángulo vertical, la dirección vertical ascendente o "cenit" se toma como dirección de referencia. La precisión de la medición de ángulos puede variar desde 2 segundos a 1 segundo.

- Medir distancias

Las estaciones totales trabajan con señales portadoras de infrarrojos modulados para determinar la distancia entre ellas y su objetivo. Cuando esta luz infrarroja es reflejada en un prisma o un objeto medido, la estación total determina la distancia existente entre ella y el objeto reflectante. La mayoría de las estaciones totales dependen de prismas reflectantes para calcular una distancia, aunque las estaciones totales que no requieren usar prismas se denominan estaciones totales de rebote.

- Medir coordenadas

Para determinar las coordenadas de puntos desconocidos, estos instrumentos pueden usar la trigonometría y triangulación. De igual manera, estos equipos pueden determinar coordenadas siempre que haya una línea de visión sin restricciones entre un TS y el punto deseado. Algunas estaciones totales también pueden estar equipadas con sistemas globales de navegación por satélite (GNSS) que permiten facilitar la determinación de coordenadas. (Toposervis, 2019)

2.6-Trípode

Un Trípode es un instrumento que actúa como soporte para instrumentos de medición como niveles, estaciones totales y teodolitos. Cuenta con tres pies de madera o metálicas que son extensibles y terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. (Gastélum, 2022)



Figura 2.6- Trípode

Fuente: Elaboración propia

2.7-Prisma y jalón

El Prisma es un instrumento de medición conformado por un conjunto de cristales, quienes tienen la función de proyectar una señal EMD, desde una estación total o teodolito electrónico. (Villner, 2022)

En topografía, EMD significa medición electrónica a distancias. Es una tecnología que utiliza ondas electromagnéticas para medir de forma precisa la distancia entre dos puntos, en este caso la señal es proyectada desde una estación total.

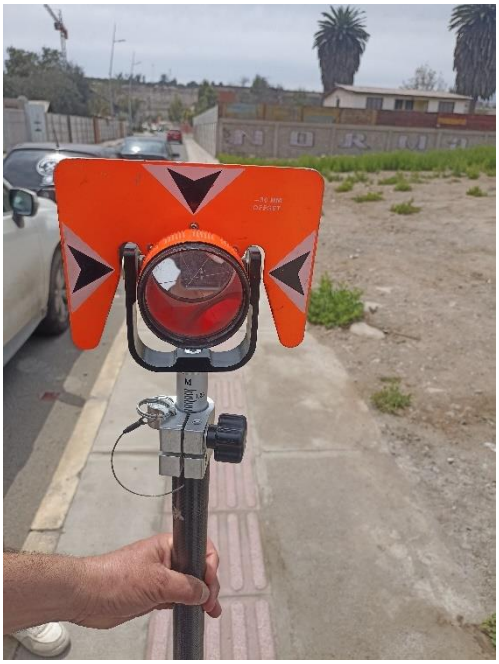


Figura 2.7- Prisma topográfico

Fuente: Elaboración propia

El jalón sirve de soporte para montar el prisma donde se realizan las mediciones. Este jalón suele ser telescópico para modificar la altura del prisma sobre el terreno, esto es especialmente útil cuando la visual a menor altura no es posible. (Datum ingeniería topográfica, 2024)



Figura 2.8-Jalón topográfico

Fuente: Elaboración propia

2.8- GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System o GPS) es un sistema desarrollado, instalado y utilizado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, y actualmente es propiedad de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos. Su objetivo es poder determinar la posición de un objeto en cualquier parte del mundo con una precisión que puede llegar a ser de centímetros si se utiliza el GPS diferencial, aunque por lo general suele ser de algunos metros.

Para ello se utiliza una red de varios satélites que están en órbita a 20.000 km de altura en la tierra. Cuando quieres saber tu posición, tu dispositivo con GPS localiza al menos cuatro de estos satélites, y recibes de ellos una señal que, midiendo cuánto tarda en llegar a ti desde cada satélite, mide la distancia a la que está en cada uno y con los datos de la posición de estos permite indicar tu posición tridimensional actual. (Fernández, 2023)

2.8.1 Otros sistemas de GPS

Existen otros sistemas similares al GPS en el mundo, todos clasificados como sistemas globales de navegación por satélite (GNSS). GNSS es un término genérico que hace referencia a todos los sistemas de navegación por satélite.

Este concepto agrupa a diferentes sistemas como son el GPS, Glonass, Galileo o Compass entre otros, permitiendo posicionamientos muy precisos basándose en señales emitidas por estos satélites siendo múltiples sus aplicaciones como la geo información o en investigaciones geo científicas. (Global Yachting Ibiza, 2024)

2.8.1.1-Sistema Glonass de la Federación Rusa

Glonass, es un sistema de navegación desarrollado en los 80 's por la Unión Soviética creado con la intención de ser una alternativa al GPS. En la actualidad es administrado por la Federación Rusa a través de su agencia espacial y está conformado por una constelación de 24 satélites en activo, moviéndose alrededor de la Tierra con una altitud de 19.100 km y con duración aproximada de 11 horas y 15 minutos para completar la órbita.

Ofrece una cobertura en todo el mundo con una precisión similar a la del GPS, aunque en algunas partes como el hemisferio sur la precisión del sistema estadounidense puede ser mejor. (Toposervis, 2024)

2.8.1.2-Sistema Galileo de Europa

Es un proyecto de navegación por satélites que se puso en marcha en diciembre del 2016, desarrollado por la Unión Europea a través de la Agencia Espacial Europea (ESA) y operado por la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA).

Su objetivo es ser una alternativa al GPS y al GLONASS con una precisión hasta cinco veces mayor y que además pretende ser un proyecto enfocado únicamente en el uso civil respetando la privacidad, lo que quiere decir que no estará compartida con fines militares. El proyecto cuenta en la actualidad con 22 satélites en órbita, pero con la idea a futuro de completar su red a 30 satélites. (Toposervis, 2024)

2.8.1.3-Sistema BeiDou de la República de China

BeiDou, también denominado por su nombre oficial "Sistema Experimental de Navegación por Satélite BeiDou", es el sistema de navegación creado por el país asiático para ser una alternativa al GPS. Este sistema cuenta con un total de 30 satélites en órbita y por lo general su precisión de localización es de 3,6 metros, aunque puede llegar a los 10 cm en zonas de Asia Pacifico.

Es capaz de operar en todo el mundo, aunque la precisión depende de la zona del mundo donde estés, aunque en diciembre del 2018 se anunció que BeiDou comenzaría a proporcionar servicios de manera global. (Toposervis, 2024)

2.8.2-Medición estática

La medición estática realiza mediciones de diferencias de fase de dos o más receptores que simultáneamente rastrean varios satélites comunes, uno de los cuales reciben datos desde una posición conocida y los otros se sitúan en los puntos cuyas coordenadas se necesitan conocer. Las diferencias de mediciones de fase de las señales satelitales minimizan los errores, obteniendo un levantamiento de gran precisión. (Panamá, 2019)

2.8.3-Estación activa

Las estaciones activas son estaciones GNSS que miden datos 24/7 permitiendo calcular diariamente coordenadas para apoyar mediciones y además permite monitorear los desplazamientos del país, pudiendo determinar deformaciones. (IGM Sirgas Chile, 2023)

2.8.4-Como funciona la estación activa

Una estación activa, también conocida como estación de monitoreo continuo, es un equipo especializado que forma parte de una red geodésica. Su función principal es capturar de manera constante las señales de los satélites de navegación global (GNSS), como GPS, GLONASS, Galileo y Beidou. Las principales características de una estación activa son:

Alta precisión: Gracias a esta medición continua, se obtienen coordenadas con una precisión muy alta, lo que permite determinar con exactitud la posición de la estación y de otros puntos en relación a ella.

Referencia geodésica: Las estaciones activas sirven como puntos de referencia para realizar levantamientos topográficos y geodésicos. Al comparar las mediciones de un nuevo punto con las de la estación, se pueden determinar sus coordenadas con gran precisión.

Aplicaciones: Sus usos son variados, desde la creación de mapas detallados hasta el monitoreo de movimientos tectónicos y deformaciones del terreno

En resumen, una estación activa topográfica es como un faro en el mundo de la geodesia, proporcionando una referencia estable y precisa para determinar la posición de otros puntos en la superficie terrestre. (IGM Sirgas Chile, 2024).

2.8.5- Sanding Venus T3

Sanding T3 IMU está equipado con una potente placa base GNSS de 692 canales, puede rastrear y procesar todos los satélites pertenecientes a las constelaciones GPS, Glonass, Galileo, Beidou, gracias a las múltiples constelaciones procesadas, la velocidad de adquisición de datos y la estabilidad de la señal GNSS se mejoran significativamente en comparación con los receptores de generaciones anteriores.

T3 IMU está equipado con medición inercial. La inclinación del receptor no requiere ninguna corrección y no se ve afectada por el campo magnético terrestre. Se puede activar en segundos. El ángulo de inclinación máximo es de 60 La combinación de IMU GNSS garantiza mediciones precisas manteniendo siempre la corrección en condiciones difíciles. (Tienda topográfica SAS, 2024)



Figura 2.9- Sanding Venus T3

Fuente: Tienda Topográfica SAS

2.8.6-Sanding H6 Android

El Controlador H6 es un dispositivo móvil profesional diseñado para trabajar en conjunto con el receptor GNSS Sanding T3 IMU. Con un sistema operativo Android 8.1, ofrece una plataforma estable y segura para visualizar y analizar los datos de posición y orientación proporcionados por el T3 IMU. Entre sus características destacan:

- Visualizar datos de posición y orientación en tiempo real.
- Configurar y ajustar los parámetros del receptor GNSS.
- Transferir datos a otros dispositivos para análisis posterior.
- Utilizar aplicaciones específicas para análisis de datos y mapeo.

De esta manera, la combinación del Sanding T3 IMU y el Controlador H6 ofrece una solución integral y precisa para aplicaciones de navegación y mapeo. (Labs-Trujillo, 2021)

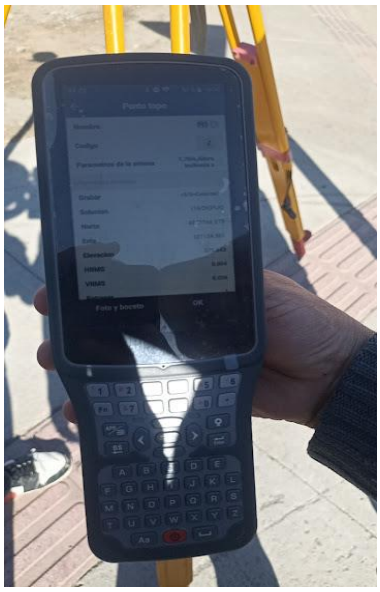


Figura 2.10-Sanding H6

Fuente: Elaboración propia

2.9-Dron Mavic 2 Zoom

El Mavic 2 Zoom es estupendo para obtener perspectivas dinámicas. Cuenta con un sensor de 1/2.3 pulgadas y 12 megapíxeles capaz de hacer zoom de hasta cuatro aumentos, e incluye zoom óptico de dos aumentos (24 mm - 48 mm), para tener más opciones creativas de fotografía aérea, gracias a esto se logra trabajar a través de nubes de puntos, y la fotogrametría trabajando en conjunto con respectivas aplicaciones y software, uno de ellos es el PIX4DMapper. (Drone Prix, 2024)



Figura 2.11-Dron Mavic 2 Zoom

Fuente: Elaboración Propia

3-Softwares

En minería existen diversos programas asistidos por computadora, los que ayudan en gran medida en las distintas tareas que se emplean dentro del rubro minero. El proyecto está enfocado en el área de diseño, y para ello deben de ser considerados softwares especializados en el área de modelación, esto aumenta la información que se sabe del terreno, y ayuda en el cálculo de volúmenes de corte y relleno necesarios a extraer para la nivelación, además, se necesita de programas que son de suma importancia a la hora de ejercer levantamientos topográficos, lo son así los programas de operación de drones.

3.1-AutoCAD Civil 3D

El Software AutoCAD Civil 3D, cuenta con las características deseadas para la ejecución de diseño y modelado en 3D. Permite plasmar los datos obtenidos del terreno, mediante el uso de comandos, algunas de las funciones de Civil 3D son:

- Agiliza los flujos de trabajo de diseño y documentación

Entrega documentación de diseño y construcción para proyectos de carreteras y autopistas, diseño de emplazamientos, rieles y puentes. Reduce el tiempo total de diseño con un modelado más rápido de superficies, obras lineales, terreno y mucho más.

- Aumenta la eficiencia gracias a la integración perfecta de GIS

Agiliza el proceso de incorporación de datos geográficos a los diseños, garantiza una ubicación geográfica precisa de los activos, realiza análisis para la planificación y visualiza contextualmente los diseños. (Autodesk, 2024)

En este proyecto AutoCAD Civil 3D ayudará específicamente en la modelación del terreno y el diseño del estacionamiento, brindando información sobre las curvas de nivel del sector, permitiendo saber la cantidad de material que debe ser extraído o agregado. Para garantizar un buen cálculo de las cantidades de corte y relleno es necesario considerar la fórmula que se indica a continuación:

$$V: (\frac{S1 + S2}{2}) * D$$

Ecuación 3.1-Ecuación de cálculo de volúmenes para corte y relleno

Fuente: (Hernández, 2013)

Donde:

V= volumen (ya sea de corte o relleno)

S1= Superficie 1= área del perfil 1

S2= Superficie 2= área del perfil 2

D= Distancia del perfil

3.2-Dji PILOT

Dji Pilot pertenece a un software de navegación y control de vuelo, teniendo una interfaz gráfica de fácil utilización, garantizando así un correcto uso. Esta aplicación sirve para controlar y navegar drones Dji por comandos de navegación por GPS, cuenta con diversos tipos de funcionamiento, dependiendo de las necesidades del usuario. Este programa cuenta con 2 tipos de vuelo (Automático y manual), en el cual puede capturar fotos y videos que son guardadas instantáneamente en una tarjeta de almacenamiento SSD. (Adrián, 2024)



Figura 3.1-Dji PILOT

Fuente: Elaboración propia

3.3-Pix4DMapper

Pix4Dmapper forma parte de un software de procesamiento de imágenes y videos que permiten modelar en 3d a través de los diversos datos que se obtienen desde la "nube de puntos". Este programa facilita de gran manera la recreación de un área tanto en formato 2D como en 3D con una alta calidad de resolución. La aplicación Pix4d Mapper cuenta con diversas funciones, en la cual, permite al usuario poder analizar de forma minuciosa un terreno en específico, tomando en cuenta su área, volúmenes, entre otros detalles que se encuentren dentro del terreno evaluado. Por consiguiente, se obtiene una recreación detallada del terreno evaluado, de esta forma. (Pix4D, 2024)



Figura 3.2- Pix4DMapper

Fuente: Pix4Dmapper

3.4- Global Mapper

Global Mapper es una aplicación de sistema de información geográfica (SIG) potente y asequible que combina una gama completa de soluciones de software para el procesamiento de datos espaciales y proporciona acceso a una serie de formatos utilizados en el mundo de AutoCAD, SIG y la ingeniera. Esta aplicación permite el procesamiento de datos en 3D, mediciones de volúmenes, optimización en cálculos de corte y relleno, Etc. (Geo Oil Energy, 2024)

- Soporta más de 300 formatos de datos espaciales.
- Ofrece un conjunto completo de herramientas de creación y edición de datos
- Proporciona una capacidad de visualización y análisis en 3D de última generación.



Figura 3.3- Global Mapper

Fuente: (Geo Oil Energy, 2024)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1-Enfoque y carácter metodológico empleado

Durante el proceso de recolección de datos es de suma importancia mantener un orden cronológico en los pasos establecidos para la finalización del objetivo general del proyecto, por lo que, para lograrlo se deben de utilizar métodos de estudio, en este caso se utilizaron metodologías tanto cualitativas como cuantitativas, las cuales serán empleadas de principio a fin, durante el tiempo de ejecución del proyecto, desde el reconocimiento del terreno, los levantamiento topográficos hasta la modelación del proyecto comentado, y desde este punto de vista, el proyecto tiene un enfoque descriptivo, pues se basará en la descripción de características del terreno en cuestión, describiendo de forma visual y caracterizando mediante cálculos detalles únicos y necesarios para la ejecución del diseño del estacionamiento.

3.2-Reconocer el terreno para obtener información y características propias del lugar, determinando los equipos topográficos necesarios para la obtención de datos

El reconocimiento del terreno es uno de los principales, y también uno de los más importantes de los pasos que se deben de emplear para la caracterización y descripción de lo que se visualiza. La caracterización del terreno parte con la visualización general del lugar, verificando la forma del terreno, los relieves, escombros y todo lo que se pueda observar a simple vista, esto sirve para determinar si el terreno debe ser nivelado a través de métodos de corte y relleno, lo que es bastante importante a la hora de diseñar una construcción en una superficie natural.

En el sector oriente de la sede de universitaria de Vallenar, específicamente el lugar localizado entre las calles Atacama y Libertad, se encuentra un terreno baldío y sin un uso adecuado. Para poder realizar el objetivo de reconocimiento se tomaron fotografías del sector, con cámaras celulares, de esta forma se obtiene una evidencia digital, la cual es revisada posteriormente, además se realizó un croquis del sector, en el cual se destaca la infraestructura y estructura básica más cercana al terreno.

Para la correcta determinación de los equipos a utilizar, es necesario considerar las distintas variables que se presentaron, entre estas se rescatan: las condiciones del terreno, el tipo de trabajo que se realizará, la precisión requerida y el presupuesto disponible. Para este proyecto se realizó un levantamiento taquimétrico georreferenciado, junto a el levantamiento fotogramétrico, y en estos tipos de trabajos es necesario utilizar equipos que permitan obtener datos como la distancias, altura, ángulos verticales y horizontales. En trabajos de esta índole es necesario contar con equipos que consideren la ubicación de los puntos, para ello se deben de utilizar las coordenadas geográficas, esto funciona como una complementación a la exactitud de la información que se obtendría de las variables (altura, distancias, ángulos, etc.).

Para una correcta selección de los instrumentos, se utilizó una tabla de Excel, en la cual se verificaban los equipos topográficos ideales óptimos a utilizar, para ello se consideraron las variables anteriormente comentadas. Para cada equipo se le agregó un puntaje según las características, donde un puntaje de uno significa “poco favorable”, un puntaje de dos, “medianamente favorable”, y finalmente, el puntaje de tres, “favorable”, los equipos con un puntaje mayor o igual a quince fueron seleccionados para la ejecución del proyecto, además se consideraron los instrumentos auxiliares con los que trabaja cada equipo.

Variables	Tipo de levantamiento a ejecutar			Área de levantamiento	Precisión requerida	Disponibilidad del equipo	Total, Puntaje
Características del Trabajo	Altimetría	Planimetría	Fotogrametría	Corta distancia	Alta		
Nivel topográfico							
Distanciómetro							
Estación total							
Teodolito electrónico							
Taquímetro							
Dron							
GPS							

Tabla 3.1- Selección de equipos

Fuente: Elaboración propia

3.3-Materializar en el área de estudio el punto de amarre georreferenciado, en base a estación activa geodésica emplazada en la ciudad de Vallenar, para la instalación de los instrumentos topográficos

Antes de dar comienzo al levantamiento topográfico en sí, fue necesario ubicar los puntos de amarre para la instalación de los equipos, y su posterior uso para la toma de datos. Los mencionados puntos se marcaron con clavos SDM o también conocidos como clavos de disparo, los cuales sirvieron de referencia para el emplazamiento de los instrumentos, estas marcas fueron localizadas en lugares estratégicos, contemplando de esta forma la totalidad del área de estudio, en este caso, se utilizaron dos puntos estratégicos, cada uno ubicado en la esquina cercana a la berma peatonal del sector, abarcando en gran medida la vista completa del terreno.

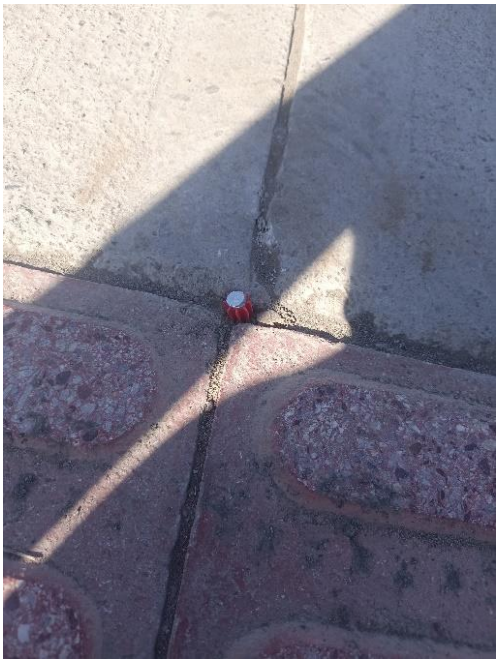


Figura 3.1- Marca Estación 1

Fuente: Elaboración propia

Para hacer posible el marcaje de estos puntos fue necesario su localización georreferenciada, en este caso se utilizaron equipos con georreferenciación por GNSS, en específico se utilizó el receptor GPS Sanding Venus T3 junto al colector de mano. El proceso comenzó con el remache de un clavo SDM en uno de los puntos que visualizaba al área de estudio, a este se le denominó “E1”, lo que significa estación uno. Se instaló el trípode, sobre este se montó el equipo GPS y se tomó la altura, un dato importante para el posterior proceso de programación, seguidamente se encendió el equipo, y de esta manera se procedió a vincularlo al colector de mano.



Figura 3.2- Receptor GNSS

Fuente: Elaboración propia

Se programó al equipo de datos (figura 2.8.2) para que pueda recolectar la ubicación del punto en base al receptor GPS mediante la estación activa emplazada en la ciudad de Vallenar, indicándole específicamente que se haría un levantamiento topográfico. Una vez ubicado “E1”, se agregó la altura instrumental, de esta forma se lograron obtener las coordenadas UTM y la elevación del punto “E1”, datos muy importantes para el siguiente proceso de levantamiento topográfico.



Figura 3.3- Colector de mano H6

Fuente: Elaboración propia

Para el marcaje del segundo punto, denominado “E2”, se realizó el mismo procedimiento, primeramente, se fijó el clavo de tiro en el punto estratégico, seguidamente se tomaron los datos, con la diferencia de que las configuraciones del equipo ya estaban establecidas, lo que facilitó el trabajo.

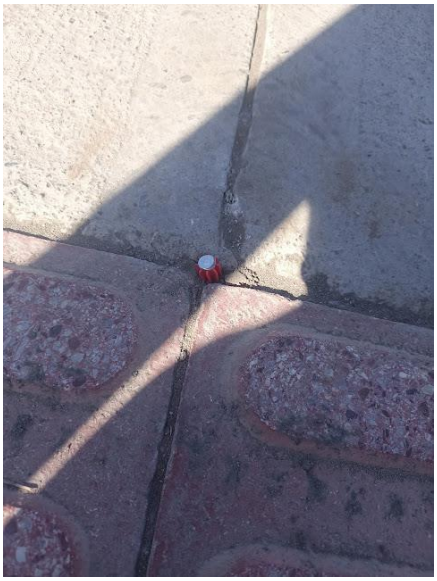


Figura 3.4- Marca estación 2

Fuente: Elaboración propia

Antes de finalizar el marcaje de puntos, se decidió exportar los datos obtenidos por el colector de mano a un correo en formato Excel, estos fueron ordenados en una tabla.

Puntos	Norte	Este	Elevación	Latitud	Longitud	Altitud	HRMS	VRMS	Fecha local
Pt1									
Pt2					-				

Tabla 3.2- Datos de los puntos “E1” y “E2”

Fuente: Elaboración propia

3.4- Ejecutar levantamiento topográfico, planimétricos altimétrico y fotogramétrico en el área de estudio, mediante el uso de los respectivos equipos, con la información recopilada se procede a realizar la modelación del terreno en los respectivos softwares.

Para la realización de este objetivo, se llevó a cabo la creación de tres etapas, primeramente, se realizó el levantamiento taquimétrico, los datos otorgados por este trabajo corresponden a datos planimétricos y altimétricos. Como segunda etapa, se realizó proceso de fotogrametría con dron, y el modelado 3D en el software PIx4Dmapper del terreno. Finalmente, la última etapa corresponde al traspaso de los datos obtenidos por los levantamientos a Civil 3D, considerando además las construcciones básicas cercanas al área de estudio.

3.4.1-Ejecución del levantamiento taquimétrico

Para el comienzo de este proceso, se instaló un trípode en el punto comentado anteriormente, denominado “E1”, sobre este se montó la estación total. El equipo anteriormente mencionado fue encendido y para que este trabaje en las óptimas condiciones, fue necesario fijarlo de manera manual y de forma vertical sobre el trípode de manera que este se encontrará de forma perpendicular al punto, para que este se encontrará bien posicionado y más preciso sobre la marca, se usó el láser que contiene el instrumento, el cual se utilizó para mantenerlo sobre el punto, esto proporcionó una mayor exactitud en la instalación. Posteriormente, se niveló la estación, a través de sus niveles, entre estos se encontraba el nivel circular y tubular, estos se encontraban de manera digital.



Figura: 3.5- Instalación Estación Total

Fuente: Elaboración propia

Para poder recopilar los datos del terreno, se configuró al equipo, seleccionando la función de topografía general, en esta sección fue necesario la creación de un nuevo archivo, nombrado “Tesis estacionamiento”, en el cual la información recopilada sería guardada. Una vez finalizado este paso, se ingresaron las coordenadas UTM pertenecientes a “E1”, la cual fueron tomadas por el equipo GPS en el anterior proceso, esto se realizó con el fin de tener una ubicación de punto de partida, además, se ingresó la altura instrumental, un dato importante, ya que permite finalizar la configuración de datos de la estación uno.

El siguiente paso a realizar fue la ubicación de un punto de calaje, también conocido como un punto de visualización de partida, en este caso se consideró el punto “E2”, el cual se encontraba al Norte del punto “E1” en la vereda peatonal. Antes de tomar los datos correspondientes de este punto, se configuró el equipo y se agregó en, “nombre punto de referencia” la abreviación de “E2”, para que este, de forma automática, reconociera que los datos que se ingresarían y los que se tomarían, pertenecen al segundo punto. Después de configurar el instrumento, y con ayuda de un alarife, se procedió a la toma de datos de “E2”, para que esto fuese realizado, se usó del jalón y el prisma, los cuales fueron ubicados en el punto antes mencionado de manera vertical y nivelada por el nivel circular que este contenía, mientras el accesorio topográfico era sostenido por el alarife, se apuntó con el dispositivo electrónico hacia el prisma, de esta forma y con el guardado de la información en el equipo, es como se llevaría a cabo la finalización de la toma de datos de la estación dos.

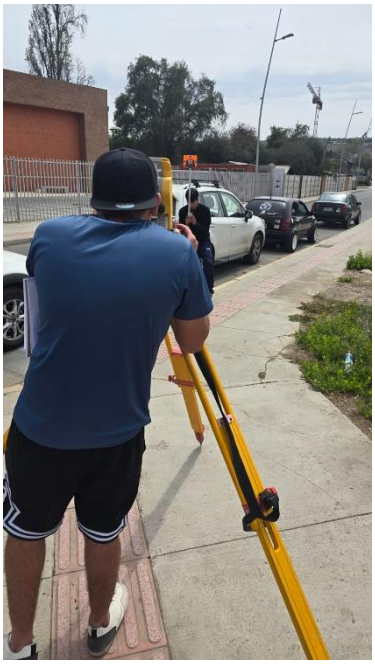


Figura 3.6- Recolección de datos con Estación y Prisma

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la toma de datos de los primeros puntos, se procedió a recopilar los datos de ubicación del perímetro del sector, en otras palabras, se tomó la ubicación de los puntos del contorno y de las estructuras e infraestructuras básicas del lugar, esto para garantizar información de todo lo que podría perjudicar en algún sentido al diseño. Comprendiendo lo comentado, se decidió comenzar por el sector de la berma peatonal del terreno, en esta se tomaron dos puntos cada cierta distancia, una pertenecía a la solera, mientras que la otra pertenecía a la berma, esto se hizo con el fin de conocer la diferencia de nivel que existía entre estos puntos. En este punto, el alarife, se encontraba en la misma dirección en la que se tomó el punto "E2", con la diferencia de que esta vez se tomaría los datos de la solera. El operador de la estación total debió realizar el proceso de creación de un nuevo punto y agregarlo al software del dispositivo, de esta manera, el equipo sabría que los datos que se tomarían pertenecen a aquel punto, en este caso, se abrevió la palabra solera a "S". Seguidamente se tomaron puntos de la Berma, esta fue designada con la abreviación de "V", en este proceso se hicieron un total de diecinueve puntos de la solera, mientras que de la berma se hicieron ocho. Luego de tomar los datos anteriormente dichos, se procedió a tomar los datos de la infraestructura, en este caso se comenzó con la ubicación de la cámara de drenaje (designado "CM"), continuando, se tomaron datos de ubicación del poste ("P"), de los dos letreros ("LT"), del cerco ("SR"), del muro ("M") y de los de relleno ("R"), estos últimos correspondían al terreno en sí. Finalizando este proceso, se guardaron todos los datos obtenidos en la memoria del almacenamiento correspondiente a la estación total, de esta forma se procedió a mandarlo a un correo en formato de archivo CSV.

3.4.2-Ejecución del levantamiento fotogramétrico

3.4.2.1-Vuelo con dron

Para llevar a cabo el levantamiento o vuelo de dron, primeramente, se debe de poseer un dispositivo móvil el cual contenga el software de manejo para dron. Dji pilot se utilizó para poder vincularse con el dron que se poseía, para ello se ingresó a la plataforma a la vez que se encendía el equipo. En la plataforma se seleccionó el dron Mavic 2 Zoom, y una vez vinculado con el software, se creó un nuevo archivo al cual se le indicó que se trabajaría con una malla simple y doble, para un modelado 3D, dando la distancia de altura y la malla a trabajar, en este caso se define el área a volar, para ello se construyó una trayectoria o ruta de vuelo según el polígono del terreno, por lo que se seleccionó una ruta de vuelo que contemplaba la totalidad del área de interés, además se configuró la opción de "ruta fotogramétrica". Luego de contemplar que todo estaba en óptimas condiciones para trabajar, se procede a iniciar el vuelo del dron, este inicia el trabajo desde un punto de partida establecido, y al finaliza a este mismo punto llegaría. El equipo no era manejado como tal por el usuario, pues el vuelo se realizó de manera automática según los parámetros anteriormente aplicados.



Figura 3.7-Vuelo del dron

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2-Modelado con Pix4dMapper

Ya obtenidas las imágenes del proceso de fotogrametría, el siguiente paso a realizar fue el procesamiento de estas, esto se hizo con el fin de poder aportar de manera visual al siguiente proceso de modelado en Civil 3D.

El procesamiento se realizó en software Pix4Dmapper, donde primeramente se ingresó a la aplicación y se creó un nuevo proyecto, es entonces que se exportaron las fotos tomadas por el dron. Luego de que se cargaran las imágenes, se seleccionó el tipo de trabajo a ejecutar, en este caso fue un modelado 3D.

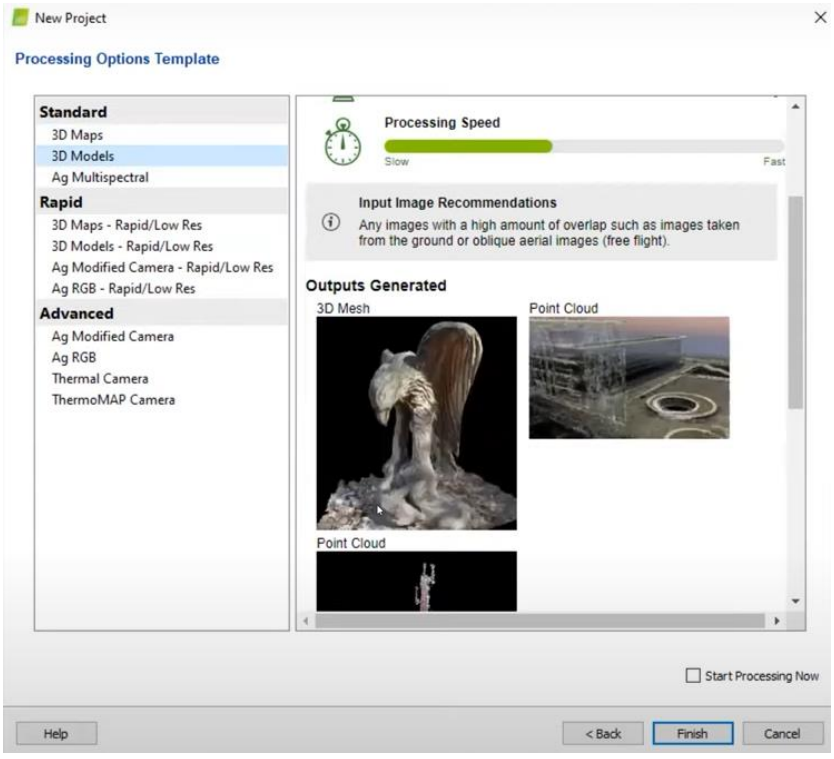


Figura 3.8-Selección del tipo de trabajo a ejecutar

Fuente: Elaboración propia

El procesamiento del modelado 3D se dividía en tres etapas, aquellas eran:

1. Procesamiento inicial
2. Nube de puntos y malla
3. MDS, ortomosaico e índices

En la primera etapa se visualizaban los puntos en los cuales el dron tomó las fotos, además esto se encontraba georreferenciado, lo que aportó además una vista sobre el terreno donde se efectuó la fotogrametría. En el procesamiento de la segunda etapa, el resultado que se consiguió fue el modelado 3D, a partir de la nube de puntos, y ya finalizando, la tercera etapa arrojó el ortomosaico, que vendría siendo, el resultado final que se obtiene después de procesar las imágenes. Esto se consigue, a través de varias fotos de alta calidad obtenidas por el dron DJI Pilot, la unión de todas estas fotos da como resultado el mapeo ortomosaico.



Figura 3.9- Procesamiento inicial

Fuente: Elaboración propia

Para que el proceso culminara, fue necesario transformar el formato del proceso efectuado por Pix4Dmapper, pues este era “TIF”, el cual no puede ser abierto por Civil 3D, es en este momento que se debió de utilizar otro software para poder cambiar el archivo a un formato que si se pudiera abrir.

Global Mapper fue utilizado para transformar el archivo en “ECW”, el cual si podía ser abierto por la plataforma de diseño. Para esto, se seleccionó el ortomosaico efectuado en la etapa tres y se movió a Global, el proceso fue simple, ya que, dentro de la aplicación solo se buscó la opción de exportar, se ubicó una carpeta y se seleccionó la opción de “ECW”. Después, desde el Civil 3D, se seleccionó la opción de importar, se buscó el formato anteriormente comentado y se importó.

Cabe recalcar que este proceso se realizó con la intención de diseñar el estacionamiento sobre una vista más realista, el proceso es terminado por la etapa de diseño en civil 3D.

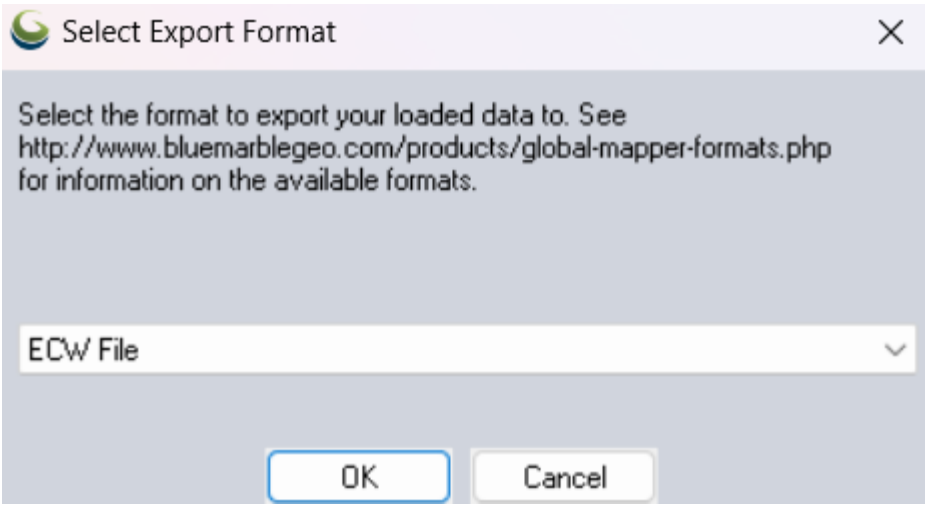


Figura 3.10- Selección de tipo de archivo para exportar desde “Global Mapper”

Fuente: Elaboración propia

3.4.3-Modelación del terreno en Civil 3D

Esta etapa tiene la finalidad de obtener las curvas de nivel del terreno para verificar la cota en la que se debe de extraer o rellenar mineral, para obtener una planicie en el sector. La etapa se subdividió en tres procesos, primeramente, el modelado y traspaso de los puntos obtenidos en la etapa del levantamiento taquimétrico, seguidamente la realización de las curvas de nivel del lugar, y para finalizar, las vistas de perfil que ayudarán a calcular las cantidades de corte y relleno.

3.4.3.1-Modelado del terreno

Para comenzar, se procedió al traspaso de los datos recopilados en el levantamiento taquimétrico. Previo a la importación en el software, los datos obtenidos mediante la estación total se descargaron y se transcribieron en un block de notas (documento TXT), siguiendo un formato específico que incluía la siguiente información: Numeración del punto, coordenada norte, coordenada este, Azimut y nombre o abreviatura del punto. Posteriormente, los datos del block de notas fueron traspasados a una hoja de cálculo de Excel, lo que permitió organizar los datos recopilados de manera correlativa y más detallada. Para terminar de ordenar los datos de los puntos, se modificaron los datos de Excel a block de notas, ya que el siguiente paso es la importación a Civil 3D, y este software admite archivos un formato en específico.

Para iniciar el trabajo con el software Civil 3D, se configuró la aplicación según los requisitos del proyecto. Se seleccionó la opción de trabajo "Civil" y luego se importaron los puntos previamente ordenados, que habían sido organizados en una estructura específica, para ello se modificó al software para permitir “leer” los datos del block de notas, para ello y en la opción “Settings” se configuro la opción de un “Point”, seguidamente se importaron los datos en el formato de: punto, coordenada norte,

coordenada este, Zeta y descripción delimitadas por espacios, abreviadamente es PNEZD (delimitado por espacios). Luego de este paso, el software nos pide el documento con este formato, luego se selecciona el block de notas ordenando precisamente, en la configuración anteriormente dicha.

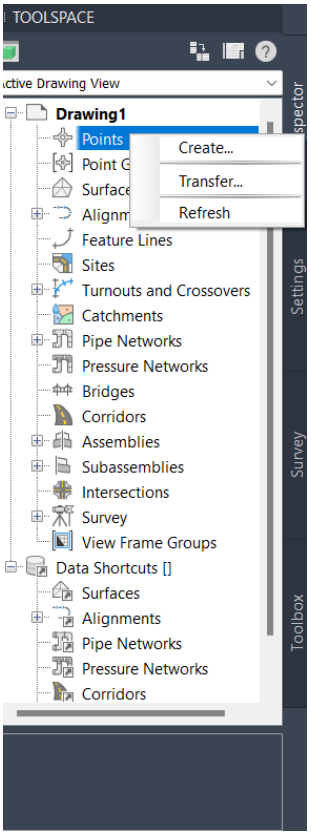


Figura 3.11-Creación de proyecto de los puntos

Fuente: Elaboración propia

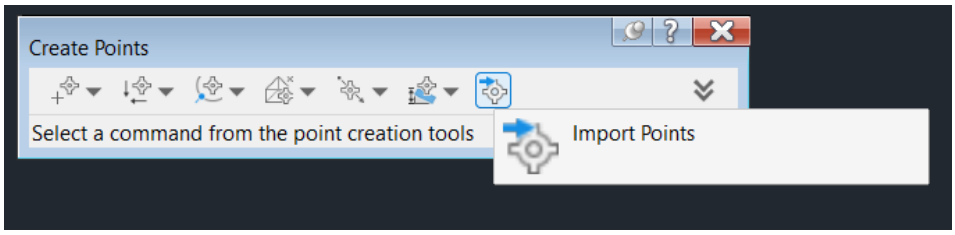


Figura 3.12-Importación de puntos en block de notas

Fuente: Elaboración propia

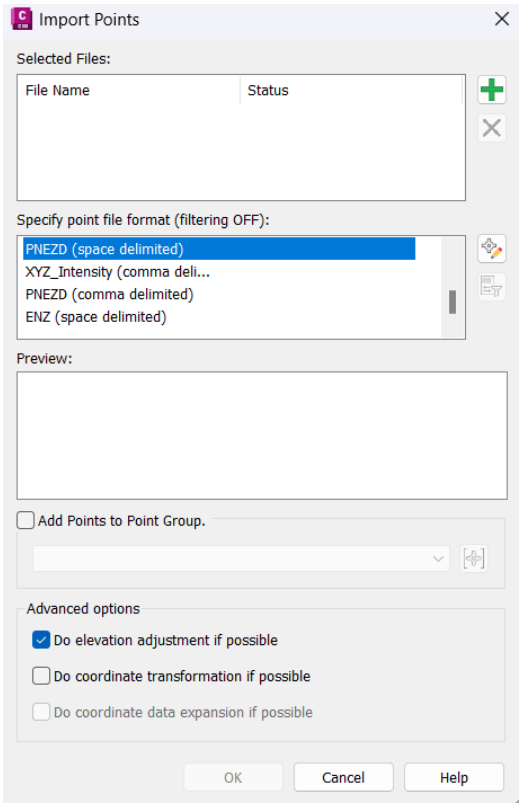


Figura 3.13-Selección del archivo PNEZD (delimitado por espacios)

Fuente: Elaboración propia

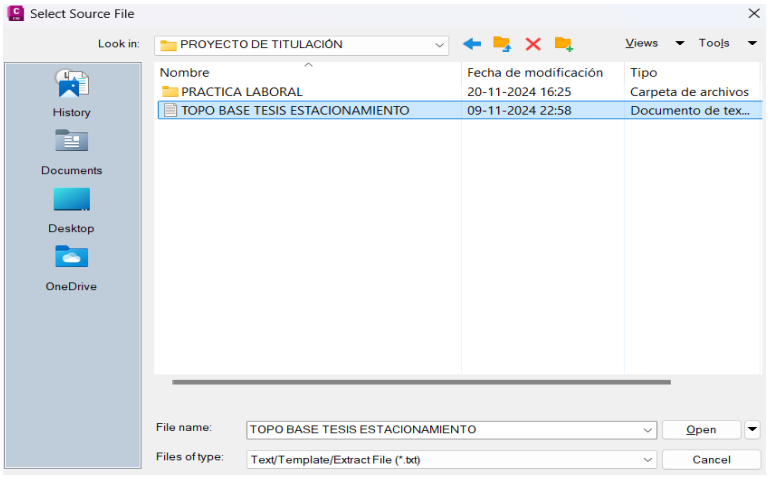


Figura 3.14-Selección del archivo con los datos de los puntos

Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el archivo requerido, se aplicó un comando para que los puntos se visualizaran en Civil 3D, el cual fue:

Letra Z+ espacio +Letra E+ espacio

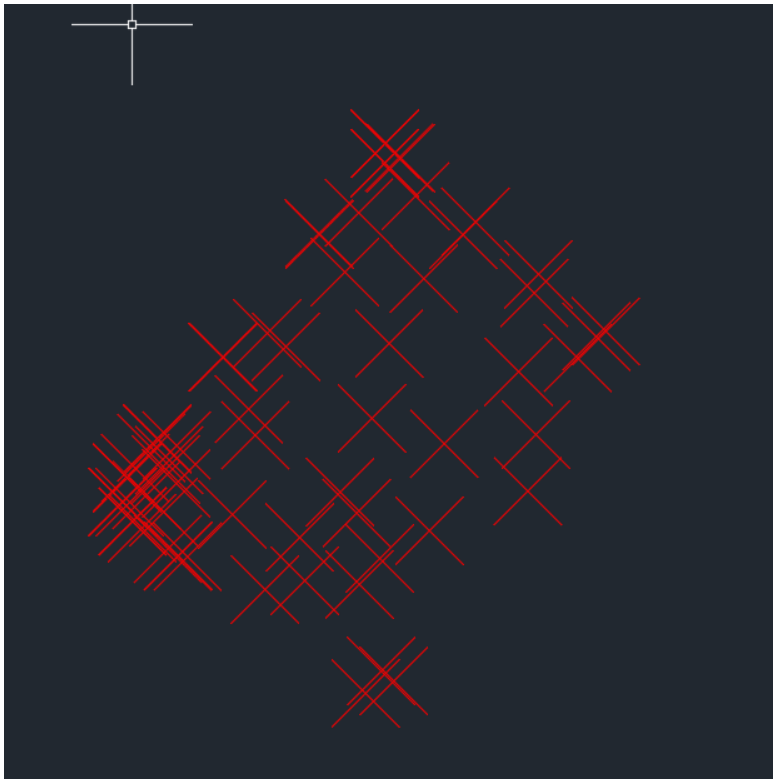


Figura 3.15-Visualización de los puntos de forma general

Fuente: Elaboración propia

Para que en los puntos se pudiera verificar la numeración, la cota de elevación y la abreviación que se le asignó a cada uno, se modificó la configuración en la opción “all points”, seguidamente “properties”, y finalmente seleccionando la característica de “punto, elevación descripción”, de esta forma los puntos obtendrían los datos mencionados.

El siguiente paso a realizar fue el dibujado de los puntos, para ello se agregaron los llamados “layers”, y este fue diferente, en vista para cada punto, pues todos debieron de ser diferenciados por un color distintivo para evitar equivocaciones. Por ejemplo, los dos puntos de partida, denominados “E1” y “E2”, fueron de un color en especifico, asi mismo para los de la solera, la berma, la camara de drenaje,el muro, etc. Despues de asignar el color, se procedió a trasar las lineas en los puntos correspondientes.

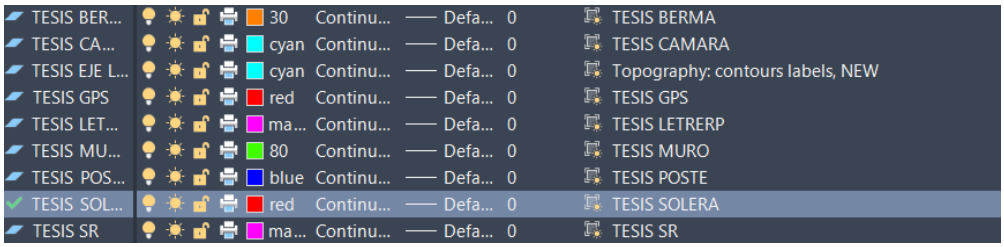


Figura 3.16-Nombre de los puntos y su respectivo color

Fuente: Elaboración propia

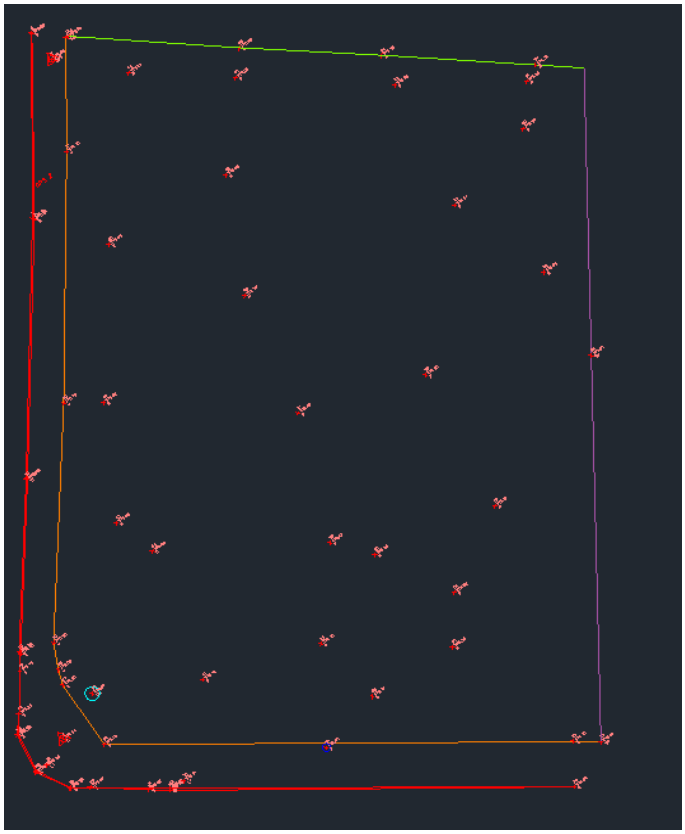


Figura 3.17-Trazado de líneas por punto de ubicación

Fuente: Elaboración propia

Ya en este punto es donde el terreno en cuestión va tomando la forma superficial que tiene. Continuando con el proceso, lo siguiente fue corroborar si los puntos trazados calzaban con los deslindes y delimitaciones del área, para ello, debió de traspasar las líneas establecidas a Google Earth, por lo que se debieron apagar los puntos enumerados, para que solamente quedaran las líneas, de esta forma se seleccionaron y se exportaron en archivo KML, ya que la plataforma necesita este tipo de formatos para trabajar.



Figura 3.18-Corroboración del trazado de líneas de los puntos en Google Earth

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.2-Elaboración de las curvas de nivel y perfiles

Continuando con el proceso, el siguiente paso fue la creación de las curvas de nivel. Se selecciono el documento de Google Earth y se guardó en formato “KMZ”, para que de esta forma se pudiera abrir desde Civil 3D. Estando en el software se insertó el formato anteriormente mencionado y comenzó el proceso de creación de curvas de nivel junto con la triangulación, esto serviría para el siguiente proceso de la creación de las vistas de perfiles. Dando comienzo a la creación de las curvas de nivel, se ingresó a la función “Prospector” y se ingresó la opción de “Surface” donde se creó una superficie. En el cuadro emergente, se agregó la abreviatura de “STN” lo que significa, superficie terreno natural.

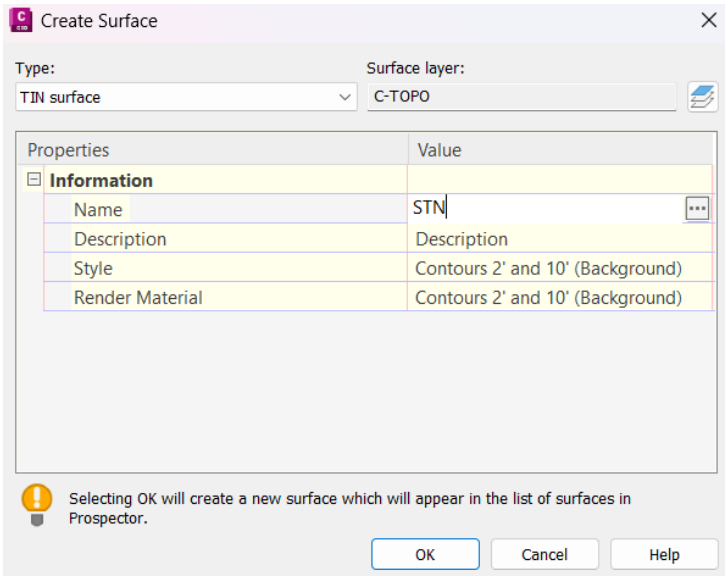


Figura 3.19-Nombre de la superficie para las curvas de nivel

Fuente: Elaboración propia

Como consiguiente, se seleccionó la opción de “Point groups” y en esta se aplicó la función que se encontraba en el recuadro. Lo que resultó en una vista general de las curvas de nivel, ya que el software entrega este resultado por defecto y asignado a metros, lo que no indica muy bien el relieve del sector, para verlo de una forma más detallada se agregó la diferencia que existía entre la solera y la berma la cual se encontraba en centímetros, esto para tener una elevación con punto de referencia, en otras palabras, es como dividir el campo en partes iguales teniendo una referencia más exacta.

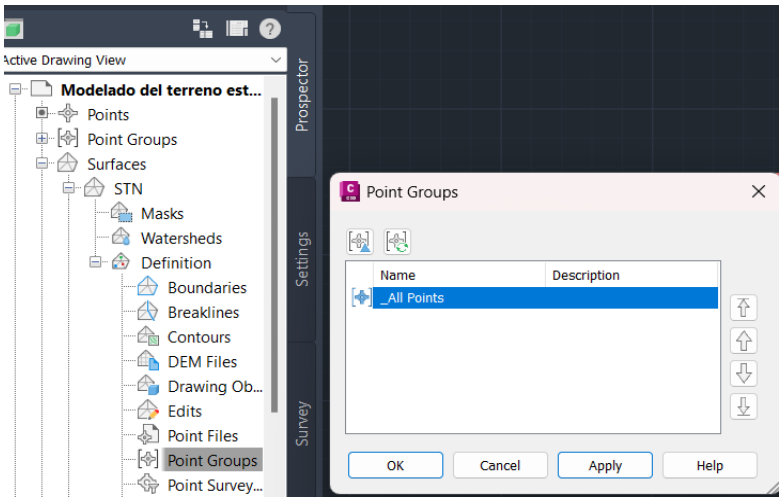


Figura 3.20-Selección de las opciones para la creación de las curvas de nivel

Fuente: Elaboración propia

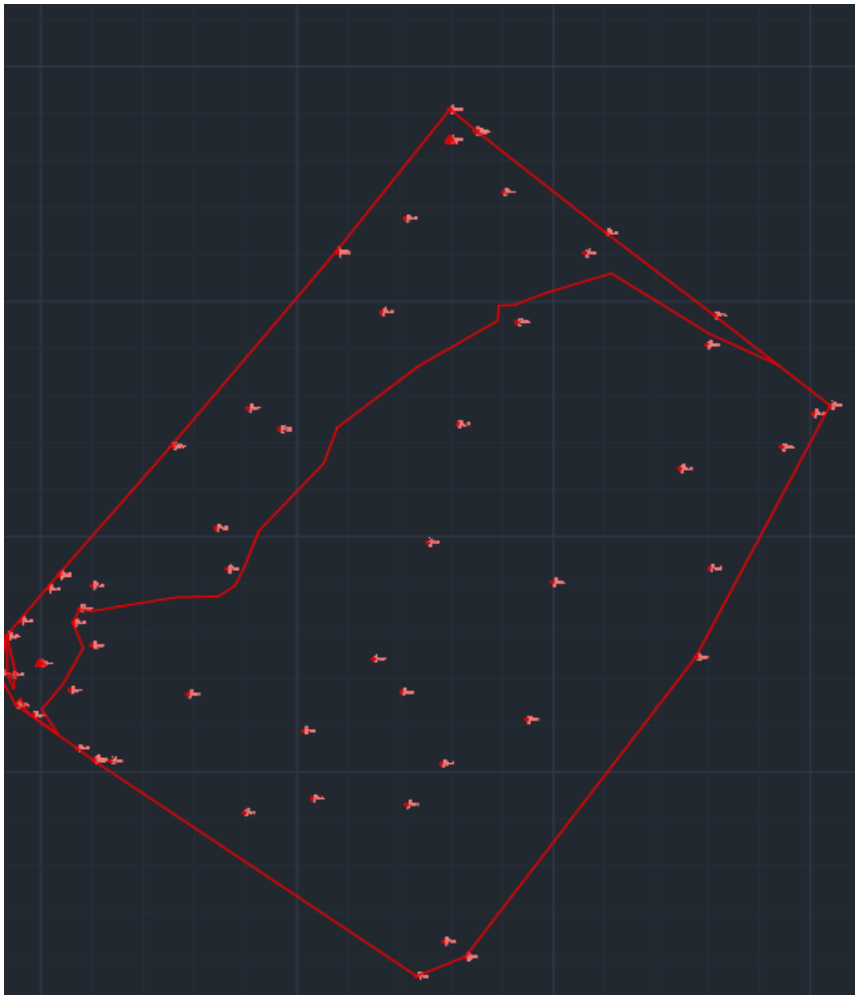


Figura 3.21-Vista general de las curvas de nivel del terreno

Fuente: Elaboración propia

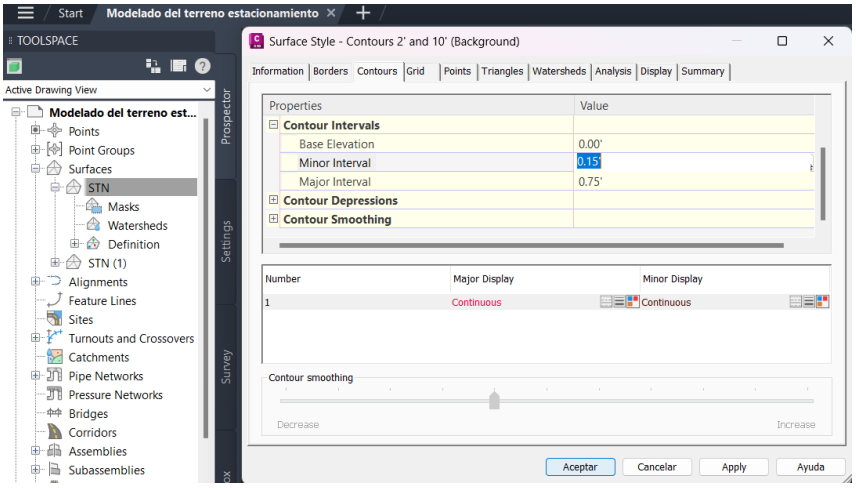


Figura 3.22-Selección de las opciones para la creación detallada de las curvas de nivel

Fuente: Elaboración propia

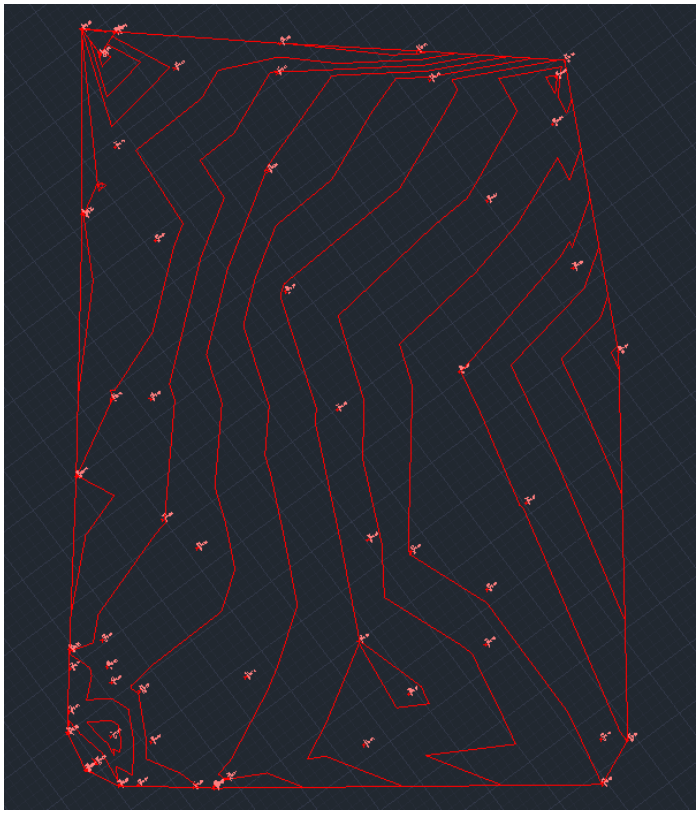


Figura 3.23-Vista detallada de las curvas de nivel del terreno

Fuente: Elaboración propia

Para graficar la triangulación del terreno fue necesario “encenderla”, para ello se editó nuevamente la superficie, y se seleccionó “display”, donde finalmente se presionó el icono del foco y se aplicó, resultando esto en la activación.

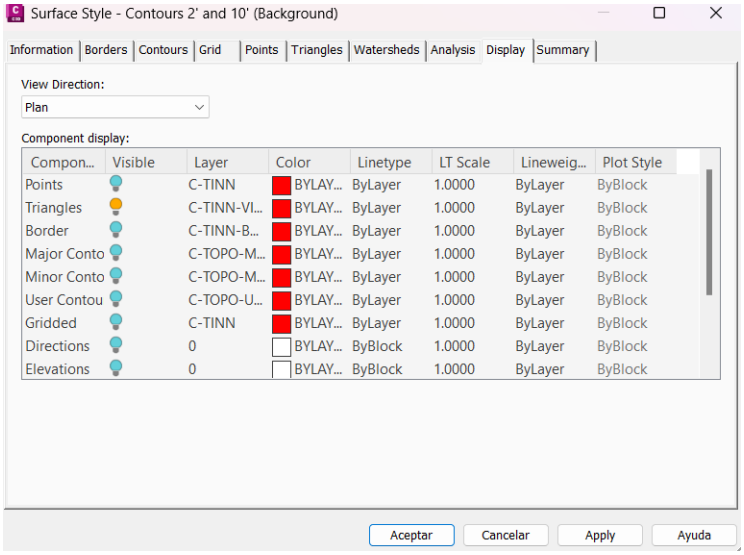


Figura 3.24- Activación de la triangulación

Fuente: Elaboración propia

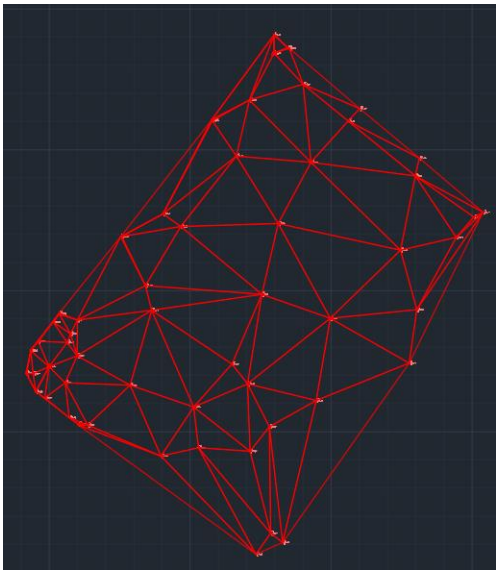


Figura 3.25-Vista de las triangulaciones

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar el proceso de obtención de curvas de nivel y triangulación, fue necesario verificar las cotas en las que se encontraba cada curva, para ello se seleccionó en anotaciones la opción de añadir etiqueta para el contorno, resultando esto en la obtención de las cotas.

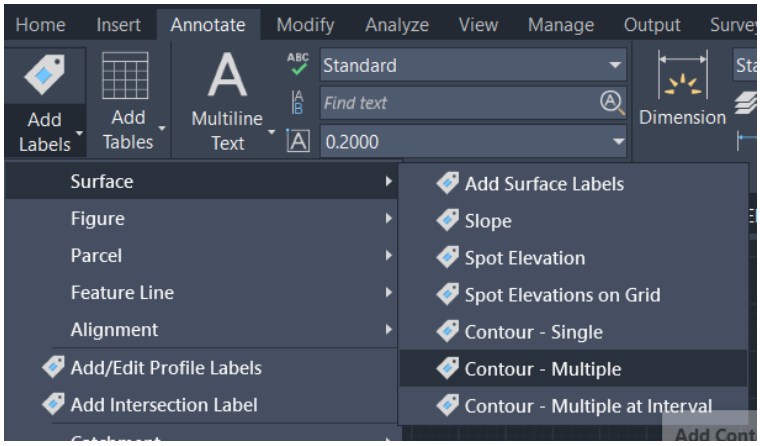


Figura 3.26- Selección de opciones para añadir las cotas de las curvas

Fuente: Elaboración propia

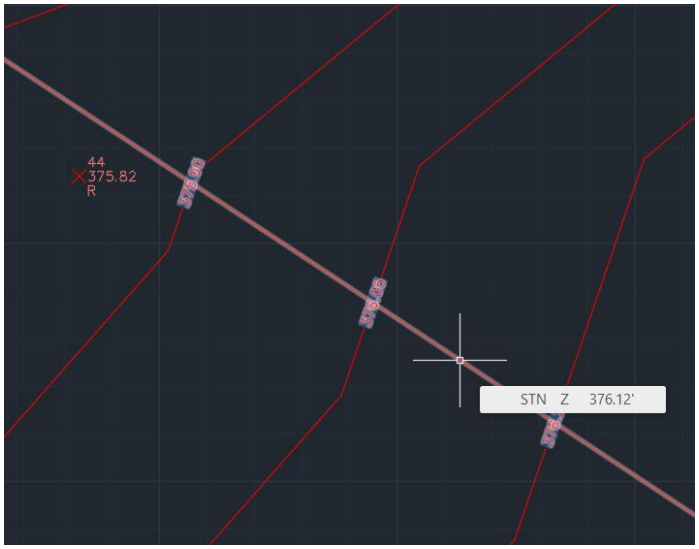


Figura 3.27- Ejemplo de las cotas de la curva

Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizado el proceso de la obtención de las curvas de nivel, se procedió a crear las vistas de perfil del sector, esto se hizo con la finalidad de conocer la cota en la cual se debería de extraer o añadir material para conseguir que el sector sea plano. Primeramente, se creó un "layer" con el nombre de "perfil longitudinal", el cual fue seleccionado y trazado en el área de manera longitudinal, dividiendo en dos partes al terreno, seguidamente se seleccionó la opción de crear alineación a partir de polilínea con el fin de saber la dirección que tiene el perfil creado anteriormente.

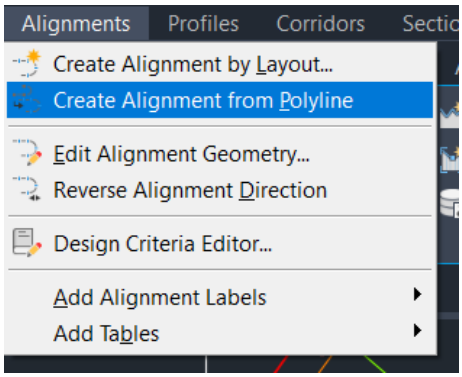


Figura 3.28- Selección de opción para el perfil

Fuente: Elaboración propia

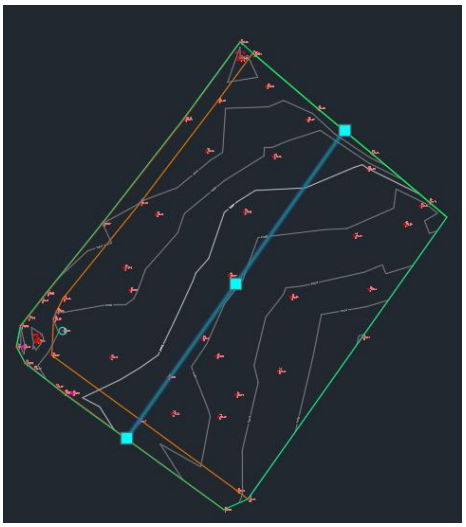


Figura 3.29- División del sector para perfil longitudinal

Fuente: Elaboración propia

Verificando que la dirección del perfil que arrojó el programa era de derecha a izquierda, se modificó para que se observara inversamente, es decir, de izquierda a derecha, esto para tener una noción más cercana a como es el terreno realmente. Se seleccionó la línea creada en el paso anterior y se aplicó el comando “R”, seguido de “Enter”, a este se le cambio el nombre a “PERFIL LONGITUDINAL” y se modificó el radio que estaba por defecto a cinco, de esta manera se tendrían los datos a una escala más detallada. Posteriormente se creó el perfil de la superficie en la opción de “Create profile from surface” y se seleccionó la superficie “STN” y se aplicó la creación del perfil.

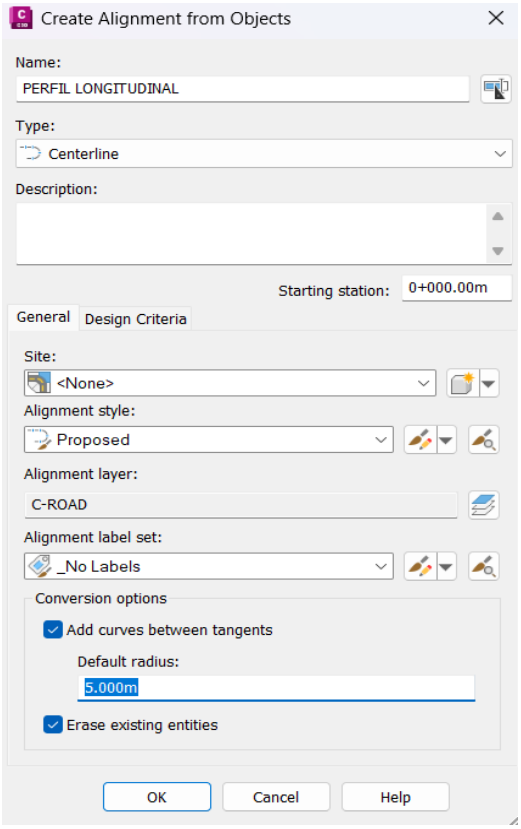


Figura 3.30- Modificación del perfil longitudinal

Fuente: Elaboración propia

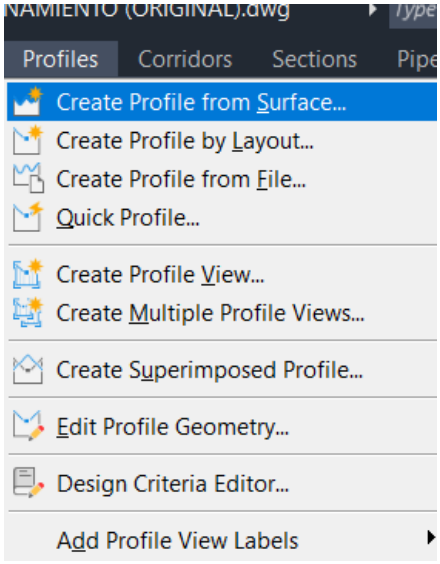


Figura 3.31- Creación del perfil de la superficie

Fuente: Elaboración propia

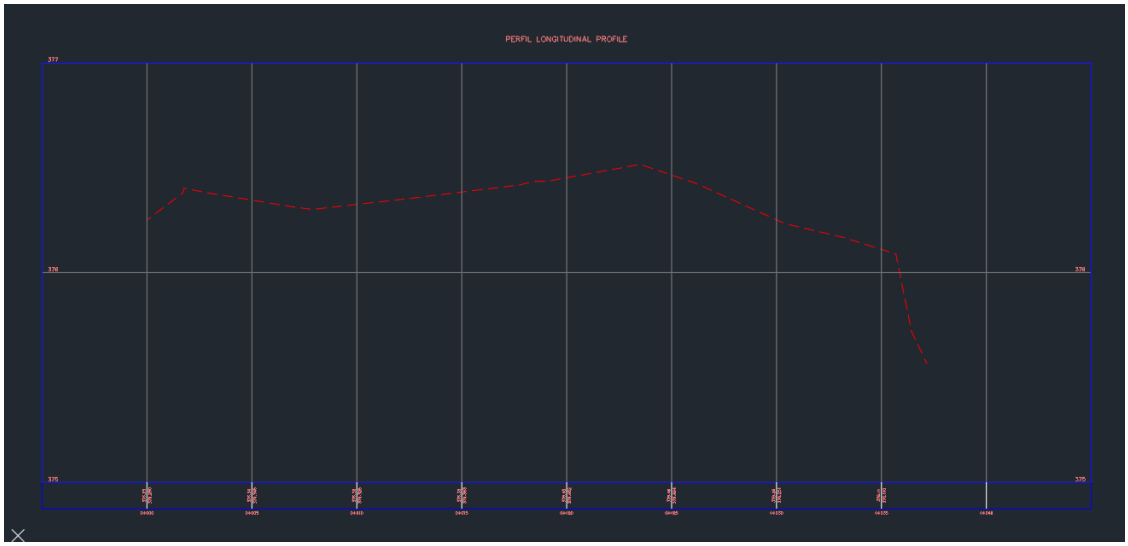


Figura 3.32- Vista general del perfil longitudinal

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue la mejora del perfil creado. Se seleccionó el perfil correspondiente y se accedió a la opción "Edit profile view style". En el cuadro emergente, se accedió a la opción "Vertical axes" y se ajustaron los intervalos predeterminados a veinticinco centímetros, además se accedió a la opción "Grid" y se activó la función "Clip Vertical grid", habilitando todas las funciones correspondientes. Luego, se activó la función "Clip horizontal grid" y se habilitaron todas sus funciones respectivas.

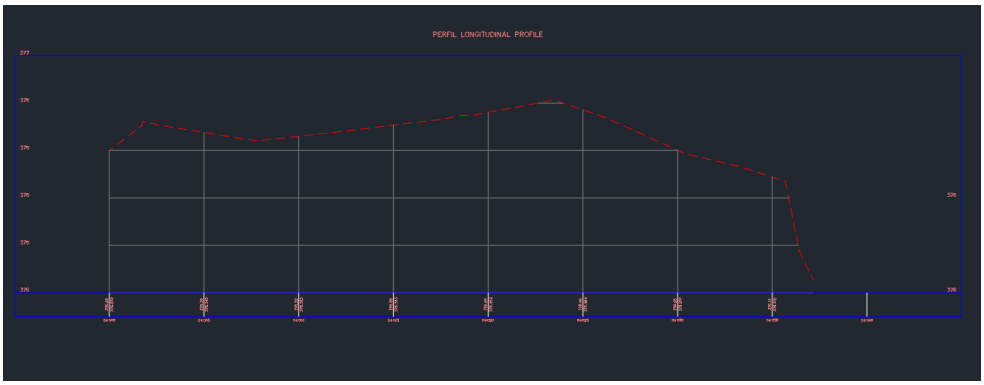


Figura 3.33- Vista detallada del perfil longitudinal

Fuente: Elaboración propia

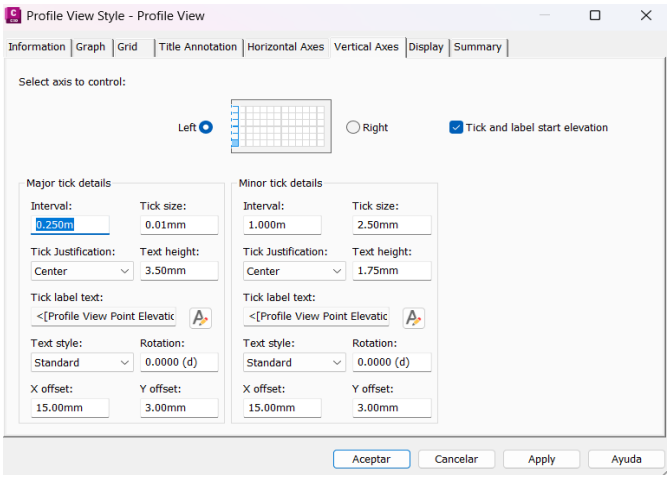


Figura 3.34- Modificación de la opción “Vertical axes”

Fuente: Elaboración propia

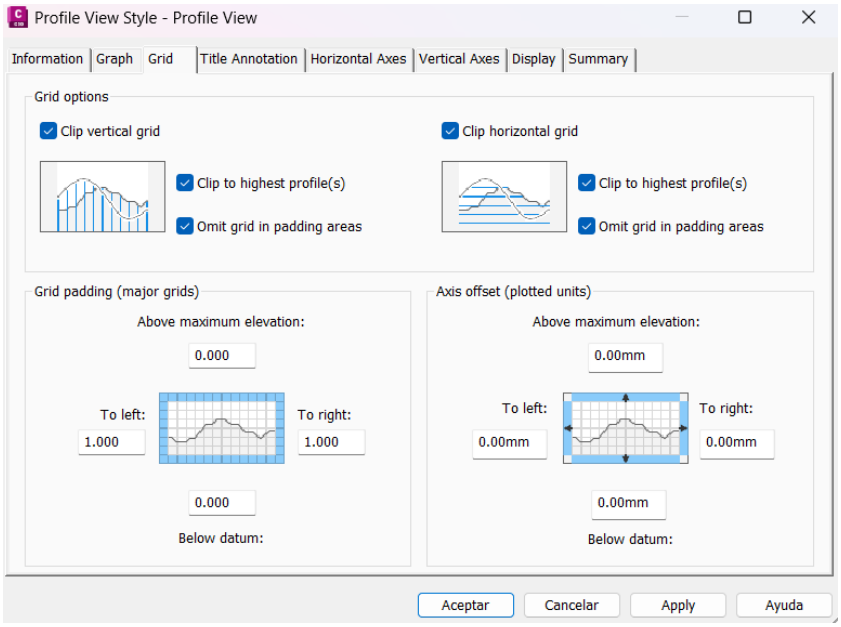


Figura 3.35- Modificaciones en opción “Grid”

Fuente: Elaboración propia

Una vez graficada la vista del perfil longitudinal, el siguiente paso que se realizó fue la creación de los perfiles transversales, para ello, se ingresó a la opción "Section" y se seleccionó la función "Create Sample Lines", de acuerdo con ello, se seleccionó la línea del perfil longitudinal, de esta forma se tendría una noción en partes iguales del terreno para la posterior división de las líneas transversales. En el recuadro emergente, se cambió el nombre a "Perfiles Transversales" y se crearon cinco líneas. Posteriormente, se procedió a la modificación de las líneas creadas anteriormente. Se ingresó a la opción "By Range Of Station" y se ajustó la distancia de las siguientes funciones: "Increment Along Tangents", "Increment Along Curves" y "Increment Along Spirals", estableciendo una distancia de diez metros para cada una.

Además, se cambiaron las opciones que se encuentran en "Additional Sample Controls", que están configuradas por defecto en el sistema. Las opciones modificadas fueron "At Range Start" y "At Range End", en estos se seleccionó “True”.

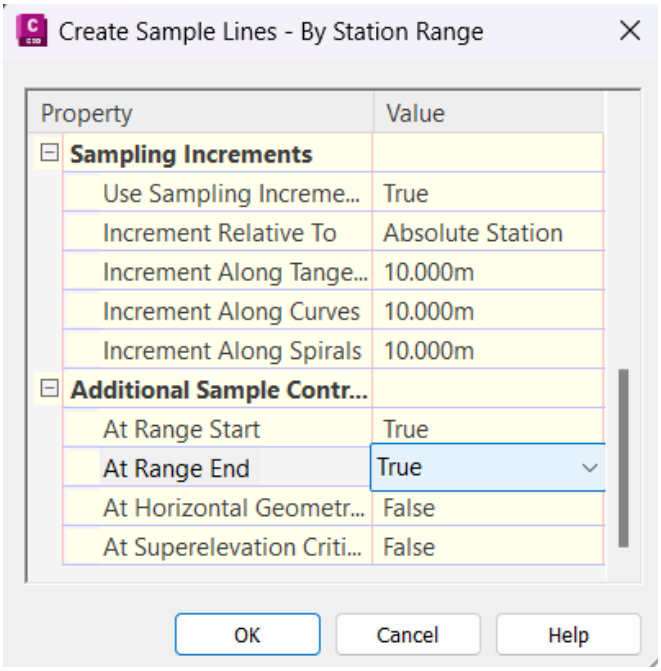


Figura 3.36- Opciones para graficar el perfil transversal

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se accedió a la opción "Section" y, a continuación, a la opción "Create multiple section views". En el cuadro emergente, se seleccionó la función "Section placement" y se cambió a "Draft", lo que permitió considerar todos los perfiles de manera individual. Seguidamente, se ingresó a la opción "Data Bands" y se modificó la opción "Select Band Set", que estaba configurada por defecto en el sistema. Se cambió a "Major Station Offset And Elevations" y se aceptaron los cambios realizados.

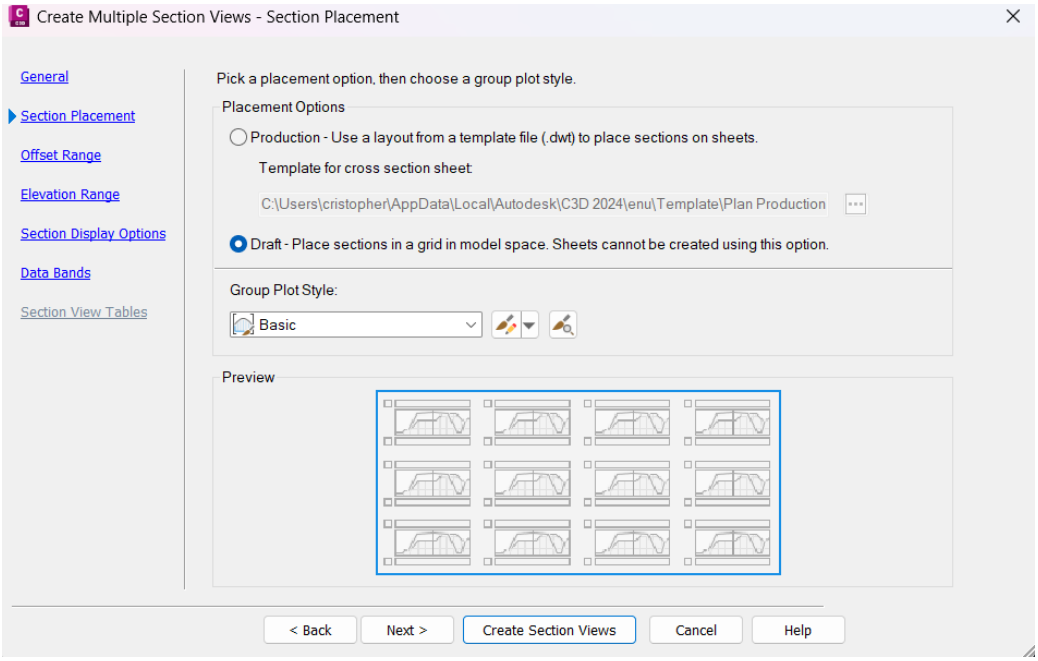


Figura 3.37- Modificación opción “Section placement”

Fuente: Elaboración propia

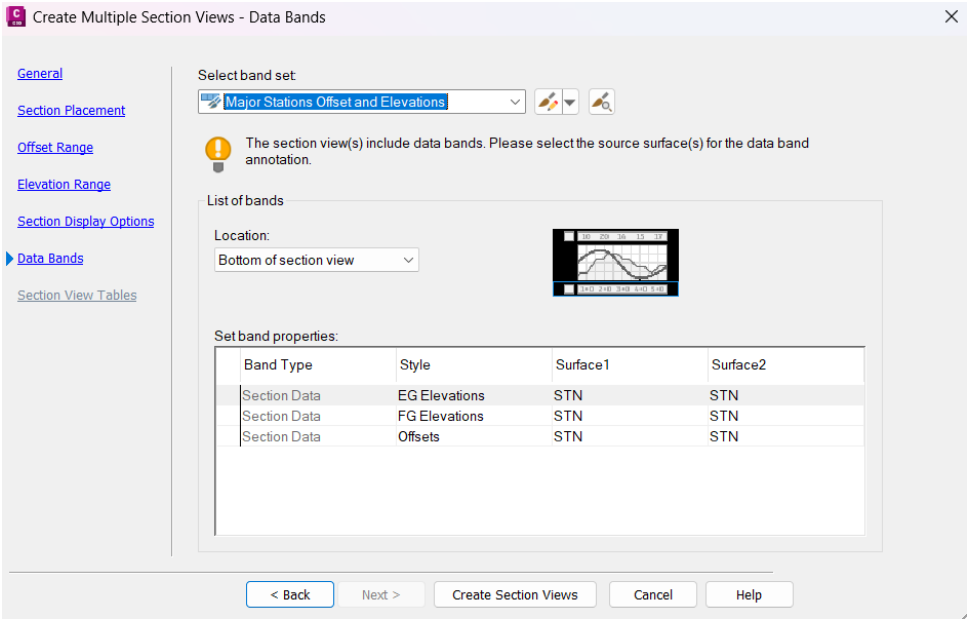


Figura 3.38- Modificación opción “Data Bands”

Fuente: Elaboración propia

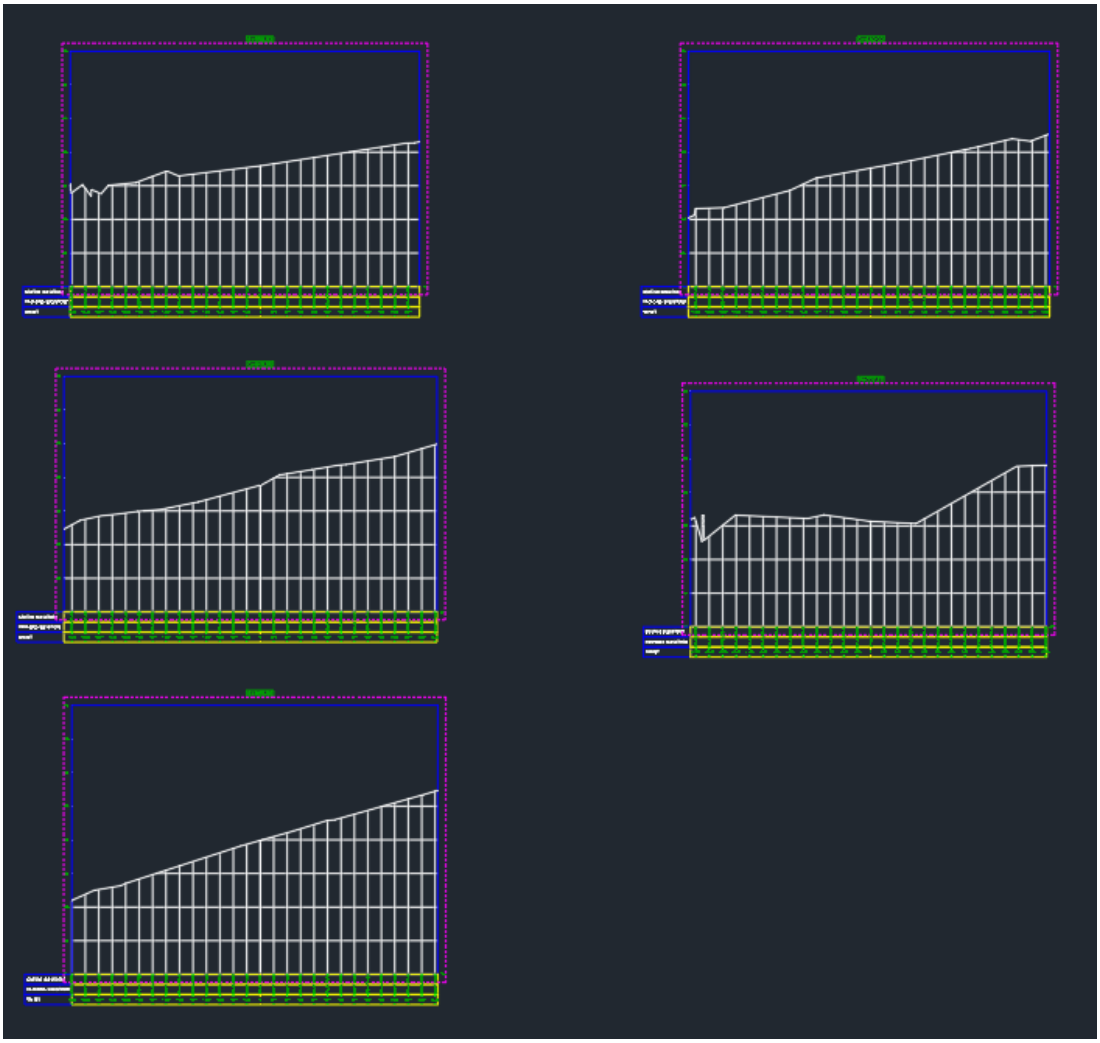


Figura 3.39- Vista general de los cinco perfiles transversales

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3-Obtención de cantidad de material de corte y relleno

El último paso de este proceso corresponde a la recopilación de las cantidades de corte y relleno de material, para ello el primer paso a realizar fue calcular el área de cada perfil, aunque para ello fue necesario considerar la cota en la cual se debería de extraer o agregar el material para conseguir la nivelación del terreno, esta debía ser una misma para cada perfil, en este caso, se consideró la cota trescientos setenta y seis para cada una, y en ese sentido y con una polilínea se seleccionó el contorno desde la cota, hacia arriba, esto para cada vista, resultando en el cálculo automático del área.

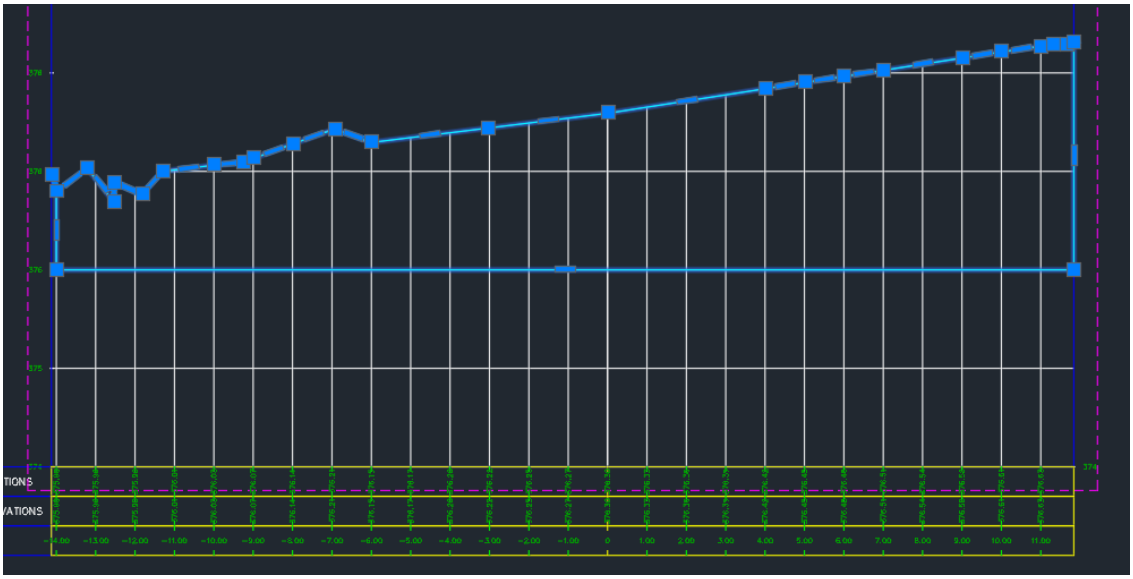


Figura 3.40- Ejemplo del área considerada desde la cota trescientos setenta y seis

Fuente: Elaboración propia

Una vez conseguidas las áreas de cada perfil, el siguiente proceso consistió en el cálculo de los volúmenes de corte y relleno, para ello se utilizó una tabla para organizar todos los datos obtenidos, de esta forma se pudo determinar un volumen general, además, en caso fue necesario considerar la ecuación para el cálculo de volúmenes de extracción y relleno, la cual fue considerada en la tabla creada.

$$V: (\frac{S1 + S2}{2}) * D$$

Ecuación 3.1- Ecuación de cálculo de volúmenes para corte y relleno

Fuente: (Hernández, 2013)

CÁLCULO VOLUMNES							
Metros del perfil	SUPERFICIES (ÁREA)		VOLUMENES PARCILES			VOLUMEN ACUMULADO (M3)	
	CORTE	RELLENO	DISTANCIA PARCIAL	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO

Tabla 3.3- cálculo de volúmenes de corte y relleno

Fuente: Elaboración propia

La tabla considera el área de los perfiles y la distancia de cada uno, estos datos son los que finalmente son utilizados por la ecuación nombrada, de esta forma se obtiene el volumen tanto parcial (es decir, por perfil y su respectiva influencia de distancia), como total del terreno.

3.5- Recopilar antecedentes técnicos del estacionamiento según las normas establecidas, de acuerdo con la información se procederá a diseñar y modelar en Software Civil 3D

Antes de dar comienzo al diseño del estacionamiento en el software Civil 3D, fue se suma importancia la indagación de las normas de seguridad requeridas para el parqueadero, además de los antecedentes técnicos regidos para el diseño arquitectónico. La unión de estas dos investigaciones resulta en el diseño final de la estructura, incluyendo las variables requeridas e impuestas por los datos obtenidos en la investigación.

3.5.1-Normas de seguridad requeridas

Para llevar a cabo la recopilación de las normas de seguridad, es primordial la investigación de las leyes chilenas en el ámbito de seguridad estacionaria de automóviles, para ello se indago en la página digital de la biblioteca del congreso nacional de Chile, y según el Ministerio de vivienda y urbanismo, se indicaban las medidas mínimas del largo, ancho y alto para el cajón de un estacionamiento. Otra consideración que se debió de indagar fue el ancho mínimo para los pasillos del estacionamiento, es decir, por donde transitarían los vehículos, y en ese sentido, según la página web de “Grupo torices”, empresa dedicada a la construcción de estructuras, se indicaba que este aspecto tenía relación con el tipo del cajón del estacionamiento, es decir, dependía del ángulo, además de la dirección del tránsito (si sería bidireccional o unidireccional), y en ese sentido se utilizó una tabla que explicaba esta relación, y la mejor opción de ancho a escoger según las características.

Ángulo del cajón	Para autos grandes (ancho en metros)	Para autos chicos (ancho en metros)
30°	3.00	2.70
45°	3.30	3.0
60°	5.00	4.0
90°	6.00	5.0
90°	6.50 (para ambos sentidos)	5.50 (para ambos sentidos)

Tabla 3.5- Ancho óptimo para el pasillo en el estacionamiento

Fuente: (Grupo Torices, 2024)

Además de la información obtenida para el tránsito seguro de los vehículo en el lugar, también se investigó el aspecto de la seguridad para impedir robos dentro del recinto, para ello, se hará la instalación una caseta, el cual contará con barrera para entrada de autos, se añadirán cámaras de grabación y guardia de seguridad para un mayor cuidado y seguridad también se creará una credencial para los estudiantes con la cual tendrán acceso al estacionamiento de manera gratuita, igualmente se equipará con un baño e iluminarias.

3.5.2-Antecedentes técnicos de diseño para un estacionamiento

Se realizó una búsqueda en la página oficial del Municipio, con el objetivo de conseguir información detallada sobre los antecedentes técnicos solicitados para elaborar un estacionamiento, tales como: la ubicación donde se crearía el estacionamiento, la superficie total del terreno y la cantidad de espacios que abarcaría el estacionamiento, cumpliendo con las normativas reguladoras vigentes en la localidad de Vallenar.

Posteriormente, se procedió a realizar el diseño arquitectónico del estacionamiento, considerando factores importantes que podrían influir en su creación, por ende, fue fundamental calcular el área total del terreno para determinar la cantidad máxima de aparcamiento, cumpliendo con las normas de seguridad y espacios reguladores según el reglamento, y en ese sentido se indago en los tipos de estacionamientos existentes. Para este proyecto y por el área que se poseía (medianamente pequeña), la mejor opción a escoger fue la del tipo perpendicular, ya que de esta forma se aprovecha todo el espacio de la zona para el aparcamiento vehicular, reduciendo costos y caracterizada por la optimización de espacios.



Figura 3.41- Estacionamiento Perpendicular

Fuente: (EPERMITEST, 2021)

3.5.3-Elaboración del diseño en Civil 3D

La elaboración del diseño parte con la recopilación de las normas y antecedentes recopilados en el anterior proceso, manteniendo una idea clara sobre medidas mínimas tanto de seguridad como de arquitectura.

Para esta etapa se elaboraron dos archivos en el programa Civil 3D, uno para el diseño del estacionamiento en sí, considerando los espacios adecuados, las medidas pertinentes, los cajones, y la infraestructura básica, mientras que el otro archivo contiene el diseño de la estructura realizado, pero esta vez añadido en el ortomosaico, lo que lo hace visualizar de forma más cercana a la realidad.

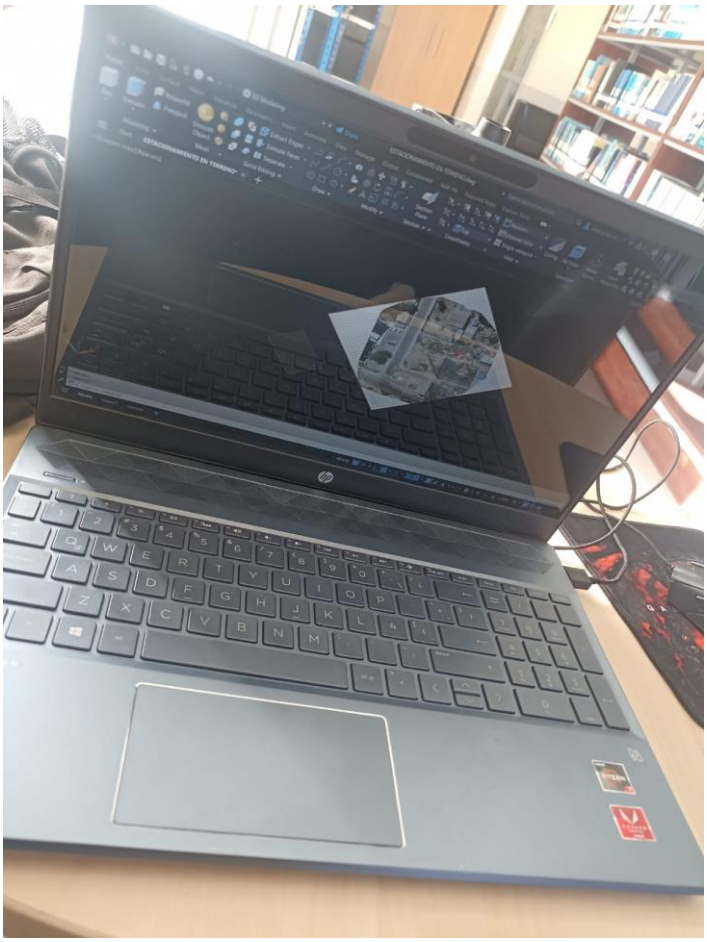


Figura 3.42- Elaboración del diseño en Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV ANÁLIZIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1-Resultados del reconocimiento en terreno y equipos a utilizar

En el terreno se identificaron distintas características, entre ellas se encuentran:

- Una Inclinación bastante extendida en lo que comprendía la sección.
- El sector es bastante rocoso y se encuentra colindando con la berma peatonal.



Figura 4.1: Vista terreno E 2

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.2: Vista terreno E1

Fuente: Elaboración propia

4.1.1-Selección de equipos

Para la selección de equipos se utilizó una tabla la cual ponderaba el puntaje que se le asignaba a cada instrumento, esto según los criterios que se propusieron.

Variables	Tipo de levantamiento a ejecutar			Área de levantamiento	Precisión requerida	Disponibilidad del equipo	Total, Puntaje
Características del Trabajo	Altimetría	Planimetría	Fotogrametría	Corta distancia	Alta		
Nivel topográfico	3	3	No aplica	3	1	3	13
Distanciómetro	2	3	No aplica	3	1	1	10
Estación total	3	3	No aplica	3	3	3	15
Teodolito electrónico	3	3	No aplica	3	1	3	13
Taquímetro	3	3	No aplica	3	2	3	14
Dron	3	3	No aplica	3	3	3	15
GPS	3	3	3	3	3	3	18

Tabla 4.1-Resultados equipos a seleccionar

Fuente: Elaboración propia

Puntaje	Descripción
1	Poco favorable
2	Medianamente favorable
3	Favorable

Figura 4.3-Descripción de cada puntaje

Fuente: Elaboración propia

Equipos a utilizar:

Según el puntaje obtenido por los distintos equipos se utilizarán:

- Estación Total
    - Modelo Trimble M3

- Dron
    - Modelo Mavic 2 Zoom

- GPS
    - Sanding Venus T3
    - Sanding h6 Android

Materiales de apoyo y auxiliares:

- Trípode
- Jalón para prisma
- Prisma

4.2- Resultados de la materialización del punto de amarre georreferenciado para la instalación de los instrumentos topográficos.

Instalación de estación total:

Altura: 1,78 metros

A continuación, se presentan los datos obtenidos por el GPS, que representan los puntos E1 y E2.

Puntos	Norte	Este	Elevación	Latitud	Longitud	Altitud	HRMS	VRMS	Fecha local
Pt1	6837768.27	327124,981	375,643	-28°3431.7953	-70°4603.2577	405,215	0,004	0,006	13-09-2024
Pt2	6837796.08	327144,93	375,244	-28°3430.9017	-70°4602.5086	404,817	0,005	0,009	13-09-2024

Tabla 4.2- Resultados de los datos del punto “E1” y “E2”

Fuente: Elaboración propia

4.3- Resultados de los levantamientos topográficos y del modelado del terreno

4.3.1-Resultados levantamiento taquimétrico

A continuación, se adjuntará una tabla con las coordenadas de los puntos, obtenidos en el levantamiento taquimétrico. Estos puntos representan de forma general los resultados del levantamiento taquimétrico.

	Coordenadas			
Puntos	Norte	Este	Zeta	Descripción del lugar
1	6837768.273	327124.981	375.643	E1
2	6837796.082	327144.930	375.244	E2
3	6837796.101	327144.944	375.661	GPS E2
4	6837797.723	327144.948	375.453	S
25	6837753.503	327144.640	376.695	V
33	6837769.238	6837769.238	376.086	CM
34	6837760.345	327134.904	376.448	P
35	6837763.091	327128.406	376.213	LT
37	6837752.678	327145.698	376.807	SR
39	6837781.976	327163.474	376.381	M
41	6837766.636	327132.170	376.143	R

Tabla 4.3- Resultados del levantamiento taquimétrico

Fuente: Elaboración propia

4.3.2-Resultados del levantamiento fotogramétrico

4.3.2.1-Vuelo del dron

- Tiempo de vuelo: 5 minutos.
- Cantidad de fotos tomadas: 105 capturas.
- Altura de vuelo: 20 metros.

4.3.2.2-Procesamiento en Pix4dmapper



Figura 4.4- Nube de puntos y malla

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.5- Ortomosaico

Fuente: Elaboración propia

4.3.3-Resultados de la modelación del terreno

4.3.3.1-Modelado del terreno

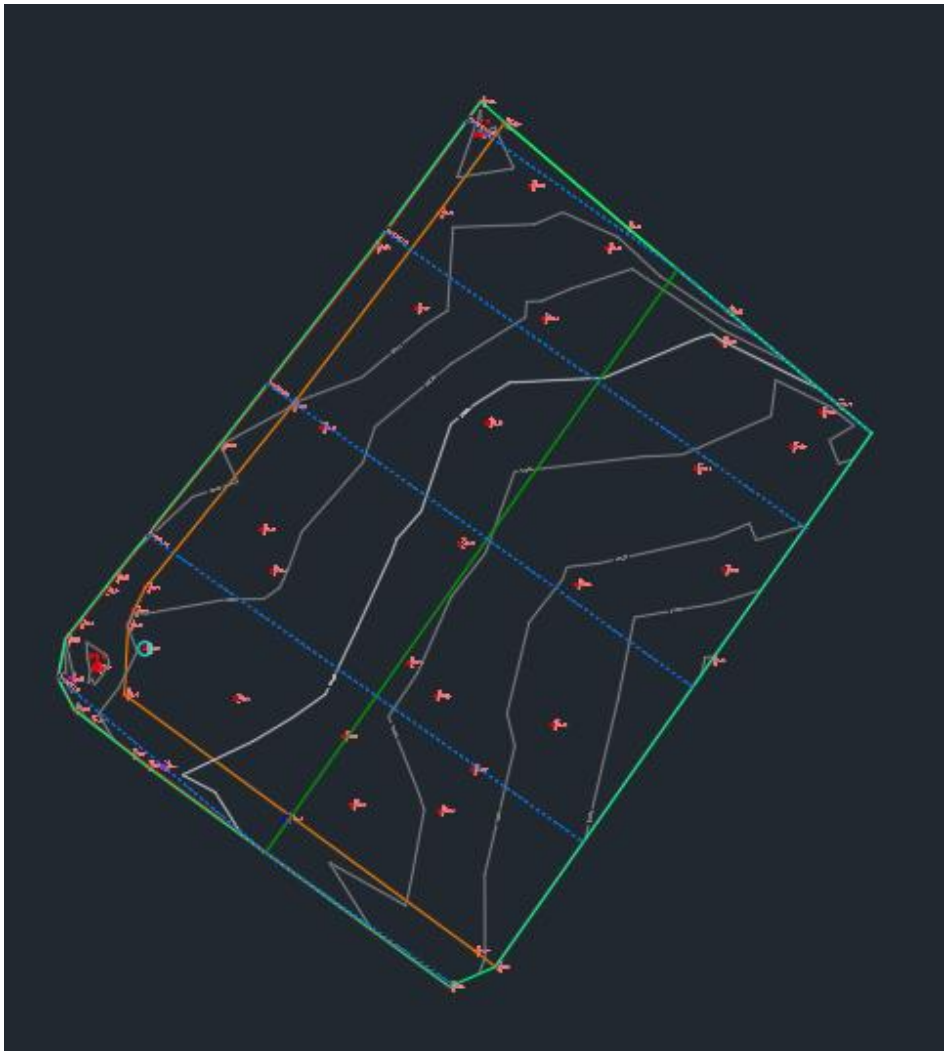


Figura 4.6- Modelado del terreno

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2-Resultados de las curvas de nivel y perfiles

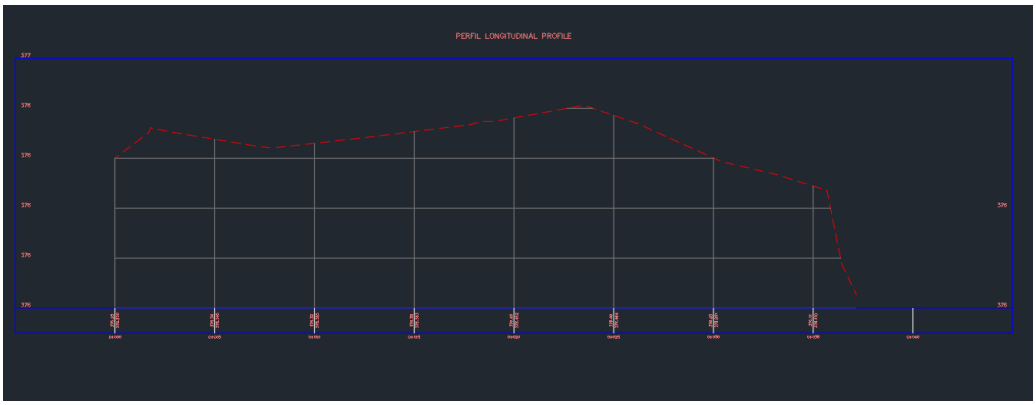


Figura 4.7- Curvas de nivel vista perfil longitudinal

Fuente: Elaboración propia

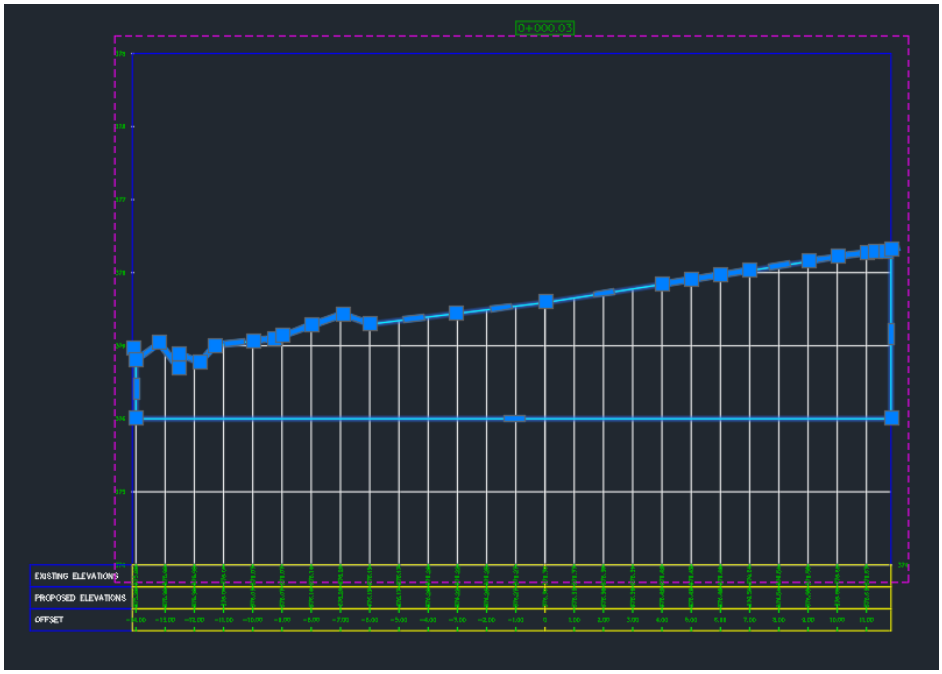


Figura 4.8- Curvas de nivel perfil transversal 1

Fuente: Elaboración propia

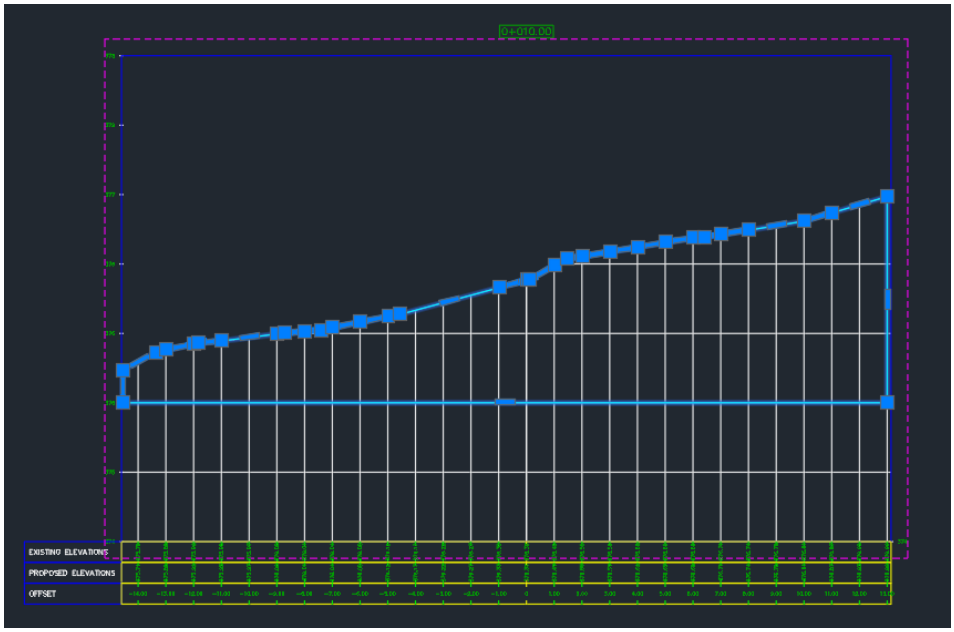


Figura 4.9- Curvas de nivel perfil transversal 2

Fuente: Elaboración propia

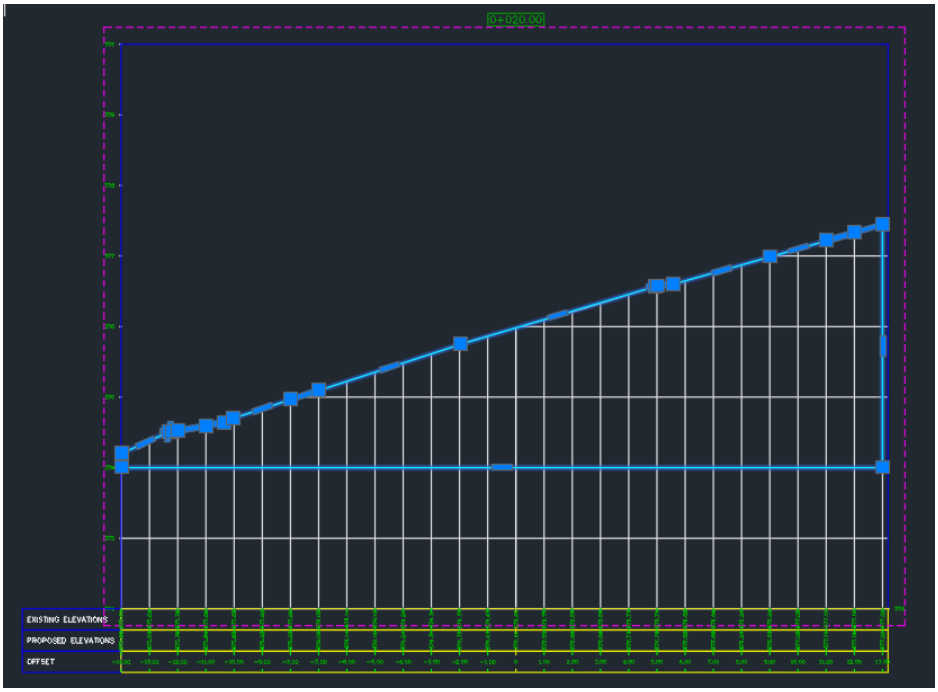


Figura 4.10- Curvas de nivel perfil transversal 3

Fuente: Elaboración

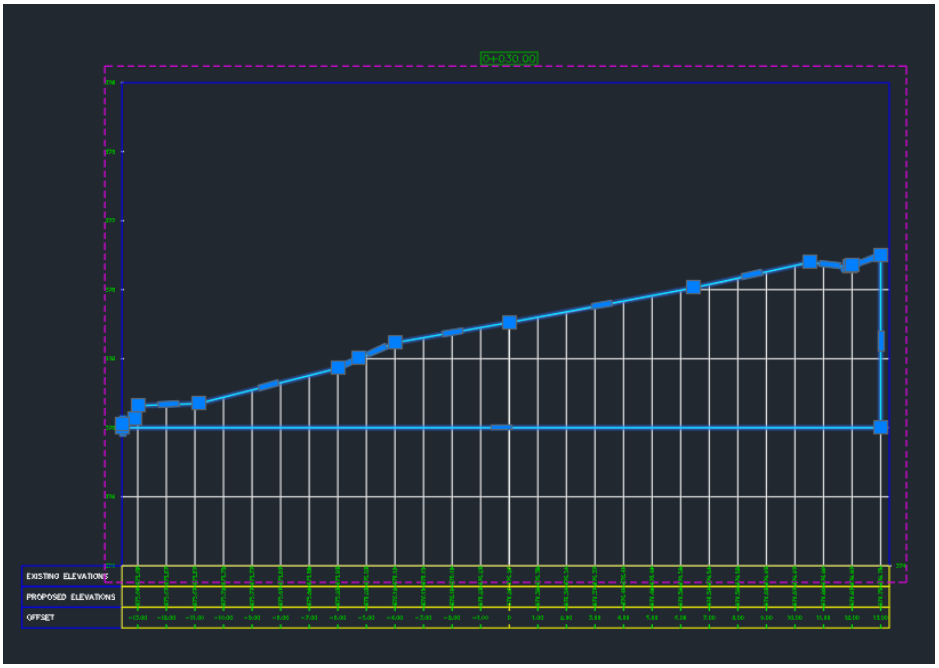


Figura 4.11- Curvas de nivel perfil transversal 4

Fuente: Elaboración

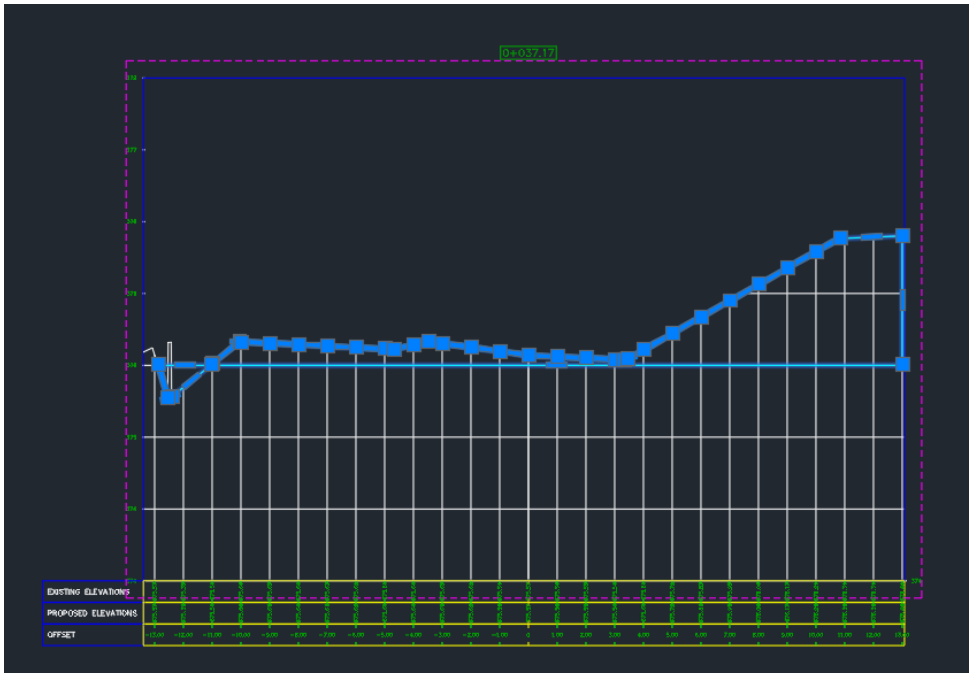


Figura 4.12- Curvas de nivel perfil transversal 5

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.3-Resultados de la cantidad de material de corte y relleno

Metros de los perfiles

- Perfil transversal 1= 0-0.3 metros.
- Perfil transversal 2= 0.3-10 metros
- Perfil transversal 3= 10-20 Metros.
- Perfil transversal 4= 20-30 metros
- Perfil transversal 5=30-37.17 metros

Área de los perfiles (para corte y relleno)

- Perfil transversal 1=Corte=61,213 m²
- Perfil transversal 2=Corte=118,967 m²
- Perfil transversal 3=Corte=126,869 m²
- Perfil transversal 4=Corte=94,242 m²
- Perfil transversal 5=
  Corte= 34,437 m²
  Relleno=1,094 m²

CÁLCULO VOLUMNES							
Metros del perfil	SUPERFICIES (ÁREA)		VOLUMENES PARCILES			VOLUMEN ACUMULADO (M3)	
	CORTE	RELLENO	DISTANCIA PARCIAL	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
0	61,213						
10	118,967		10	900,90		900,90	
20	126,869		10	1229,18		2130,08	
30	94,242		10	1105,56		3235,64	
37,17	34,437	1,094	7,17	461,31	3,92	3696,95	3,92

Tabla 4.4- Volumen de material de corte y relleno

Fuente: Elaboración propia

La tabla explica los volúmenes que se obtuvieron por perfil, además de un total de material a remover y a agregar. Esto se pudo calcular mediante el uso de la fórmula de cálculo de volumen para corte y relleno en el parámetro de "volúmenes parciales", considerando de esta forma el área del perfil uno y dos, luego el dos y el tres, así sucesivamente. Un ejemplo de lo que se realizó es lo siguiente:

S1= Área perfil 1

S2= Área perfil 2

D= Distancia perfil 1 al 2

$$V: (\frac{61{,}213 + 118{,}967}{2}) * 10m = 900.9 \text{ m}^3$$

El resultado total del volumen de corte de material es de 3.696,95 m³**,** mientras que el volumen de relleno es de 3,92 m³**.**

4.4-Resultados de la investigación de los antecedentes técnicos, normas y diseño del estacionamiento

4.4.1-Resultados recopilación normas de seguridad

Medidas mínimas

- Medidas del pasillo: 6,05 metros para ambos lados.
- Medidas mínimas del cajón estándar y accesibles: 2,50 metros Ancho-5,20 metros Largo y 3,45 metros-5,20 metros Respectivamente.
- Sentido de circulación: Bidireccional
- Entrada y salida del estacionamiento: 6,05 metros.
- Altura mínima para techo: 3 metros.
- Radio de giro: 6 metros.
- Pendiente máxima de 5%.

Iluminación

- Iluminaria: Lámpara hermética.
- - Mínimo 50 lux en áreas de estacionamiento.
- - Mínimo 100 lux en áreas de entrada y salida.

4.4.2-Resultados Antecedentes Técnicos de diseño del estacionamiento

- Tipo de estacionamiento: Perpendicular.
- Ubicación del estacionamiento: Este 327143.86 m E, Norte 6837772.90 m S.
- Superficie total del estacionamiento: 35 m de largo*25 metros de ancho= 875 m2
- Cantidad de espacios que abarcaría el aparcamiento: El aparcamiento contará con un total de 26 espacios de estacionamiento. De estos, se destinarán espacios específicos para diferentes tipos de usuarios:
  - 24 espacios de estacionamiento para vehículos automotores.
  - 1 espacio de estacionamiento reservado para personas con discapacidad, diseñado para garantizar la accesibilidad y comodidad de estos usuarios.
  - 1 espacio de estacionamiento para motocicletas.
- Infraestructura de la caseta: 4 metros de largo* 3 metros de ancho* 2,50 de alto.

4.4.3-Diseño final de estacionamiento

El diseño final del estacionamiento se hizo a partir de las normas y antecedentes recopilados anteriormente, aunque las medidas no son las mismas que se estipularon, pues aquellas correspondían a medidas mínimas, es por ello que en esta sección se explican a detalles las medidas y el diseño en sí del estacionamiento, además se muestra una versión insitu del estacionamiento en terreno, gracias al ortomosaico.

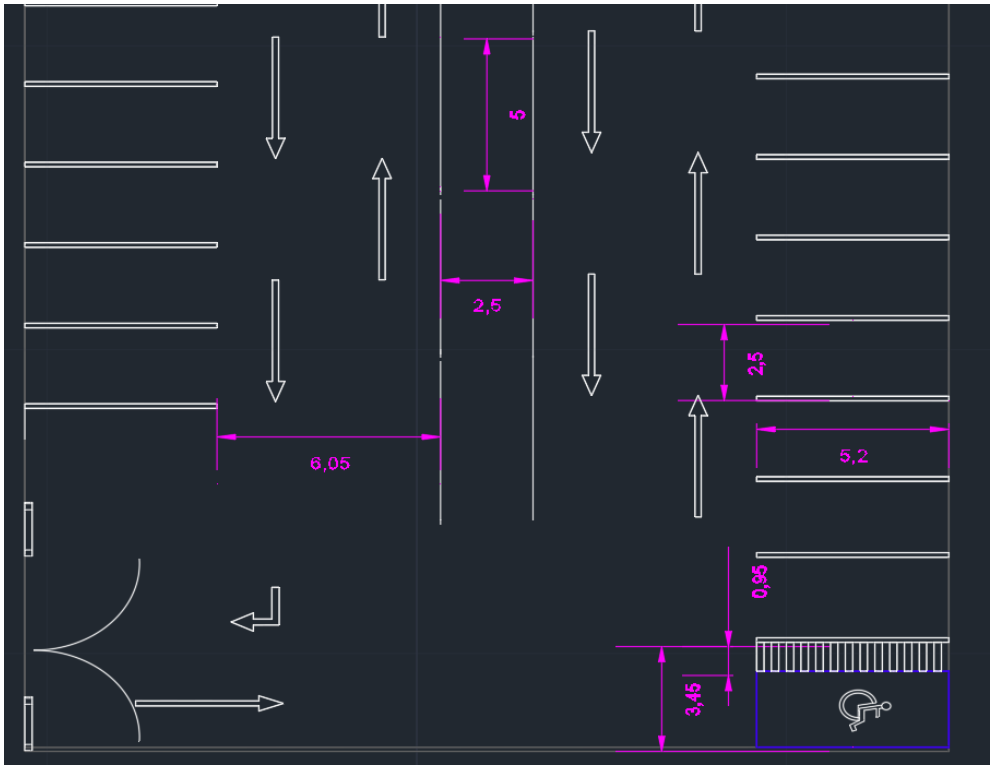


Figura 4.13– Señalética y medidas del estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

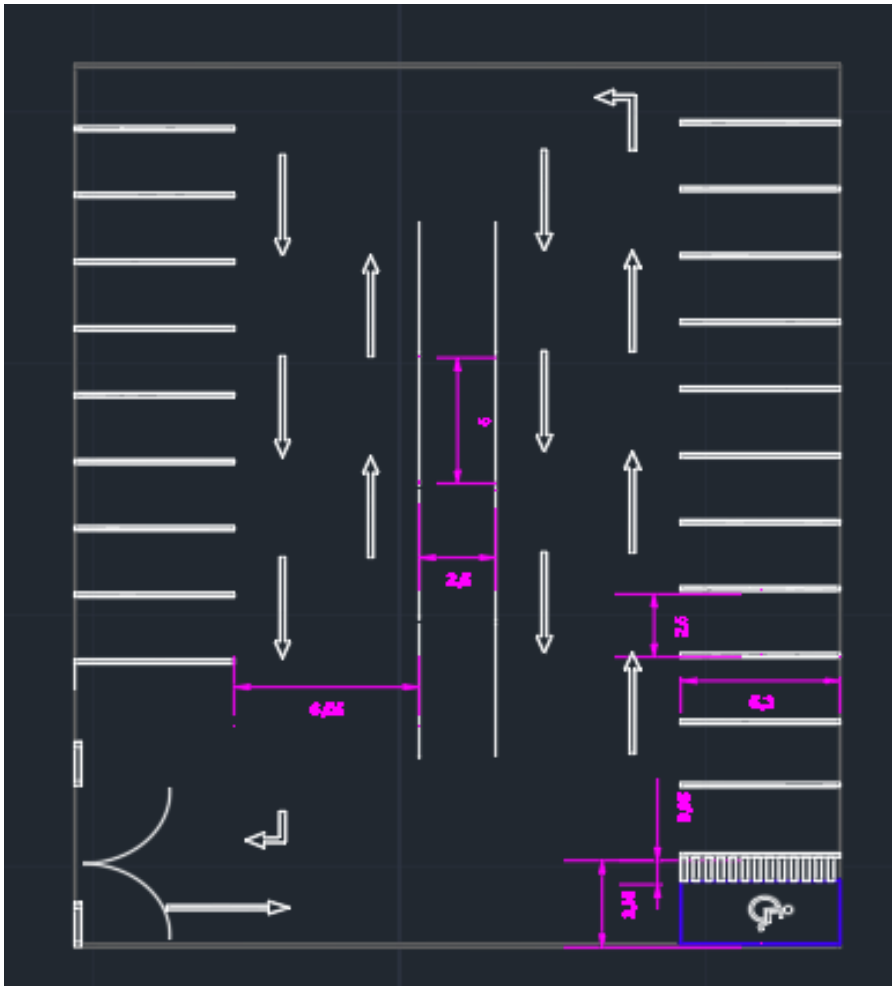


Figura 4.14- Vista general de las medidas y cajones del estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

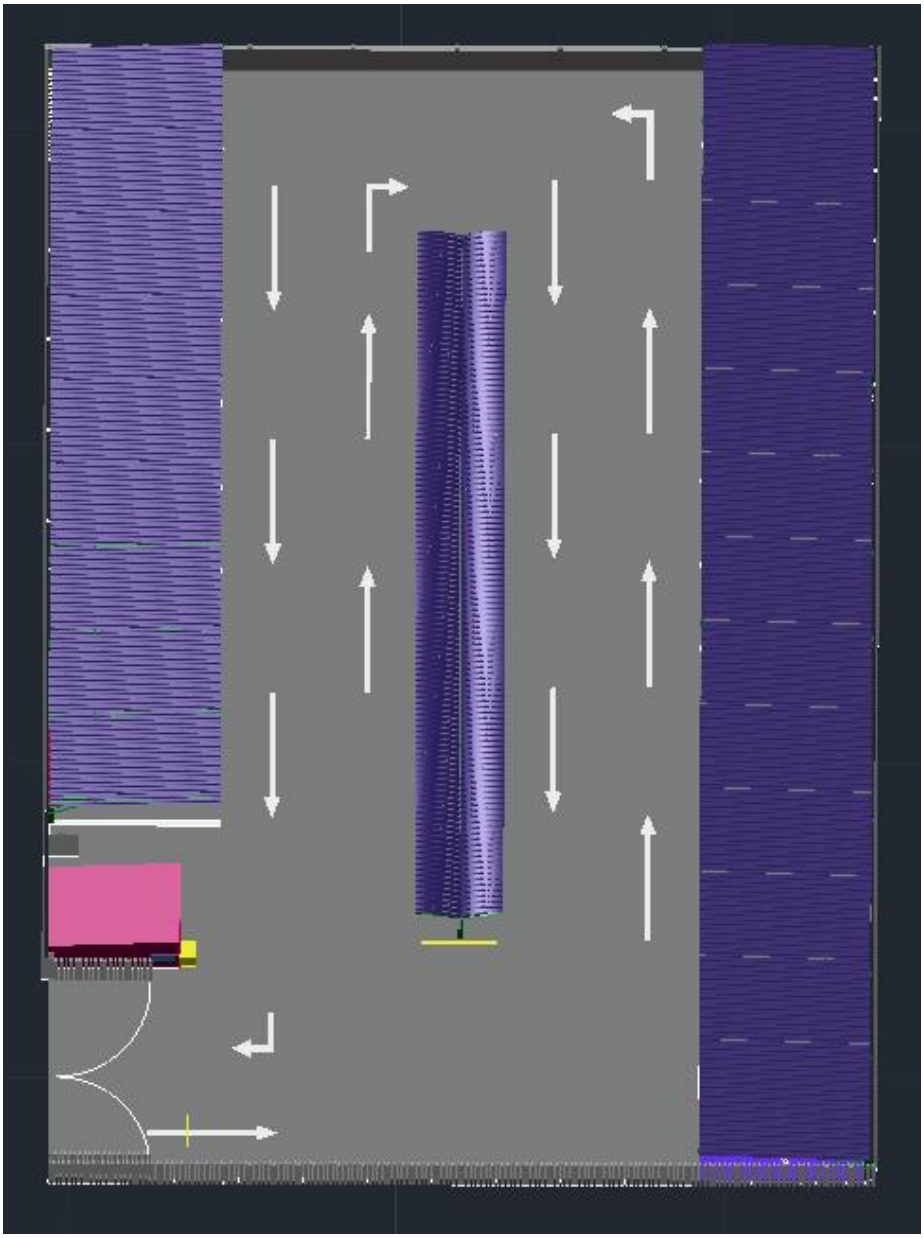


Figura 4.15- Vista general en 3D del estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

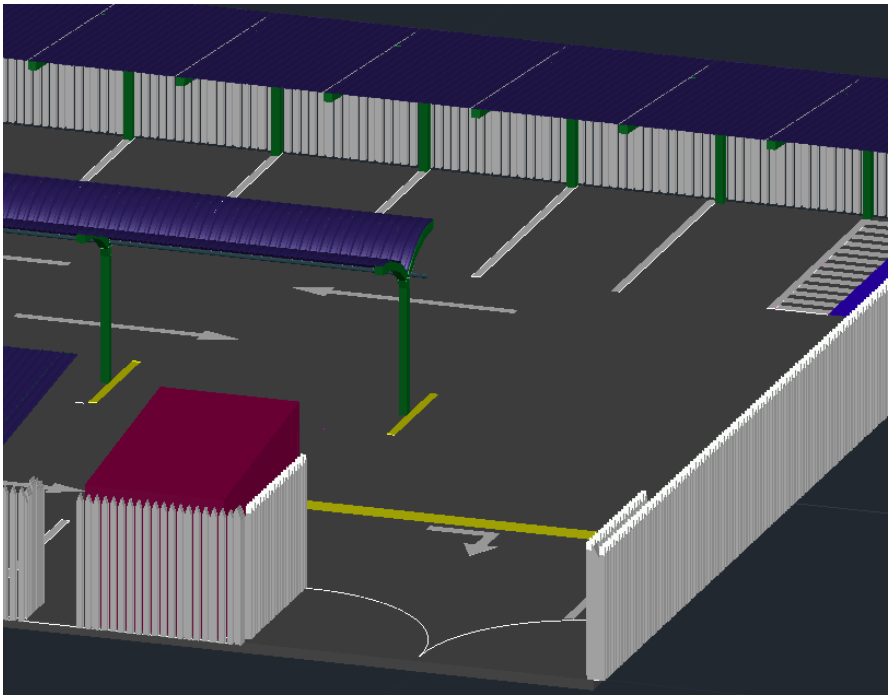


Figura 4.16- Vista general de entrada y salida

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.17- Estacionamiento en ortomosaico

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V CONCLUSIÓN

La topografía es fundamental para la ejecución de proyectos que necesiten un estudio detallado del terreno, y en ese sentido es importante realizar el levantamiento topográfico para obtener características esenciales del lugar, esto realizado de manera práctica y mediante el uso de los instrumentos especializados en recolectar datos. Como es de saber, la topografía es empleada en distintas áreas, por mencionar algunas, se emplea en minería, agricultura, cartografía y construcción. Haciendo énfasis en el último punto mencionado, y en relación con la propuesta de este proyecto, es donde se relacionan estas dos materias. La propuesta de la elaboración de un diseño de un estacionamiento nace a raíz de la problemática que afecta a docentes y alumnos de la Universidad de Atacama de la sede de Vallenar, y es que la falta de espacios para el aparcamiento vehicular resulta en el colapso del estacionamiento destinado para el recinto educacional, es por ello que para elaborar un diseño de una estructura de esta índole es importante dividir el objetivo en distintas etapas. El proyecto contó con la ejecución de cuatro objetivos específicos, comenzando con el reconocimiento visual del terreno, lo que permitió la obtención de características propias del lugar, tales como; desniveles, escombros y distancias, estas características, y según la evaluación que se ejecutó, resultaron en un respuesta de nivelación del terreno en cuestión, al ser el primer paso, fue de suma importancia, ya que, gracias esto se pudo hacer un análisis cualitativo para el uso de los equipos a utilizar para el ejecución del proyecto, tomando en cuenta las características del terreno.

Posteriormente se llevó a cabo la ejecución de la segunda etapa, que dio a lugar la materialización de un punto de amarre georreferenciado, lo que permitió una sincronización perfecta del terreno con la estación total, gracias a los datos obtenidos por el GPS.

Como penúltima etapa, el levantamiento taquimétrico brindó las dimensiones del sector, considerando altura, distancias horizontales y verticales. Para obtener los datos mencionados es donde entra en juego la ejecución de los levantamientos topográficos, y

es que la altimetría, planimetría y fotogrametría, son de suma importancia a la hora de describir el lugar.

Para terminar la elaboración del diseño, se dio paso a la última etapa de este proceso, que tiene como lugar la recopilación de normas y antecedentes técnicos regidos por el municipio de Vallenar, de esta forma se puede dar paso a la creación en 3D del estacionamiento, tomando en cuenta las normativas vigentes regidas por la localidad.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Adrián. (26 de marzo de 2024). *Dron Guru*. Obtenido de Dron Guru: https://www.droneguru.es/app-dji-pilot-2-y-dji-rc-plus/#:~:text=Es%20una%20app%20dise%C3%B1ada%20espec%C3%ADficamente,a%20modos%20de%20vuelo%20inteligentes

Al-Top. (01 de 2018). *Al-Top Topografía SA*. Obtenido de Al-Top Topografía SA: https://www.al-top.com/wp-content/uploads/2018/01/Trimble-M3.pdf

Apddrones. (Abril de 2022). *Apddrones*. Obtenido de Appdrones: https://idc.apddrones.com/fotogrametria/fotogrametria-con-drones-todo-lo-que-debes-saber/

AristaSur. (15 de Abril de 2024). *AristaSur*. Obtenido de AristaSur: https://www.aristasur.com/contenido/que-es-el-gps-de-doble-frecuencia-o-multibanda

Autodesk. (3 de 12 de 2024). *Autodesk*. Obtenido de Autodesk: https://www.autodesk.com/latam/products/civil-3d/overview?cjdata=MXxOfDB8WXww&term=1-YEAR&AID=13955714&PID=8299320&SID=jkp_CjwKCAiA9bq6BhAKEiwAH6bqoIsHLsCqvqHyo3qTKCbjnBtzq7Cl5mUA2ASNhciPHoLLC9aBTXKyoxoCp-gQAvD_BwE&cjevent=014db730b1b211ef823e6d410a82b839

Carmen, F. d. (13 de Julio de 2022). *Studocu*. Obtenido de Studocu: https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-micaela-bastidas-de-apurimac/geodesia/informe-5-pto-geod/31711946

Cubillos, R. (2024). *Definición conceptos topografía.* Vallenar.

Datum ingeniería topográfica. (10 de noviembre de 2024). Obtenido de https://empresatopografia.com/que-es-el-prisma-en-topografia-y-para-que-se-utiliza

Drone Prix. (10 de Noviembre de 2024). *Drone Prix*. Obtenido de Drone Prix: https://droneprix.es/dji-mavic-2/403-mavic-2-zoom-6958265174452.html#:~:text=El%20Mavic%202%20Zoom%20es,opciones%20creativas%20de%20fotograf%C3%ADa%20a%C3%A9rea

EPERMITEST. (18 de Enero de 2021). *EPERMITEST*. Obtenido de EPERMITEST: https://www.epermittest.com/educacion-de-manejo/estacionamiento-perpendicular

Fernández, Y. (31 de Enero de 2023). *Xacata Basics*. Obtenido de Xacata Basics: https://www.xataka.com/basics/gps-glonass-beidou-galileo-que-cuales-diferencias

Food and agriculture organization . (28 de 11 de 2024). *Food and agriculture organization* . Obtenido de Food and agriculture organization : https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s07.htm

Gastélum, J. (21 de Marzo de 2022). *Todos los hechos*. Obtenido de Todos los hechos: https://todosloshechos.es/que-es-el-el-transito-o-teodolito-en-la-topografia

Geo Oil Energy. (27 de 11 de 2024). *Geo Oil Energy*. Obtenido de Geo Oil Energy: https://www.geoilenergy.com/es/software/geosoluciones/global-mapper

GEO OIL ENERGY. (2024). *GEO OIL ENERGY*. Obtenido de GEO OIL ENERGY: https://www.geoilenergy.com/es/software/geosoluciones/global-mapper

Geomática Global. (11 de 2 de 2020). *Global Geomática*. Obtenido de Global Geomática: https://www.globalmediterranea.es/fotogrametria-que-es/

Global Yachting Ibiza. (10 de Noviembre de 2024). *Global Yachting Ibiza*. Obtenido de Global Yachting Ibiza: https://globalyachtingibiza.com/es/que-es-y-para-que-sirve-un-equipo-gnss/

Gonzalez, C. (10 de Marzo de 2023). *OtroModo*. Obtenido de OtroModo: https://otromodo.cl/web/2023/03/10/fotogrametria-con-drones-y-su-uso-en-topografia/

Grupo Torices. (21 de Febrero de 2024). *Grupo Torices*. Obtenido de Grupo Torices: https://grupotorices.com/blog/normas-medidas-de-estacionamiento/#:~:text=Las%20medidas%20m%C3%ADnimas%20de%20estacionamiento,por%205.20%20metros%20de%20largo.

Hernández, K. (2013). *Monografías*. Obtenido de Monografías: https://www.monografias.com/trabajos95/titulo-calculo-volumenes-movimiento-tierra-acad-land-desktop/titulo-calculo-volumenes-movimiento-tierra-acad-land-desktop

Hstore. (28 de 11 de 2024). *Hstore*. Obtenido de Hstore: https://www.hstore.cl/shop/cursos/200486-curso-fotogrametria-con-drones.html

IGM Sirgas Chile. (2023). *IGM Sirgas Chile*. Obtenido de IGM Sirgas Chile: https://www.sirgaschile.cl/Mapa_RGN.php#:~:text=Las%20Estaciones%20Activas%20Fijas%20(EAF,del%20pa%C3%ADs%2C%20pudiendo%20determinar%20deformaciones.

IGM Sirgas Chile. (10 de Noviembre de 2024). *IGM Sirgas Chile*. Obtenido de IGM Sirgas Chile: https://www.sirgaschile.cl/Noticias_nacionales.php.

Labs-Trujillo. (2021). *Labs-Trujillo*. Obtenido de Labs-Trujillo: https://cyatrujillo.com/index.php/productos/96-gps-diferenciales/520-controlador-sanding-h6

Panamá, U. t. (7 de Octubre de 2019). *Studocu*. Obtenido de Studocu: https://www.studocu.com/latam/document/universidad-tecnologica-de-panama/topografia/sistema-de-posicionamiento-global-por-satelite-gps-copia/7783242

Pix4D. (11 de Noviembre de 2024). *Pix4D*. Obtenido de Pix4D: https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/360033641551

SERVIU. (2024). *SERVIU*. Obtenido de SERVIU: https://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/doc/MPALL/mpall3docs/Cap%206%20Especificaciones%20Tecnicas%20Topograficas%20y%20Geodesicas.pdf

Software Mappa. (03 de Abril de 2023). *Mappa*. Obtenido de Mappa: https://mappa.ag/es/blog/nube-de-puntos-que-es/

Software Mappa. (3 de Abril de 2023). *Software Mappa*. Obtenido de Software Mappa: https://mappa.ag/es/blog/nube-de-puntos-que-es/

Tienda topográfica SAS. (10 de Noviembre de 2024). *Tienda topográfica SAS*. Obtenido de Tienda topográfica SAS: https://tiendatopografica.wixsite.com/inicio/sandingt3

Topcon. (septiembre de 2003). *Topcon*. Obtenido de Topcon: https://geodesical.com/es/pdfs/manuales/topcon-manual-gps-centimetrico-hiper-plus-es.pdf

Topografía. (03 de 2020). *Topografía*. Obtenido de Topografía: https://topografia2020fc.blogspot.com/2020/12/altimetria.html

Toposervis. (2019). *Toposervis*. Obtenido de Toposervis: https://toposervis.com/estacion-total-lo-que-necesitas-saber/

toposervis. (05 de 2021). *Toposervis*. Obtenido de Toposervis: https://toposervis.com/estacion-total-lo-que-necesitas-saber/

Toposervis. (2024). *Toposervis*. Obtenido de Toposervis: https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/#section2

Ucha, F. (Noviembre de 2011). *Significado.com*. Obtenido de Significado.com: https://significado.com/altimetria/

Ucha, F. (Julio de 2022). *Significado.com*. Obtenido de Significado.com: https://significado.com/planimetria/

Villner. (30 de junio de 2021). *Villner*. Obtenido de Villner: https://villner.cl/topografia-que-es-una-estacion-total/

Villner. (29 de abril de 2022). *Villner*. Obtenido de Villner: https://villner.cl/prisma-topografica-que-es-y-sus-tipos/?srsltid=AfmBOorSQk_pYcUiOwLWaZQQbF8bcpkd96RXDptRkyU53sWOltnNhrMA

ANEXOS

Tabla de significado de puntaje para la elección de equipos

Tabla 4.18.- Significado de cada puntaje

Fuente: Elaboración propia

Puntos obtenidos en el levantamiento taquimétrico

```
 E1 6837768.273 327124.981 375.643 GPS
E2 6837796.082 327144.930 375.244 GPS
1 6837796.101 327144.944 375.661 GPS E2
2 6837797.723 327144.948 375.453 S
3 6837797.682 327144.938 375.602 S
4 6837790.199 327139.427 375.512 S
5 6837790.090 327139.465 375.643 S
6 6837779.807 327131.342 375.638 S
7 6837779.816 327131.426 375.794 S
8 6837773.015 327125.885 375.777 S
9 6837772.927 327125.903 375.929 S
10 6837772.229 327125.355 375.788 S
11 6837770.524 327124.024 375.827 S
12 6837769.739 327123.325 375.861 S
13 6837769.679 327123.364 375.998 S
14 6837767.685 327123.002 375.892 S
15 6837767.690 327122.935 376.046 S
16 6837766.069 327123.790 375.930 S
17 6837766.038 327123.818 376.068 S
18 6837765.505 327124.608 375.966 S
19 6837763.755 327126.766 376.025 S
20 6837763.106 327127.578 376.065 S
21 6837763.171 327127.639 376.158 S
22 6837751.642 327143.325 376.650 S
23 6837753.503 327144.640 376.695 V
24 6837766.844 327126.415 376.104 V
25 6837770.423 327126.589 376.004 V
26 6837771.188 327126.884 375.997 V
27 6837772.411 327127.499 375.949 V
28 6837781.826 327135.089 375.756 V
29 6837791.922 327142.753 375.701 V
30 6837796.553 327146.145 375.650 V
31 6837769.238 327127.473 376.068 CM
32 6837760.345 327134.904 376.448 P
```

33	6837763.091	327128.406	376.213	LT
34	6837767.660	327123.574	376.060	LT
35	6837752.678	327145.698	376.807	SR
36	6837768.592	327156.920	377.271	SR
37	6837781.976	327163.474	376.381	M
38	6837796.515	327146.289	375.702	M
39	6837766.636	327132.170	376.143	R
40	6837764.695	327137.808	376.348	R
41	6837775.463	327133.532	375.894	R
42	6837780.707	327136.657	375.823	R
43	6837786.950	327141.595	375.650	R
44	6837793.322	327147.516	375.624	R
45	6837790.065	327151.505	375.921	R
46	6837791.164	327152.536	375.605	R
47	6837786.401	327148.210	376.058	R
48	6837780.972	327145.305	376.372	R
49	6837774.692	327143.856	376.416	R
50	6837768.510	327141.202	376.425	R
51	6837766.750	327142.584	376.659	R
52	6837762.944	327144.520	376.685	R
53	6837760.774	327142.807	376.540	R
54	6837761.087	327138.232	376.314	R
55	6837765.274	327148.678	376.808	R
56	6837772.565	327149.921	376.796	R
57	6837773.331	327157.598	376.847	R
58	6837779.749	327161.098	376.590	R
59	6837781.546	327162.651	376.684	R
60	6837778.607	327156.152	376.545	R
61	6837785.194	327157.464	376.281	R
62	6837786.775	327157.820	375.528	R
63	6837773.277	327134.082	375.960	R

Figura 4.19- Cantidad total de puntos obtenidos en el levantamiento taquimétrico.

Fuente: Elaboración propia

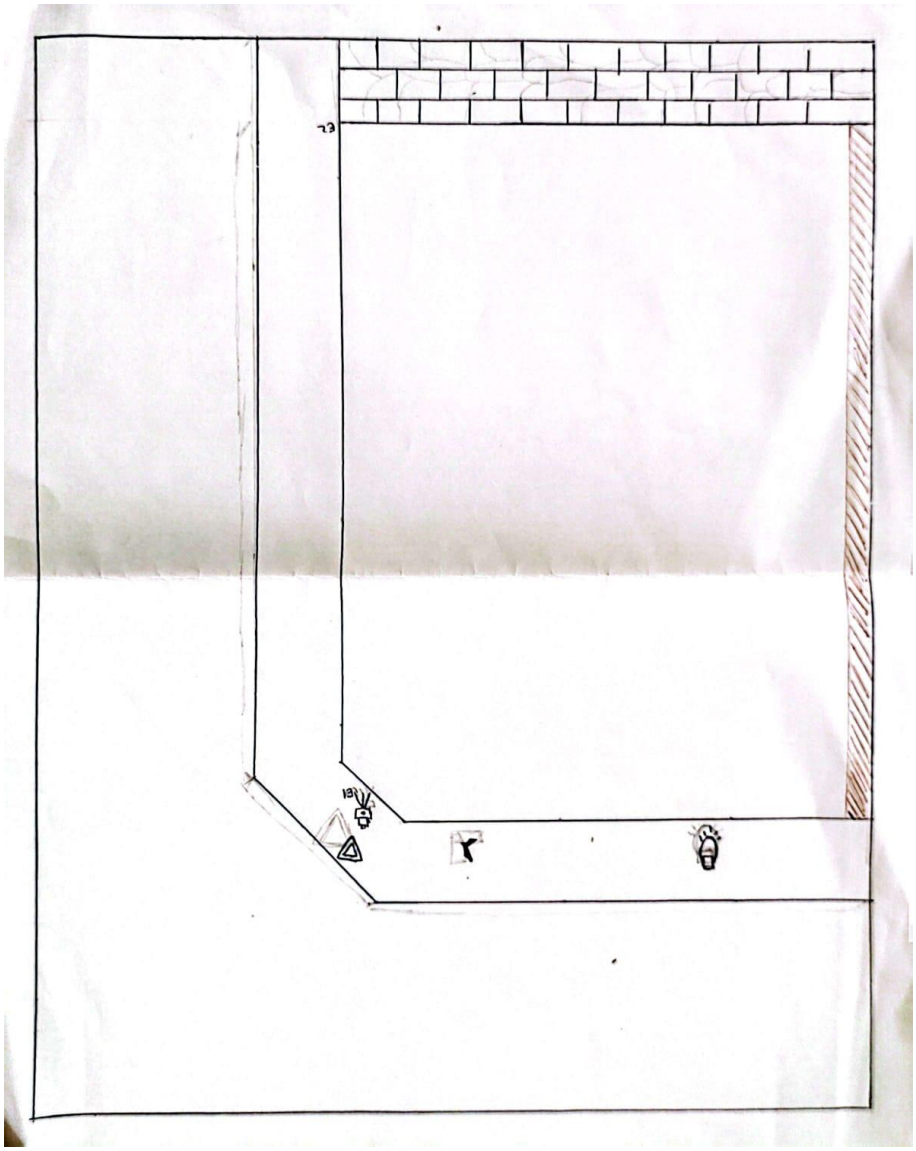


Figura 4.20- Croquis del terreno

Fuente: Elaboración propia