

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“ESTIMACIÓN DE RESERVAS PARA  
DETERMINAR EL NIVEL ÓPTIMO DE  
PRODUCCIÓN DE LA CANTERA DE HORMIGÓN  
“GRACIAS PADRE ETERNO II” – NAMORA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Geólogo**

**Autores:**

Brayham Bringas Becerra

Elva Aide Flores Chilon

**Asesor:**

Mg. Lic. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

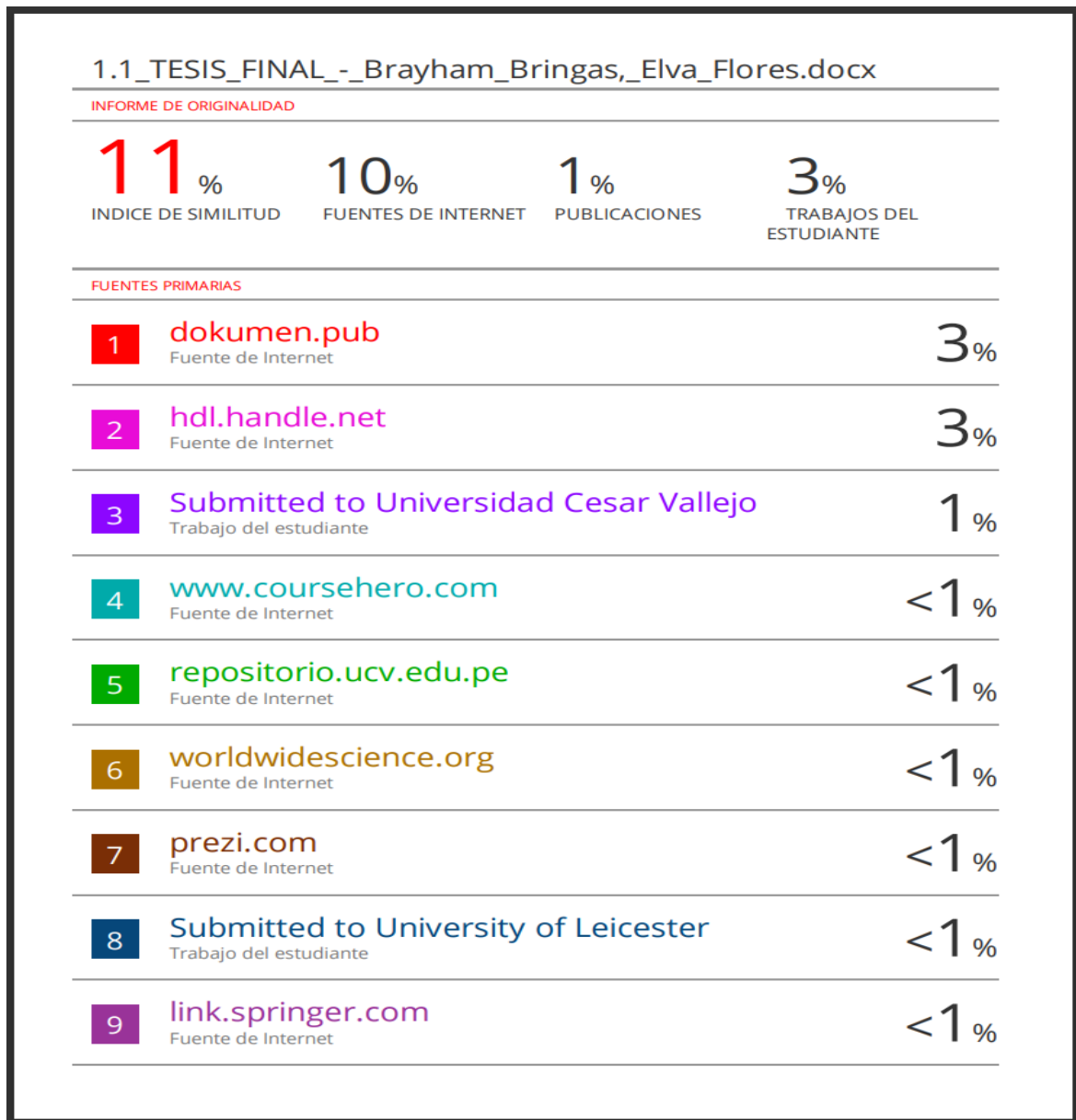
**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>WILDER CHUQUIRUNA CHAVEZ</b>	<b>41245114</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>RICARDO PORTILLA CASTAÑEDA</b>	<b>45209190</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>JULIAN DIAZ RUIZ</b>	<b>09294063</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD



## DEDICATORIA

Esta investigación es dedicada a todas las personas involucradas en nuestras vidas, que día a día nos apoyan y nos ayudan a seguir por este camino. Así también se la dedicamos a aquellos que ya no están con nosotros, que esperamos y se sientan orgullosos de los objetivos que estamos alcanzando.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra Familia, que durante este proceso estuvo presente, brindándonos su apoyo y dándonos ese empujón para seguir adelante. Todo esto nos ayudó a alcanzar este objetivo, el cual nos llevará un paso más allá en nuestra carrera profesional. Así mismo, agradecemos a nuestros profesores, los cuales nos guiaron, nos ayudaron y nos brindaron consejo a lo largo de esta fase de nuestras vidas.

**Tabla de contenido**

JURADO CALIFICADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>24</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>24</b>
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>24</b>
<b>1.5. Justificación</b>	<b>24</b>
<b>1.6. Hipótesis</b>	<b>25</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	26
CAPÍTULO III: RESULTADOS	30
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	44
REFERENCIAS	48
ANEXOS	50

## Índice de tablas

<b>Tabla 1 Geología Regional de la zona de estudio .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 2 Puntos GPS del área de la zona .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 3 Ciclo de Carguío .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 4 Cálculo de Producción diaria (Valor Nominal).....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 5 Producción en base a los días trabajados en el año .....</b>	<b>42</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1 Método de perfiles .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2 Simplificación del método de polígonos .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3 Método de Triángulos para estimar reservas .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4 Método de las matrices de bloques.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 5 Método de inverso a la distancia .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 6 Ubicación de Puntos GPS y área de Estudio .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 7 Puntos GPS Minesight.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 8 Calculo del Volumen del Solido en Minesight .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 8 Calculo del Volumen del Solido en Minesight .....</b>	<b>38</b>



## RESUMEN

Se tiene el objetivo de realizar un cálculo de reservas de la cantera “Gracias padre eterno II” – Namora, para de esta manera poder determinar el nivel óptimo de producción, ayudándose de una consulta de bibliográfica, toma de datos en campo y procesamiento de los mismos en el software Minesight. Es así que al ingresar y procesar los puntos GPS obtenidos en campo, se obtuvo un total de 657,592.49 m<sup>3</sup> de Hormigón, los cuales lograrían extraerse en aproximadamente 4.86 años. Concluyendo así que la estimación de reservas es un factor importante a la hora de calcular la vida útil de la cantera.

**PALABRAS CLAVES:** Reservas, calculo, Minesight, Cantera, producción, tonelaje.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad la industria de la minería y la construcción tiene una gran demanda en el mercado mundial, ya que el precio de los minerales está aumentando su valor, y no solo eso, ya que también hay un aumento en la construcción de nuevas estructuras de pequeña y gran escala para diferentes sectores, las cuales requieren materia prima que satisfaga la elaboración de estos nuevos proyectos, los cuales, no son pocos. (Arribasplata, C. 2020) El Perú no es ajeno a esta realidad, ya que a nivel mundial y latinoamericano, se sabe que una de sus principales actividades económicas es la minería, gracias al potencial geológico y a la topografía del territorio, es así que de manera interna se presentan muchas nuevas construcciones, tanto como proyectos de alguna empresa o como nuevos hogares de la población que se está expandiendo en el territorio peruano, teniendo conocimiento de que el sector de construcción juega un papel importante en la economía del Perú al relacionarse con otras industrias en su labor y que además se mostró un aumento en su crecimiento desde febrero del 2021 hasta marzo y abril del 2022, con un aumento de 4,9%. (ComexPerú. 2022).

Hay muchos minerales no metálicos que son producidos en el Perú y que se ven involucradas en la labor de la construcción, se cuenta con más de 30 tipos, como por ejemplo: caliza, fosfato, hormigón, calcita, arena, sal, arcilla, conchuelas, puzolana y otros; estos materiales cuentan con un valor económico según el uso que tengan en el sector industrial, dependiendo de la resistencia, la durabilidad, la no reactividad química, su capacidad aislante o su composición uniforme, pero una de las principales materias primas utilizadas en la industria de la construcción es la pedra caliza, la cual a su vez es un

material abundante que se encuentra en gran parte del territorio Peruano, siendo utilizada en sectores de construcción, subsector de cerámica y vidrio, Subsector Químico, Subsector Agroindustria, Subsector minero energético y Subsector Medioambiente. Como se mencionó anteriormente, el sector de construcción presenta una gran demanda, lo cual trae consigo la apertura de nuevos proyectos que se encarguen de extraer este material para luego derivarlo a los diferentes sectores en los cuales sea necesario su uso, en este caso nos interesa más el sector de la minería de yacimientos no metálicos, de donde se extrae la piedra caliza, tarea que se ve muy beneficiada por el cálculo de reservas, es decir por encontrar cual es la cantidad de material que existe debajo del subsuelo y que puede ser extraído. Es posible extraer el material de manera empírica y sin estudios previos, pero esto conlleva otros factores que pueden influenciar en la extracción y que significarían un gasto económico innecesario, siendo así que la falta de conocimiento sobre la cantidad de material que se encuentra disponible en la zona, brinda una idea de cuantos recursos son necesarios para completar la tarea, haciendo los gastos suficientes y necesarios, en el caso contrario, podría existir un excedente en las herramientas y recursos, o una falta de los mismos.

Es por esta razón que el cálculo de reservas, se convierte en un factor de gran importancia en el mundo de la minería, tanto de yacimientos metálicos como no metálicos, en el Perú. Esta actividad representa el inicio de todo el proyecto, y hoy en día al existir una gran demanda en el sector de construcción, trae consigo una gran demanda en el cálculo de reservas de nuevos yacimientos. Un buen trabajo de este aspecto no solo conlleva una facilidad a la hora de realizar las actividades de extracción, si no que también, beneficia económicamente a la empresa que realiza dicha actividad.

Se hizo una búsqueda de diferentes investigaciones previas que abarquen las variables de estudio de esta investigación, para de esta manera obtener más conocimiento sobre el tema.

En el caso de nuestra investigación se utilizará el software minesight para calcular las reservas, pero esta no es ni la única forma, ni es el único método, ya que existen nuevas herramientas que ayudan a mejorar este proceso. A continuación se explicará de manera breve el caso de la aplicación de nuevas tecnologías, como por ejemplo en la investigación de Chambers. J.E. et all. (2013), “River terrace sand and gravel deposit reserve estimation using three-dimensional electrical resistivity tomography for bedrock surface detection” donde se busca estimar las reservas de un depósito de arena y grava a través de una tomografía de resistividad eléctrica (ERT), a través de dos métodos para de esa manera observar cuál de ellos es el más eficaz, en este caso el primer método subestima la profundidad de la zona, fracasando en su labor mientras que el segundo logra crear un modelo de la estructura del yacimiento. Así también Muzik, J. (2015). En su investigación “Limestone Quarry Reserve Estimation by Laser Scanning and GIS Tools” que tiene el objetivo de explicar el uso de una herramienta de modelado en 3D que utiliza un escaneo laser, para de esta manera encontrar el volumen del material en la mina. El escaneo de la superficie permitió crear geobloques y generar información, la cual al ser procesada resulto en un modelo digital, que luego podrá ser utilizado para encontrar volúmenes.

Crisanto, M. (2019) en su investigación llamada “Cálculo de las reservas para determinar una secuencia de extracción óptima en la Cantera Castro I, San Nicolás – Saña” se enfoca en el objetivo de realizar un cálculo de reservas en la zona de la cantera Castro, para así encontrar una secuencia de extracción optima, a través de la recolección de

información tanto en gabinete como en campo, encontrando la topografía de la zona y analizando las calicatas existentes en la cantera. Obteniendo que se cuenta con un espesor de 6,40 m aproximadamente y a través del software ArcGIS y RecMin, se diferenciaron la zona explotable y por explotar, calculando un total de 724,025.20 m<sup>3</sup> reservas probadas, llegando a la conclusión de que las calicatas fueron de gran ayuda para realizar el perfil estratigráfico, encontrando un espesor de 0,67 metros de matriz arenolimososa y 6,33 metros de arena gruesa, así también que el levantamiento topográfico y el software RecMin permitieron hallar las reservas probadas.

Por otra parte Marquina, O. S. (2018) en su investigación “Incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018”, señala como objetivo determinar la cubicación de las reservas y especificar el nivel de incidencia del análisis de viabilidad técnica y económicamente, esto a través de un análisis bibliográfico y una obtención de datos en campo, además de ayudarse de Bieniawski, Hoek y Brown y hojas de cálculo. Obteniendo como resultado un RQD de 75,04, un RMR bueno entre 61 - 81, y a través de 14 perfiles realizados en la zona, se calcularon un total de 5,523,753.348 TN. Concluyendo que es posible dar inicio a una etapa de inversión, que el método de explotación sería por derribo y que el método de perfiles, a pesar de ser un método tradicional, logró su objetivo de obtener las reservas totales de la zona.

Así mismo Vásquez, M. & Ramos, C. (2018) en su estudio “cálculo de reservas para la explotación de la cantera de arena cachachi, provincia Cajabmaba, Cajamarca, 2018” plantea como objetivo determinar la influencia del cálculo de reserva en el diseño de explotación de la cantera, a través de 5 calicatas, análisis macroscópicos, caracterización

geomecánica, recolección de datos y elaboración de 9 perfiles. Resultando así a través de la suma de las áreas de nueve perfiles realizados en la zona gracias a las curvas de nivel de la zona, se calculó un tonelaje total de 446, 952. 275 TM. Concluyendo de esta manera que el diseño de explotación a cielo abierto por estar en una zona extensa, así también, el análisis de las 5 calicatas refuerzan esta teoría.

En la investigación de Ferrero, A. Et all. (2020) llamada “Aplicación práctica de la metodología de caracterización geológico-minera al yacimiento de granito "Rosa Porriño" (Galicia, España). Cartografía de calidades y estimación y distribución de reservas para la planificación de su explotación” que tuvo como objetivo principal analizar el macizo rocoso para aprovecharlo comercialmente, por medio de técnicas geológico-mineras. Para esto se hizo uso de parámetros geológicos y mineros como la litología, fracturación, calidad industrial de la roca, datos de explotación, etc. Dicha información se juntó en una única cartografía industrial, de la cual se pudo obtener el volumen del material, y las calidades de la roca. Concluyendo así que la estimación realizada logro clasificar las unidades existentes, además de que esto ayuda a realizar una operación minera más eficiente.

En la investigación de Mundo, R., Granado, R. & Urdaneta, J. (2020) con el nombre de “Geoestadística aplicada a la distribución de arcillas, Yacimiento Inferior, edad Eoceno, al Occidente de Venezuela” se planteó como objetivo hacer una recopilación de datos petrofísicos para luego interpretarlos y analizarlos con el fin de utilizar métodos geo estadísticos que permitieran obtener un modelo de distribución de la zona de estudio, este trabajo siguió seis etapas, en los cuales se analizaron 13 muestras de pozos. Obteniendo tipos de arcillas como: Caolimita, Illita + Esmectita, Illita y Clorita, además de que los 25

pozos analizados ayudaron a interpretar los perfiles de la zona y por medio del método de Kriging se consiguió la distribución espacial de la cantidad de arcilla presente en la zona. Concluyendo que dicho método permitió calcular valores porcentuales de las diferentes arcillas presentes, además que también se logró realizar mapas de distribución para las arcillas mencionadas.

Chinchay, R. & Yovera, M. (2020) en su investigación “Cálculo de reservas para determinar el método de explotación en la cantera Río Cascajal, distrito de Olmos, departamento de Lambayeque” con el objetivo de realizar un cálculo de reservas con el fin de encontrar un método de explotación en la cantera Río Cascajal, por medio de la recolección de datos a través de un análisis documental, la observación en campo y su posterior procesamiento y análisis para hallar el cálculo de reservas y diseño de método de explotación, donde el análisis topográfico obtuvo un área de 103373 m<sup>2</sup> y análisis geológico, de los cuales se pudieron hacer perfiles estratigráficos, obteniendo grava sucia, arena fina con limos y gravas bien graduadas. Luego con ayuda del software Recmin se logró hacer un modelo geológico, del cual se hallaron 213,522.68 Bm<sup>3</sup>. Concluyendo que el levantamiento topográfico y el análisis de geología ayuda a encontrar una potencia de 2 metros de grava, para el cual se eligió el método de explotación clásico.

Así también Castro, B. (2015) con su investigación llamada “Propuesta de implementación de plan de minado en la cantera de Dolomita Jajahuasi 2001 de la comunidad campesina Llocllapampa - provincia de Jauja” que tuvo el objetivo de hacer un cálculo de las reservas probadas y las reservas probables de la cantera, para así señalar cuál sería el plan de minado adecuado, todo esto por medio de una revisión bibliográfica y una visita a la cantera que permitiera recopilar información, realizar un levantamiento

topográfico y recolección muestras. Estos datos se organizaron en una base de datos y a través del software minesight y con los datos obtenidos del levantamiento topográfico se obtuvieron 341,000 TM, por lo que la maquinaria necesitaría extraer 100TM/día aproximadamente. Concluyendo que debido a las condiciones del yacimiento se eligió una perforadora neumática PCR 200. Así también el yacimiento presenta un alto grado de rentabilidad.

En la investigación de Muñoz, J. (2018) “Planificación minera a corto plazo para la sostenibilidad de la explotación en cantera 7 de noviembre - Nueva Arica” se tuvo como objetivo realizar la planificación minera de la cantera 7 de noviembre para la sostenibilidad de explotación, realizando un análisis documental y geológico, lo cual es de ayuda para hacer un proceso de diagnóstico y así poder calcular las reservas del lugar. Finalmente se hizo una planificación del método de explotación. Se encontró la profundidad de los materiales encontrados en la zona teniendo a la arena con 0,625 m, la piedra con 1 m y el afirmado con 0,625 m. Entonces se procedió a calcular el tonelaje de cada material dando como resultado 13,250,000 TM. Por lo cual se concluye que debido al reconocimiento del área de estudio se encontraron 3 zonas de explotación con una extensión de 150, 100 y 150 hectáreas. Además que la cantera tendría una vida útil de 49 años.

## MARCO TEÓRICO

### **Explotación en Cantera**

Las canteras suelen tener un gran parecido con las labores de minas a cielo abierto, diferenciándose en que existe menos material inutilizable, desmonte o desecho. Esto



debido a que en general, todo lo que se extrae de una cantera vendría a ser mineral industrial y material de construcción. (Castro, 2015)

### **Calculo de reservas**

Se entiende por cálculo de reservas a delimitar la cantidad de materia prima que se encuentra dentro de un yacimiento. Este proceso toma mucha importancia en todas las fases de prospección, exploración y Explotación de un yacimiento, llegando a ser un procedimiento continuo, que tiene en cuenta la recopilación de datos, la interpretación geológica y la estimación de recursos. (Marquina, 2018)

### **Métodos para el cálculo de reservas.**

El cálculo de reservas de un determinado yacimiento, nos proporciona una información muy valiosa del terreno o de la zona de estudio, debido a que se obtiene un estimado de las toneladas de material útil que se encuentran en dicha zona, herramienta utilizada tanto en yacimientos metálicos y no-metálicos. Dicha estimación es de gran ayuda al momento de calcular la vida útil y el plan de explotación en diferentes periodos de la mina. Así mismo, estos datos junto con la morfología del terreno, son de ayuda para decidir el método de explotación.

Hasta el momento solo se hace uso de dos métodos por los cuales se puede calcular las reservas, siendo el Método clásico (Geométrico) y método geo estadístico. Los cuales abarcan métodos relacionados que permiten estimar la cantidad de mineral existente, en esta presente investigación se hará uso del software Minesight, el cual realizará una tripulación de los puntos realizados en campo, pero creemos que es necesario revisar de

manera general los métodos utilizados en el ámbito geológico, los cuales serán descritos a continuación:

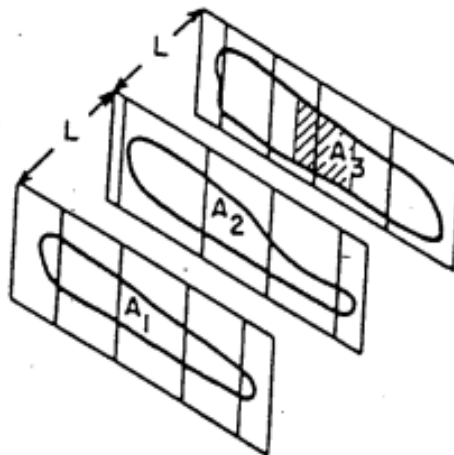
### **Método clásico (Geométrico)**

#### **Método de perfiles o cortes**

Viene a ser el método más utilizado de los métodos clásicos, normalmente es utilizado en cuerpos mineralizados irregulares, los cuales han sido identificados a través de sondeos, que a su vez ayudan a interpretar dichos cuerpos a través de cortes, secciones o perfiles. (Bustillo & López, 1997). Para obtener el volumen total de la zona, se realiza un cálculo de cada área mineralizada en las secciones mencionadas anteriormente, luego se determinan volúmenes que al ser sumados, dan como resultado las reservas totales.

### **Figura 1**

#### *Método de perfiles*



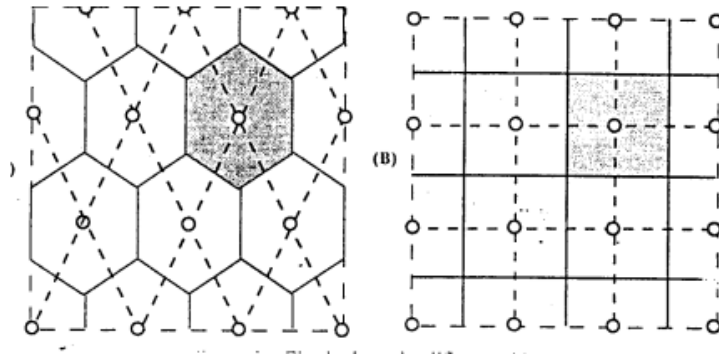
Nota: La figura representa el funcionamiento del método de perfiles. Tomado de *Apuntes modelación estimación de reservas* (p.10).

#### **Método de polígonos.**

Se trata de un método aplicado en yacimientos donde se presenta una escasa variación en la calidad del material, su aplicación es muy parecida al método de triángulos. (Bustillo & López, 1997). Si al utilizar el método de triángulos, se obtienen formas irregulares, con ángulos agudos por ejemplo, es mejor utilizar el método de polígonos, el cual consiste en hacer un sondeo en la parte central del polígono, ya que de esta manera se pueden proyectar mediatrices que permitan generar otros polígonos alrededor.

**Figura 2:**

*Simplificación del método de polígonos*



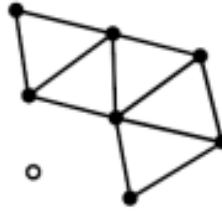
Nota: La figura representa sondeos en malla regular que simplifican al método de los polígonos. Tomado de *Apuntes modelación estimación de reservas* (p.9).

### **Método de triángulos**

Se realiza por medio de sondeos en el cuerpo mineral, para que luego sean concatenados y den como resultado formas triangulares, dichas figuras permiten obtener un volumen al encontrar el área y el espesor de cada triángulo generado anteriormente. A través de estos datos es posible encontrar el volumen de cada figura, la suma de todas las figuras darían como resultado el volumen total.

**Figura 3:**

*Método de Triángulos para estimar reservas*



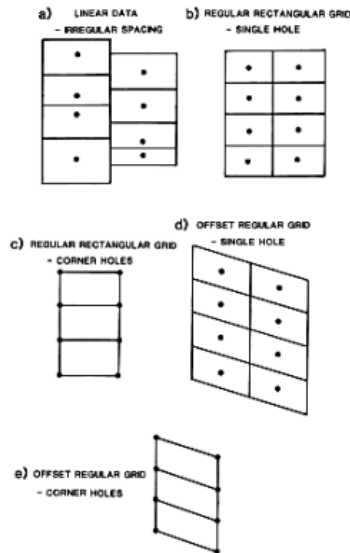
Nota: La figura representa de manera simple como funciona el método de triángulos y como se generan por medio de puntos (sondeos). Tomado de *Annels (1991)*.

**Método de matrices de bloques**

Este método es parecido al utilizado en el método de polígonos, y es recomendado al principio de un proyecto, más específicamente es la fase de exploración, debido a su rápida renovación de la reserva, ya que las perforaciones y su precisión no son un factor crucial. (Annels 1991).

**Figura 4:**

*Método de las matrices de bloques*



Nota: Las figuras representan el método de matrices de bloques de diferentes formas.

Tomado de *Annels (1991)*

**Métodos de contornos**

Si en la distribución de datos se denotan tendencias, es posible elaborar contornos, sobretodo en mineralizaciones con potencia y ley que no cuentan con un cambio tan brusco, pudiendo obtener isolíneas de espesores o leyes. (Bustillo & López, 1997).

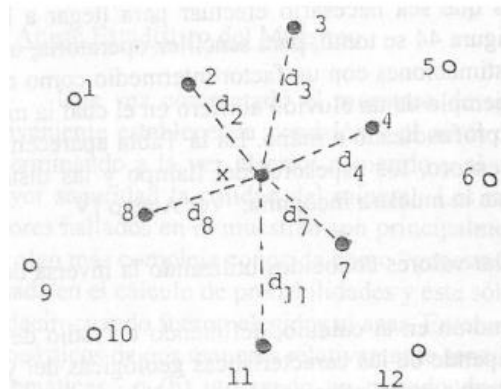
**Método de inverso a la distancia**

Viene a ser un método muy usado en el cálculo de reservas, se explica de la siguiente manera: darle un valor a un punto o bloque específico a través de la combinación lineal con otros puntos que se encuentren alrededor, siendo así que el valor dado disminuye con

forme exista más distancia del punto inicial, por lo tanto a menor distancia mayor valor y a mayor distancia menor valor.

**Figura 5:**

*Método de inverso a la distancia*



Nota: La figura muestra como se aplica el método de inverso a la distancia en base a 7 puntos. Tomado de *Apuntes modelación estimación de reservas (p.12)*.

**MineSight**

Este software es desarrollado por mintec inc, la cual esta activa desde 1970. Dicha empresa es una red global donde profesionales mineros comparten su conocimiento para poder crear herramientas en el ámbito minero. Así es como MineSight, se encarga de modelar y estimar recursos geológicos, además de la optimización y planificación. Contiene herramientas en diferentes áreas como exploraciones, geología, perforación, voladura y etc.

**Vida Útil**

La vida útil o vida de la explotación se logra hallar por medio de un análisis técnico que logre justificar que se cuenta con las necesidades suficientes para extraer las reservas minerales teniendo en cuenta la extracción anual del mineral. (Arrisbasplata, 2020)

Este método se utiliza para hallar la vida de una mina, en este caso se utilizara para un yacimiento no-metálico. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Vida\ útil = \left( \frac{material\ a\ extraer\ (m^3)}{Producción\ diaria\ x\ dias\ de\ trabajo\ del\ año\ (\frac{m^3}{año})} \right)$$

### Producción

Por otra parte, para encontrar el nivel de producción es necesario conocer el proceso de operación de la maquinaria encargada de extraer el material, es decir, conocer el ciclo de arranque, carga y transporte. (Chinchay & Yovera, 2020)

Para hallar el ciclo de la maquinaria de carguío y transporte se utiliza la siguiente formula.

$$T_{carguío} = T_{cargado} + T_{girocargado} + T_{descargue} + T_{girovacio} + T_{demora}$$

Luego los factores de producción diaria, mensual y anual se encuentran con las siguientes formulas.

$$P\ hora = \frac{P_{diaria}}{Jornada\ laboral}$$

$$P\ diaria = \frac{P_{mensual}}{dias\ trabajados\ al\ mes}$$

$$P\ mensual = \frac{P_{anual}}{Meses\ del\ año\ trabajados}$$

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo conocer el nivel óptimo de producción de la cantera “gracias padre nuestro” a través del cálculo de reservas?

## **1.3. Objetivos**

Calcular el nivel óptimo de producción a través del cálculo de reservas en la cantera “Gracias padre Eterno II” - Namora 2022.

## **1.4. Hipótesis**

- Realizar un estudio de la geología y topografía del terreno.
- Realizar un cálculo de reservas de la Cantera a través del software Minesight.
- Calcular el nivel óptimo de producción.

## **1.5. Justificación**

Los motivos para realizar el presente trabajo de investigación son de carácter personal, puesto que en el lugar encontramos un problema como es falta de conocimiento de la cantidad de reservas en el yacimiento no metálico de la cantera, falta de planeamiento para el ciclo de extracción, mal diseño para la selección de equipos y la vida útil de la cantera, provocando pérdidas económicas, de tiempo y maquinaria.



## 1.6. Hipótesis

Al conocer la cantidad de reservas existentes en la cantera “Gracias Padre Eterno”, será posible estimar un nivel óptimo de producción que permita extraer el material de manera eficiente en un tiempo determinado.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación viene a ser del tipo Aplicada, ya que busca crear una tecnología nueva en base a conocimientos ya obtenidos por medio de la investigación, para de esta manera poder conocer si dichos conocimientos pueden ser aplicados para un propósito en específico. (Hidalgo, 2005). Así también se trata de una investigación No experimental, debido a se realiza una prueba en la cual las variables no son manipuladas o modificadas por parte del investigador (Hernandez et al, 2003). Por otra parte el diseño de esta investigación es del tipo descriptivo, ya que busca estimar una magnitud, ayudándose del análisis e interpretación de datos sobre una muestra poblacional, midiendo las variables escogidas en este documento. (Uriarte, 2005).

### **Población:**

La población tomada en el presente trabajo de investigación se conforma de todas las canteras de hormigón que se encuentran operando en la Región Cajamarca.

### **Muestras:**

La muestra elegida para ser estudiada se conforma por la cantera de hormigón “Gracias Padre Eterno” ubicada en Namora, Cajamarca.

Las técnicas e instrumentos utilizados para recolectar los datos y que hacen posible el desarrollo de esta investigación, se muestran a continuación.

### **Observación Directa**

Esta técnica nos permite obtener datos de manera objetiva a través de la observación directa en campo, de esta manera se logra describir de forma breve pero detallada el ambiente donde se realizará la investigación. En este caso analizar el área de estudio de la cantera, tomando registros en una libreta de notas.

### **Análisis Documental**

Se realizó una búsqueda y consulta de distintas fuentes bibliográficas, las cuales se relacionaran con las variables estudiadas en esta investigación. Los documentos revisados pertenecieron a informes de tesis y artículos científicos. Se consultaron y revisaron diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con las variables de estudio como: manuales, informes de tesis, y otros. Accediendo y consultando en distintos repositorios confiables.

### **Procedimiento de recolección de datos**

Con la finalidad de que se cumpla con el tiempo establecido nuestro trabajo de investigación se programó de la siguiente manera:

### **Trabajo de gabinete**

Con sitio en la búsqueda bibliográfica en buscadores académicos con validez científica como Dialnet, Scielo, Redalyc y ScienceDirect relacionadas con nuestro tema para recolectar y analizar datos de todas las fuentes que pudieran aportar conocimiento y permitan obtener los objetivos planteados. También se utilizó Google earth para tener una idea clara de la ubicación y acceso de la zona, y mediante el Geocatmin tener nociones de su litología.

### **Trabajo de campo**

Se realizó una visita a la zona de estudio, donde se empezó a recolectar puntos GPS para delimitar la zona, así mismo, se recolectaron muestras de mano para verificar si la litología corresponde con lo que nos arrojó el servidor Geocatmin, de esta manera los datos serían más reales.

### **Trabajo de gabinete post campo**

Se registraron todos los puntos GPS tomados en la etapa anterior en el software Excel, ordenándolos correctamente según sus coordenadas UTM y su altitud; luego se ingreso el archivo Excel al software minesight, el cual, por medio de la triangulación de los puntos mencionados generó un modelo en 3D y el volumen de la zona de interés; procediendo a realizar los cálculos de la maquinaria, producción y así desarrollar los objetivos planteados.

### **Análisis de datos**

Los puntos GPS fueron ingresados al software Minesight, para crear un sólido de las reservas y así calcular su volumen.

### **Aspectos éticos**

Se está citando y referenciando de forma correcta para preservar su integridad de su investigaciones de los autores; tener autorización para el ingreso y toma de muestras, así como informarles de nuestros hallazgos a los propietarios; tener consentimiento para la

publicación de nuestro trabajo de investigación, cumplir con las normas APA. Usar la metodología IMRyD para el desarrollo de nuestra investigación.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### Zona de Estudio

### Geología Regional

**Tabla 1**

*Geología Regional de la zona de estudio*

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito Fluvial	Q-fl	Gravas, arenas y limos depositados en los cauces de los rios
			Depósito aluvial	Q-al	Gravas con clastos, matriz arenosa que se presentan en márgenes de los ríos
			Depósito lacustrino	Q-la	Material fino areno-arcilloso depositados en pequeñas cuencas
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Grupo pullucana	Ks -pu	Calizas grises, lutitas friables y niveles de margas
		INFERIOR	Formación Chulec, Pariatambo	Ki-chu,pt	Calizas negras, Lutitas grises y calizas lutáceas
			Formación Inca	Ki-i	Caliza masiva, brechas calcáreas, areniscas y lutitas ferruginosas
			Grupo Goyllarisquizga	Ki-g	Formaciones con presencia de cuarcitas de grano grueso, serie de conglomeraos

Nota: En esta tabla se muestran las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus tiempos geológicos y su nomenclatura.

En la Tabla 1 se pueden observar las unidades litoestratigráficas más representativas de forma regional en el área de estudio, dichas unidades se encuentran ordenadas cronológicamente y se encuentra dentro de los cuadrángulo de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, más específicamente el Cuadrángulo San Marcos 15g.

### **Geología local**

Una vez analizada la Geología Regional podemos describir las formaciones más representativas en la zona de estudio, las cuales son:

#### **Formación Farrat (Ki -f)**

Formación perteneciente al cretáceo inferior, se conforma de cuarcitas y areniscas blancas, las cuales cuentan con granos de tamaño medio a grueso, en promedio alcanza un espesor de 500m. Viene a ser la formación que abarca más área en la zona de estudio.

Esta formación llega a extenderse hasta el norte del Perú, correlacionándose con la formación Llacanora en su parte superior.

#### **Deposito Lacustrino (Q-la)**

Se trata de materiales depositados de manera algo horizontal en diferentes cuencas de pequeño tamaño en donde se ubicaban lagunas anteriormente. Suelen tener un material fino areno- arcillosos, donde suelen intercalarse gravas y conglomerados delgados. Dichos depósitos se pueden encontrar en la Pampa de la Cuelbra, Pampa de Polloc, pueblo de Cajamarca, Baños del Inca, entre otros.

#### **Grupo Goyllarisquizga (Ki -g)**

Este grupo se conforma con las formaciones de Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Se limita con afloramientos por el sector noreste del cuadrángulo de San Marcos, aunque se sabe que se extiende por toda la región. En cuanto a su litología se conforma de cuarcitas blancas masivas y areniscas de grame medio y color blanquecino, también tiene intercalación de lutitas marrones y grises. Cuenta con un espesor de 200 a 500 m aproximadamente.

Para poder delimitar la zona de estudio se utilizó el GPS para tomar diferentes puntos en campo. Encontrando un área total de 78, 238 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2**

*Puntos GPS del área de la zona*

N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA
1	794674	9205641	3094.1	128	794555	9205859	3142.5	255	794489	9205750	3143.2
2	794686	9205644	3092.2	129	794506	9205861	3150	256	794633	9205751	3112.3
3	794666	9205645	3096.2	130	794775	9205864	3128.7	257	794484	9205754	3144.7
4	794697	9205646	3090.5	131	794494	9205865	3152.2	258	794825	9205754	3107.8
5	794710	9205650	3088.8	132	794487	9205868	3153.2	259	794478	9205757	3146.5
6	794657	9205650	3098.6	133	794540	9205873	3143.8	260	794473	9205761	3148
7	794722	9205651	3087.7	134	794565	9205873	3140.7	261	794832	9205762	3110.7
8	794735	9205655	3087.1	135	794708	9205874	3131.4	262	794724	9205765	3112.3
9	794747	9205656	3086.2	136	794482	9205877	3153.1	263	794468	9205766	3149.6
10	794648	9205657	3101.2	137	794517	9205878	3146.7	264	794578	9205768	3124.9
11	794757	9205659	3085.9	138	794772	9205878	3125.9	265	794502	9205769	3141.7
12	794641	9205663	3103.3	139	794492	9205879	3151.1	266	794836	9205770	3113.7
13	794768	9205664	3086.1	140	794603	9205881	3135.4	267	794465	9205771	3150.7
14	794777	9205666	3085.8	141	794652	9205886	3131.6	268	794785	9205771	3115.6
15	794635	9205670	3105.2	142	794769	9205886	3124.5	269	794478	9205775	3147.7
16	794714	9205671	3092.3	143	794479	9205886	3152.7	270	794844	9205776	3113.2
17	794628	9205674	3106.8	144	794552	9205889	3140.9	271	794462	9205777	3151.4
18	794779	9205674	3087.6	145	794478	9205894	3152	272	794536	9205777	3134.3
19	794788	9205679	3088.3	146	794764	9205895	3123.1	273	794734	9205777	3115
20	794622	9205680	3108.6	147	794584	9205895	3136.4	274	794458	9205783	3152.2
21	794797	9205682	3088.9	148	794506	9205897	3146.9	275	794841	9205784	3113.3
22	794614	9205684	3111.2	149	794531	9205898	3142.7	276	794459	9205788	3151.8
23	794836	9205686	3088.1	150	794477	9205903	3151.2	277	794515	9205791	3139



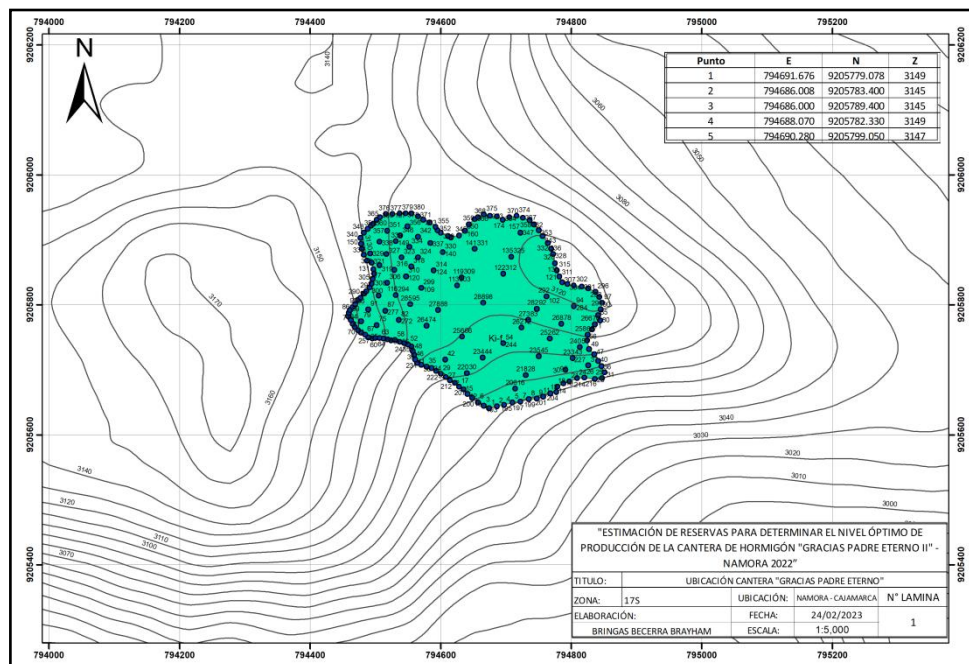
N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA
24	794809	9205687	3090.2	151	794616	9205904	3131.6	278	794596	9205792	3123.3
25	794847	9205687	3087.8	152	794565	9205905	3137.9	279	794461	9205792	3151.3
26	794820	9205688	3089.9	153	794756	9205906	3121.6	280	794845	9205793	3112.7
27	794608	9205689	3113.8	154	794611	9205906	3132	281	794489	9205793	3144.9
28	794730	9205692	3097	155	794628	9205907	3130.4	282	794747	9205794	3116.5
29	794600	9205694	3116.9	156	794538	9205907	3141	283	794465	9205797	3150.2
30	794640	9205695	3108.9	157	794722	9205911	3124.2	284	794804	9205798	3116.6
31	794851	9205696	3091.2	158	794482	9205911	3149.5	285	794553	9205801	3131.7
32	794593	9205698	3119.5	159	794600	9205911	3132.9	286	794469	9205801	3149.2
33	794791	9205700	3096.5	160	794637	9205914	3129.1	287	794847	9205803	3112.2
34	794586	9205703	3122.2	161	794518	9205914	3143.3	288	794665	9205803	3118.8
35	794578	9205705	3124.7	162	794595	9205915	3133.2	289	794473	9205808	3148.2
36	794846	9205706	3095.7	163	794750	9205915	3120.5	290	794477	9205811	3147.3
37	794826	9205707	3097.3	164	794488	9205917	3147.8	291	794843	9205812	3112.4
38	794570	9205708	3127.2	165	794592	9205920	3133.1	292	794762	9205813	3117.7
39	794564	9205711	3129.2	166	794549	9205921	3138.4	293	794505	9205814	3141.2
40	794841	9205714	3099.3	167	794493	9205922	3146.5	294	794531	9205815	3135.9
41	794561	9205716	3130.7	168	794743	9205924	3119.6	295	794482	9205817	3146.1
42	794607	9205716	3118.8	169	794643	9205924	3127.7	296	794837	9205820	3113
43	794802	9205718	3103.4	170	794497	9205925	3145.6	297	794486	9205821	3145.2
44	794664	9205719	3111.5	171	794583	9205927	3133.6	298	794826	9205825	3114.3
45	794750	9205721	3106.1	172	794736	9205930	3119.3	299	794570	9205826	3130
46	794559	9205723	3132.1	173	794573	9205931	3134.5	300	794491	9205827	3144.1
47	794835	9205724	3103.8	174	794695	9205931	3123.2	301	794816	9205828	3115.6
48	794557	9205729	3133.4	175	794502	9205931	3144.2	302	794804	9205830	3117.3
49	794827	9205732	3107.6	176	794652	9205932	3126.1	303	794625	9205830	3122.6
50	794813	9205735	3109.7	177	794726	9205934	3119.8	304	794794	9205832	3117.7
51	794555	9205736	3134.7	178	794657	9205935	3125.4	305	794494	9205833	3143.5
52	794550	9205739	3136.3	179	794507	9205935	3143.1	306	794518	9205834	3138.6
53	794544	9205741	3137.9	180	794705	9205935	3121.9	307	794786	9205835	3118.1
54	794696	9205741	3114.6	181	794565	9205936	3135	308	794496	9205840	3143
55	794537	9205743	3139.8	182	794686	9205936	3123.1	309	794632	9205842	3123.6
56	794824	9205745	3113.1	183	794675	9205937	3123.8	310	794547	9205844	3134.1
57	794524	9205745	3143.1	184	794716	9205937	3120.6	311	794782	9205844	3118.6
58	794530	9205746	3141.7	185	794666	9205939	3124.2	312	794696	9205848	3122.7
59	794519	9205747	3144.5	186	794516	9205940	3141.3	313	794498	9205848	3142.6
60	794495	9205748	3150.5	187	794526	9205940	3139.8	314	794589	9205853	3128.9
61	794512	9205748	3146.3	188	794546	9205941	3137	315	794778	9205853	3119.2
62	794767	9205748	3115.7	189	794537	9205941	3138.2	316	794529	9205854	3136.7
63	794506	9205749	3147.9	190	794555	9205941	3135.9	317	794497	9205855	3142.7
64	794500	9205749	3149.4	191	794674	9205641	3085.1	318	794555	9205859	3133.5
65	794489	9205750	3152.2	192	794686	9205644	3083.2	319	794506	9205861	3141
66	794633	9205751	3121.3	193	794666	9205645	3087.2	320	794775	9205864	3119.7
67	794484	9205754	3153.7	194	794697	9205646	3081.5	321	794494	9205865	3143.2
68	794825	9205754	3116.8	195	794710	9205650	3079.8	322	794487	9205868	3144.2

N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA
69	794478	9205757	3155.5	196	794657	9205650	3089.6	323	794540	9205873	3134.8
70	794473	9205761	3157	197	794722	9205651	3078.7	324	794565	9205873	3131.7
71	794832	9205762	3119.7	198	794735	9205655	3078.1	325	794708	9205874	3122.4
72	794724	9205765	3121.3	199	794747	9205656	3077.2	326	794482	9205877	3144.1
73	794468	9205766	3158.6	200	794648	9205657	3092.2	327	794517	9205878	3137.7
74	794578	9205768	3133.9	201	794757	9205659	3076.9	328	794772	9205878	3116.9
75	794502	9205769	3150.7	202	794641	9205663	3094.3	329	794492	9205879	3142.1
76	794836	9205770	3122.7	203	794768	9205664	3077.1	330	794603	9205881	3126.4
77	794465	9205771	3159.7	204	794777	9205666	3076.8	331	794652	9205886	3122.6
78	794785	9205771	3124.6	205	794635	9205670	3096.2	332	794769	9205886	3115.5
79	794478	9205775	3156.7	206	794714	9205671	3083.3	333	794479	9205886	3143.7
80	794844	9205776	3122.2	207	794628	9205674	3097.8	334	794552	9205889	3131.9
81	794462	9205777	3160.4	208	794779	9205674	3078.6	335	794478	9205894	3143
82	794536	9205777	3143.3	209	794788	9205679	3079.3	336	794764	9205895	3114.1
83	794734	9205777	3124	210	794622	9205680	3099.6	337	794584	9205895	3127.4
84	794458	9205783	3161.2	211	794797	9205682	3079.9	338	794506	9205897	3137.9
85	794841	9205784	3122.3	212	794614	9205684	3102.2	339	794531	9205898	3133.7
86	794459	9205788	3160.8	213	794836	9205686	3079.1	340	794477	9205903	3142.2
87	794515	9205791	3148	214	794809	9205687	3081.2	341	794616	9205904	3122.6
88	794596	9205792	3132.3	215	794847	9205687	3078.8	342	794565	9205905	3128.9
89	794461	9205792	3160.3	216	794820	9205688	3080.9	343	794756	9205906	3112.6
90	794845	9205793	3121.7	217	794608	9205689	3104.8	344	794611	9205906	3123
91	794489	9205793	3153.9	218	794730	9205692	3088	345	794628	9205907	3121.4
92	794747	9205794	3125.5	219	794600	9205694	3107.9	346	794538	9205907	3132
93	794465	9205797	3159.2	220	794640	9205695	3099.9	347	794722	9205911	3115.2
94	794804	9205798	3125.6	221	794851	9205696	3082.2	348	794482	9205911	3140.5
95	794553	9205801	3140.7	222	794593	9205698	3110.5	349	794600	9205911	3123.9
96	794469	9205801	3158.2	223	794791	9205700	3087.5	350	794637	9205914	3120.1
97	794847	9205803	3121.2	224	794586	9205703	3113.2	351	794518	9205914	3134.3
98	794665	9205803	3127.8	225	794578	9205705	3115.7	352	794595	9205915	3124.2
99	794473	9205808	3157.2	226	794846	9205706	3086.7	353	794750	9205915	3111.5
100	794477	9205811	3156.3	227	794826	9205707	3088.3	354	794488	9205917	3138.8
101	794843	9205812	3121.4	228	794570	9205708	3118.2	355	794592	9205920	3124.1
102	794762	9205813	3126.7	229	794564	9205711	3120.2	356	794549	9205921	3129.4
103	794505	9205814	3150.2	230	794841	9205714	3090.3	357	794493	9205922	3137.5
104	794531	9205815	3144.9	231	794561	9205716	3121.7	358	794743	9205924	3110.6
105	794482	9205817	3155.1	232	794607	9205716	3109.8	359	794643	9205924	3118.7
106	794837	9205820	3122	233	794802	9205718	3094.4	360	794497	9205925	3136.6
107	794486	9205821	3154.2	234	794664	9205719	3102.5	361	794583	9205927	3124.6
108	794826	9205825	3123.3	235	794750	9205721	3097.1	362	794736	9205930	3110.3
109	794570	9205826	3139	236	794559	9205723	3123.1	363	794573	9205931	3125.5
110	794491	9205827	3153.1	237	794835	9205724	3094.8	364	794695	9205931	3114.2
111	794816	9205828	3124.6	238	794557	9205729	3124.4	365	794502	9205931	3135.2
112	794804	9205830	3126.3	239	794827	9205732	3098.6	366	794652	9205932	3117.1
113	794625	9205830	3131.6	240	794813	9205735	3100.7	367	794726	9205934	3110.8

N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA	N°	ESTE	NORTE	COTA
114	794794	9205832	3126.7	241	794555	9205736	3125.7	368	794657	9205935	3116.4
115	794494	9205833	3152.5	242	794550	9205739	3127.3	369	794507	9205935	3134.1
116	794518	9205834	3147.6	243	794544	9205741	3128.9	370	794705	9205935	3112.9
117	794786	9205835	3127.1	244	794696	9205741	3105.6	371	794565	9205936	3126
118	794496	9205840	3152	245	794537	9205743	3130.8	372	794686	9205936	3114.1
119	794632	9205842	3132.6	246	794824	9205745	3104.1	373	794675	9205937	3114.8
120	794547	9205844	3143.1	247	794524	9205745	3134.1	374	794716	9205937	3111.6
121	794782	9205844	3127.6	248	794530	9205746	3132.7	375	794666	9205939	3115.2
122	794696	9205848	3131.7	249	794519	9205747	3135.5	376	794516	9205940	3132.3
123	794498	9205848	3151.6	250	794495	9205748	3141.5	377	794526	9205940	3130.8
124	794589	9205853	3137.9	251	794512	9205748	3137.3	378	794546	9205941	3128
125	794778	9205853	3128.2	252	794767	9205748	3106.7	379	794537	9205941	3129.2
126	794529	9205854	3145.7	253	794506	9205749	3138.9	380	794555	9205941	3126.9
127	794497	9205855	3151.7	254	794500	9205749	3140.4				

**Figura 6**

*Ubicación de Puntos GPS y área de Estudio*



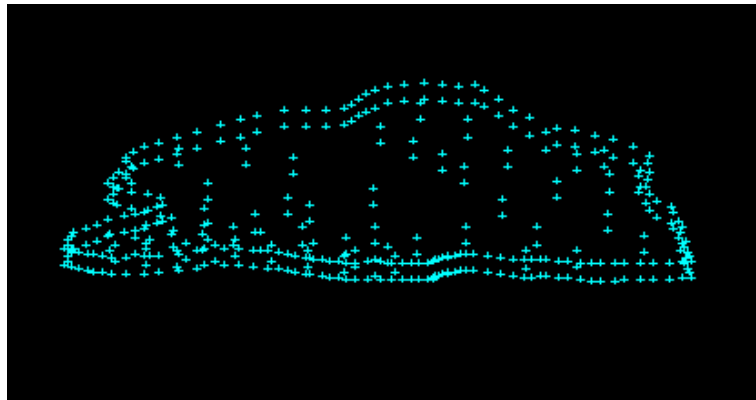
Nota: La figura representa la como los puntos GPS rodean la zona de estudio.

De esta manera, gracias a la toma de puntos, es posible realizar un mapa de ubicación de la zona, además que estos datos también serán introducidos en el software Minesight.

### **Figura 7**

*Puntos GPS Minesight*

#### **Cálculo de Volumen de la zona**

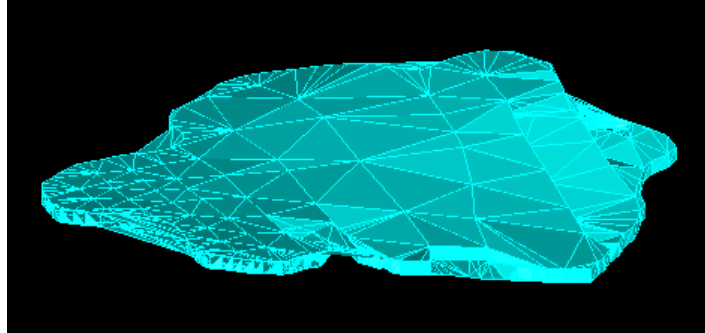


Nota: La figura representa como se muestran los puntos GPS al ser ingresados en el software Minesight.

Como se mencionó anteriormente, los puntos GPS obtenido en campo fueron ingresados al software Minesight.

## Figura 8

### *Triangulación de Puntos Minesight*



Notas: En la figura se muestra la triangulación de los puntos GPS en el software Minesight.

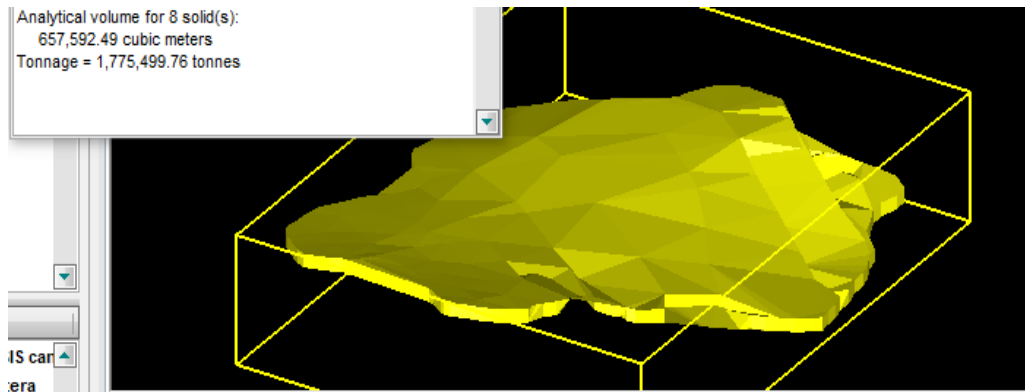
De esta manera se crearía una nube de puntos que represente la zona de estudio y que gracias al programa Minesight, es posible visualizar en tres dimensiones.

Ahora que los puntos han sido introducidos, es posible convertirlos en un sólido que represente el material al triangular dichos puntos. Por lo cual se procede a calcular las reservas Probables.

## Reservas Probables

### Figura 9

#### *Calculo del Volumen del Solido en Minesight*



Nota: La figura muestra el sólido terminado y el cálculo de su volumen respectivo con el software minesight.

Lo que hace el software es realizar una triangulación y así generar el sólido mencionado. Estimando que las reservas Probables de la zona son de 657,592.49 m<sup>3</sup> de material.

### **Nivel Óptimo de Producción.**

En base a los resultados del cálculo de reservas, podemos calcular cual sería el nivel óptimo de producción de la Cantera “Gracias Padre Eterno II” y así mismo, calcular su vida útil.

Lo mejor sería contar con una producción diaria que sea constante, pero hay que tener en cuenta que esto puede variar en el transcurso de la extracción. Entonces, sabiendo que existen un total de 657,592.49 m<sup>3</sup> a extraer y que el método de extracción es por

medios mecánicos debido a la topografía, es necesario conocer cuál sería la producción a través de una cargador frontal.

En este caso analizaremos una excavadora CAT 336DL debido a su relación costo beneficio, su modernidad, seguridad y confiabilidad. El cual según las especificaciones de su manual de uso, cuenta con una capacidad del cucharón de 1.6 m<sup>3</sup>, una Longitud de 11.21 m y un ancho de Pala de 1.35 m.

**Tabla 3**

*Ciclo de Carguío*

<b>Ciclo de la exavadora CAT 336DL</b>		
	<b>Tiempo sistema hidráulico</b>	<b>Tiempo (s)</b>
Sistema Hidráulico	Carga	8
	Descarga	9
	Giros del cucharon	16
	Encendido y Apagado	5
	Total (s)	38
	Total (min)	0.38

Nota: La tabla muestra la sumatoria de los tiempos de sistema hidráulico. Modificado de Chinchay & Yovera, 2020

Con estos datos calcularemos el tiempo total de carguío de la maquinaria, considerando 2 minutos de tiempo entre las maniobras o algún factor que cause demoras en el Ciclo de carguío, teniendo así:

$$T_{tc} = T_c + T_d$$

$$T_{tc} = 0.38 + 2.00$$

$$T_{tc} = 2.38 \text{ min}$$

Para hallar el rendimiento del cargador frontal es necesario diferenciar entre el valor nominal y el valor real de rendimiento.

Se realiza el cálculo de rendimiento de la maquinaria en m<sup>3</sup>/hora, ayudándonos de la siguiente formula:

$$R = \frac{3600 \times E \times Q \times K}{T \times FV}; \frac{m^3}{h}$$

En donde:

E= Eficiencia General

Q= Capacidad del cucharón en m<sup>3</sup>

K= Coeficiente de carga

T= Tiempo de un ciclo

FV= factor de abundamiento

**Coeficiente de carga:** Para calcular el valor de K hay que tener en cuenta cual es el material a tratar, ayudándonos de la siguiente formula donde el porcentaje de esponjamiento de la arena y la grava es 0.09.

$$k = \frac{1}{1 + \%Esponjamiento}$$

$$k = \frac{1}{1 + 0.09}$$

$$k = 0.92$$

**Factor de Abundamiento:** Teniendo en cuenta el tipo de material, se toma un valor de 0.12



**Eficiencia:** Para la eficiencia tomaremos el valor de 50 min/hora teniendo en cuenta como es la zona de la cantera, por lo tanto la eficiencia será

$$E = 50/60$$

$$E = 0.83$$

Teniendo en cuenta estos datos se procede a calcular el rendimiento:

$$R = \frac{3600 \times 1.6 \times 0.83 \times 0.92}{38 \times 1.15} \frac{m^3}{h}$$

$$R = 90.80 \frac{m^3}{h}$$

Este dato representaría el valor Real de rendimiento de la excavadora. Ahora se procede a encontrar el Valor Nominal de rendimiento, para esto es necesario guiarse de los valores teóricos del manual Caterpillar, donde el rendimiento teórico en un ambiente óptimo con un total de 60 minutos de trabajo, teniendo un tiempo de 0.38 segundos y una capacidad de cucharón de 1,35, sería de:

$$R_{max} = 133 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Con una eficiencia de  $E = 0.83$  el rendimiento sería:

$$R = R_{max} \times E$$

$$R = 133 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.83$$

$$R = 110.39 \text{ m}^3/\text{hr}$$

La diferencia entre el Rendimiento Real y Nominal es de  $19.59 \text{ m}^3/\text{hr}$

Seguidamente se realiza un cálculo de la producción diaria del cargador frontal LIUGONG, teniendo en cuenta que se realiza un trabajo de 5 horas, el rendimiento real y utilizando el valor del tiempo total de carguío.

**Tabla 4**

*Cálculo de Producción diaria (Valor Nominal)*

<b>Producción diaria del cargador frontal LiuGong 856H (Valor Nominal)</b>	
Ciclos por Hora	26
Capacidad del Cucharón (m3)	1.6
Producción por ciclo (m3)	1.6
Producción por hora (m3)	100.59
Horas Trabajadas al día	5
Producción al día (m3)	502.95

Nota: La producción al día sería la multiplicación de la producción por hora por las horas trabajadas al día. Modificado de Chinchay & Yovera, 2020

Ahora que se conoce la producción diaria, es posible encontrar la producción anual y por ende el nivel óptimo de producción.

**Tabla 5**

*Producción en base a los días trabajados en el año*

<b>Vida útil de la cantera</b>	
Producción diaria (m3)	502.95
Días laborales al Mes	26
Días en el año	300
Producción Anual	150,885
Reservas Totales	657,592.49
Reservas	4.35 años

Es así que la producción optima sería de 150,885 m<sup>3</sup> anuales, con lo cual se terminaría de extraer todas las reservas en 4.35 años.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Durante la realización de este trabajo de investigación, existieron diferentes obstáculos, como la accesibilidad de la zona, la cual requiere de movilidad particular para poder ingresar. Además de que el camino es algo complicado de realizar para un vehículo no especializado, ya que la maquinaria que labora en dicha zona deja a su paso grandes cambios en el terreno y los caminos son muy variables, teniendo zonas con muchos huecos y desniveles. Así también, al realizar el levante topográfico en los alrededores, nos enfrentamos al clima lluvioso de la zona, teniendo así que resguardarnos y detener nuestras actividades, hasta que sea más seguro volver al trabajo. Lo cual afecto al tiempo de recolección de datos.

Gracias a los resultados encontrados podemos observar que la topografía presenta una variación en su cota desde 3145 m.s.n.m. a 3161 m.s.n.m. Resultando así en una zona con un gran número de colinas, pero de poca altura. Así mismo gracias al procesamiento de los puntos GPS en el software Minesight, se lograron hallar un total de 657,592.93 m<sup>3</sup> de reservas, las cuales, de preferencia, serían extraídas con una producción diaria de 502.95 m<sup>3</sup>, concluyendo su extracción en un periodo de aproximadamente 4 años, sin tener en cuenta factores como la precipitación o el mal funcionamiento de una maquinaria. De esta manera se prueba la hipótesis planteada, donde gracias al cálculo de reservas es posible obtener el nivel óptimo de producción.

### **Discusión**

Es así podemos realizar una comparativa con las investigaciones de Crisanto, M. (2019) donde se hace uso del software Recmin para la estimación de reservas, dicho

software generó un sólido en base a los puntos GPS generados en campo, del cual se pudo encontrar su volumen gracias al método de perfiles aplicado en dicho software. Para ello se hizo uso de 72 puntos GPS. En nuestra investigación se utilizaron un total de 380 puntos GPS, los cuales fueron introducidos en el software minesight para hallar el volumen del sólido, mediante una triangulación de dichos puntos.

Por otra parte en la investigación de Castro, B. (2015) *“Propuesta de implementación de plan de minado en la cantera de Dolomita Jajahuasi 2001 de la comunidad campesina Llocllapampa - provincia de Jauja”* se realiza un levantamiento topográfico y geológico a detalle, el cual, luego es procesado en el software minesight, tratándose así de un área mucho más grande, con 50 hectáreas de dolomita. En nuestra investigación, se hace uso del mismo software, pero haciendo un levantamiento topográfico y geológico de manera más superficial ya que solo se trabaja en un área de 7 hectáreas.

Así también en la investigación de Marquina, O. S. (2018), *“Incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión San Juan, empresa Calinor S.A.C, Cajamarca, 2018”* en donde al calcular las reservas de la cantera seleccionada, se ayuda de 14 perfiles, calicatas, análisis geo mecánicos, y diversos softwares. Por otra parte Vásquez, M. & Ramos, C. (2018) trabaja de manera similar, aunque se hace uso de menos análisis geo mecánicos y calicatas. Por último Muñoz, J. (2018) solamente aplica calicatas. Entendiendo así, que para proyectos más grandes, el uso de muchas más herramientas permiten una mayor exactitud a la hora de estimar reservas. En el caso de este documento, los procesos fueron más simplificados, debido a ciertas limitaciones como lo son las temporadas de lluvia. Por lo cual nos ayudamos de datos proporcionados por los

encargados de la cantera para avanzar en el proyecto. Pero, creemos que la realización de calicatas es un factor importante y de gran ayuda a la hora de estimar reservas.

Igualmente, en Chinchay, R. & Yovera, M. (2020) *“Cálculo de Reservas para Determinar el Método de Explotación en la Cantera Rio Cascajal, Distrito de Olmos, Departamento de Lambayeque”* se hace análisis de un cargador frontal LiuGong CLG865 para la extracción del material, el cual tiene un ciclo de carguío de 2,36 minutos, pudiendo producir en un día 382 m<sup>3</sup>. En nuestra investigación la excavadora CAT 336DL cuenta con un ciclo de carguío de 2.38 minutos, pudiendo producir 502,95 m<sup>3</sup> al día.

Así también en Arribasplata, C. (2020). *“Cálculo de reservas para determinar la vida útil de La Cantera Mabeisa – Ferreñafe.”* Donde al encontrar los datos de producción mensual y Anual, se obtiene un volumen de 3,000 m<sup>3</sup> y 36,000 m<sup>3</sup> respectivamente, determinando 25 años de vida útil. Mientras que en nuestra investigación encontramos una producción anual de 150,885 m<sup>3</sup>, determinando una vida útil de 4 años.

## **Conclusiones**

- De los estudios Geológicos y Topográficos, podemos determinar que la cantera se encuentra en una zona con topografía ligeramente accidentada, sobre todo en las zonas de extracción, pero permitiendo un buen acceso. Así también abunda el material gravítico y arenoso en dicha zona.
- Se concluye encontrar un total de 657,592.49 m<sup>3</sup> de material al realizar el cálculo de reservas probables en el software minesight. Con un total de 380 puntos GPS y en un área total de 78,238 m<sup>2</sup>

- Seguidamente se calculó que la excavadora sería capaz de trabajar extrayendo 90.80 m<sup>3</sup>/h y 502.95 m<sup>3</sup> diarios. Finalmente la cantera tendría 4 años de vida útil.

## Referencias

- Arribasplata, C. (2020). *Cálculo de reservas para determinar la vida útil de la cantera Mabeisa - Ferreñafe*. Universidad César Vallejo, Chiclayo. Perú.
- Castro, B. (2015) *Propuesta de implementación de plan de minado en la cantera de Dolomita Jajahuasi 2001 de la comunidad campesina Llocllapampa - provincia de Jauja*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Chambers, J. et all. (2013), *River terrace sand and gravel deposit reserve estimation using three-dimensional electrical resistivity tomography for bedrock surface detection*, Diario de Geofísica aplicada.
- Chinchay, R. & Yovera, M. (2020) *Cálculo de reservas para determinar el método de explotación en la cantera Río Cascajal, distrito de Olmos, departamento de Lambayeque*. Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Crisanto, M. (2019). *Cálculo de las reservas para determinar una secuencia de extracción óptima en la Cantera Castro I, San Nicolás – Saña*. Universidad César Vallejo, Chiclayo – Perú.
- Cuesta, G. et all. (2022) *Diseño de Explotación para la Cantera Municipal Perteneciente a la Parroquia Macas, en el Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago*. Escuela Superior Técnica de Chimborazo, Morona Santiago, Ecuador
- Ferrero, A. et all. (2017) *Aplicación práctica de la metodología de caracterización geológico-minera al yacimiento de granito "Rosa Porriño" (Galicia, España). Cartografía de calidades y estimación y distribución de reservas para la planificación de su explotación*. Galicia, España.



- Marquina, O. (2018). *Incidencia del cálculo de reservas en la viabilidad de explotación de la concesión san juan, empresa calinor S.A.C, Cajamarca, 2018*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Perú.
- Miguel, F. (2020) *Cálculo de la tasa de producción óptima en minería a cielo abierto*, Universidad de Concepción.
- Mundo, R. Granado, R. & Urdaneta, J. (2020) *Geoestadística aplicada a la distribución de arcillas, Yacimiento Inferior, edad Eoceno, al Occidente de Venezuela*. Universidad Industrial de Santander. Venezuela.
- Muñoz, J, (2018) *Planificación minera a corto plazo para la sostenibilidad de la explotación en cantera 7 de noviembre - Nueva Arica*. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Musik, J. et all. (2015), *Limestone Quarry Reserve Estimation by Laser Scanning and GIS Tools*. Universidad de Zilina, Republica Checa.
- Rodríguez, I. (2017) *Cálculo de reservas del macizo rocoso cantera los deseos en el municipio de san juan del cesar- la guajira*. Fundación Universitaria del Área Andina, La Guajira, Colombia.
- Vásquez, M. & Ramos, C. (2018). *Cálculo de reservas para la explotación de la cantera de arena cachachi, provincia Cajabamba, Cajamarca, 2018*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Perú.

## Anexos

### ANEXO N° 1. Captura de fotografías de la zona de estudio.



## **ANEXO N° 2. Obteniendo puntos GPS.**



### ANEXO N° 3. Captura de fotografías de la zona de estudio



#### **ANEXO N° 4. Toma de Puntos GPS**





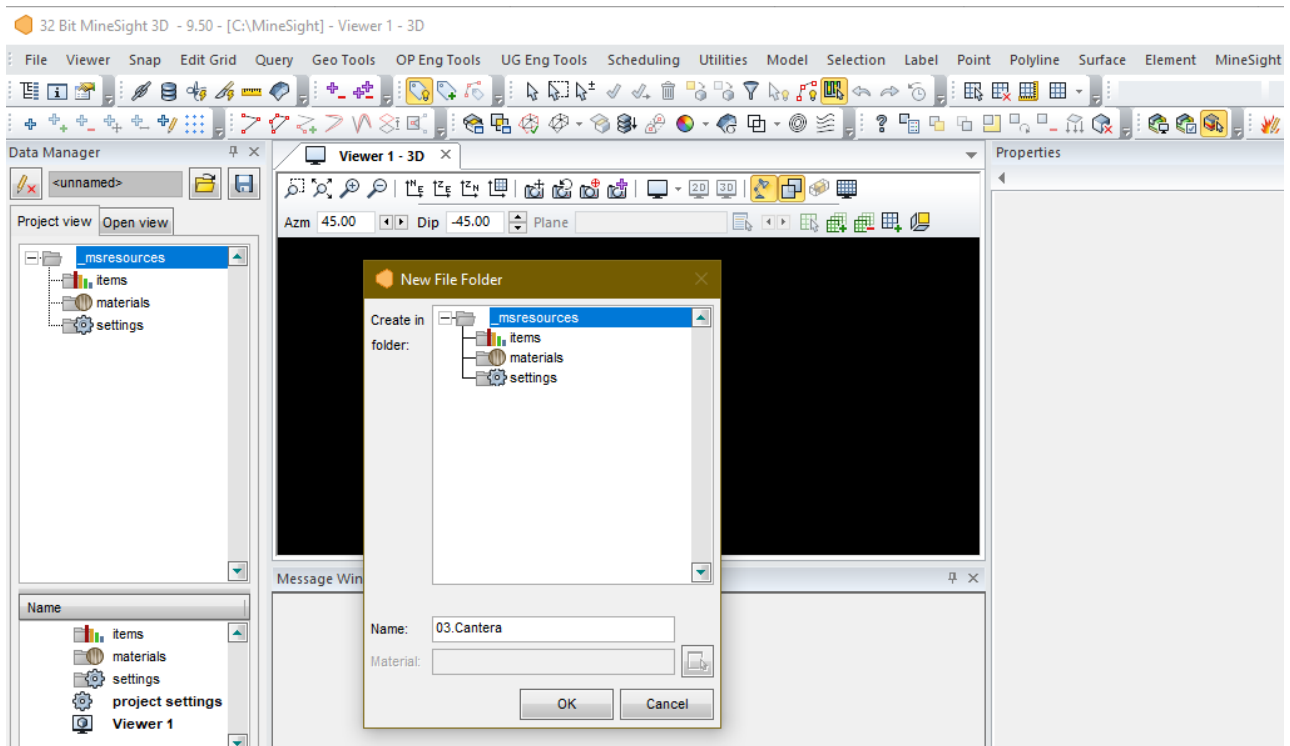
## ANEXO N° 5. Toma de Puntos GPS



## ANEXO N° 6. Toma de Puntos GPS

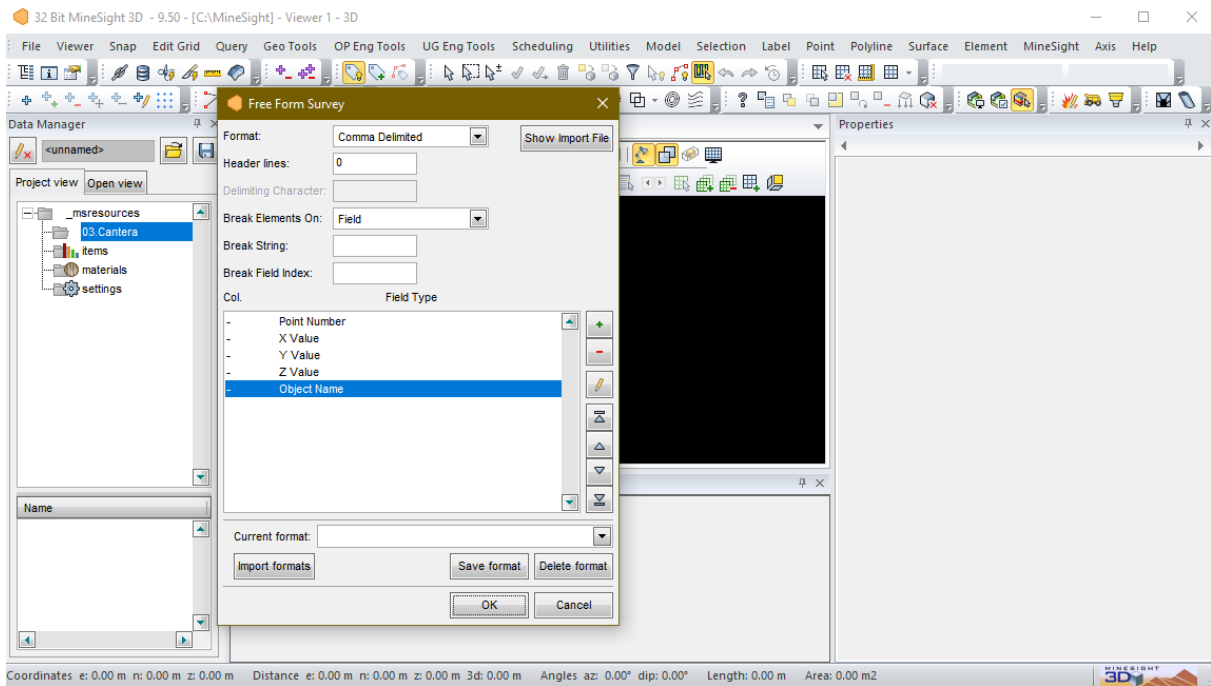


### ANEXO N° 7. Creación del espacio de trabajo en Minesight.

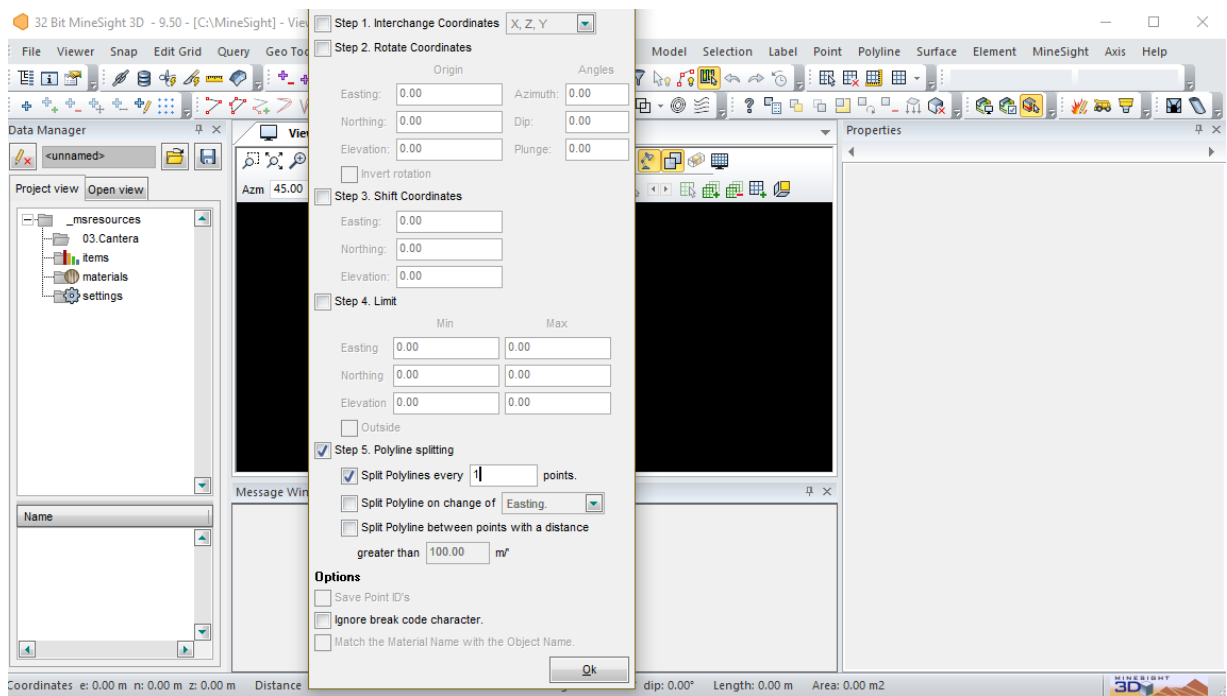




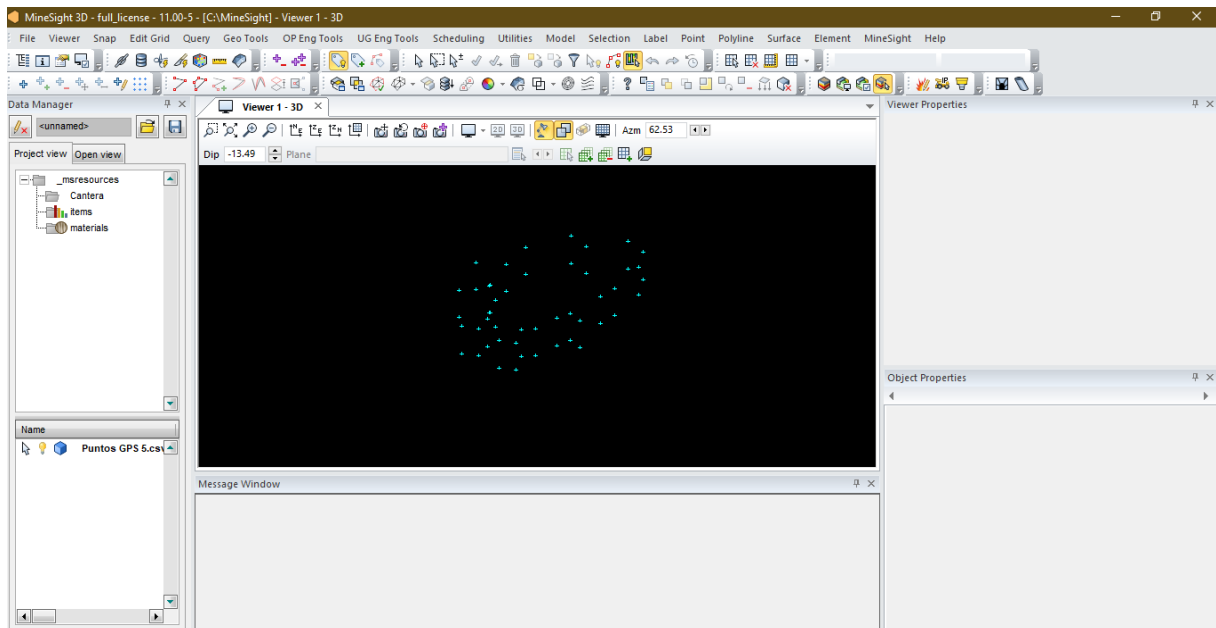
## ANEXO N° 8. Ingreso de los Puntos GPS.



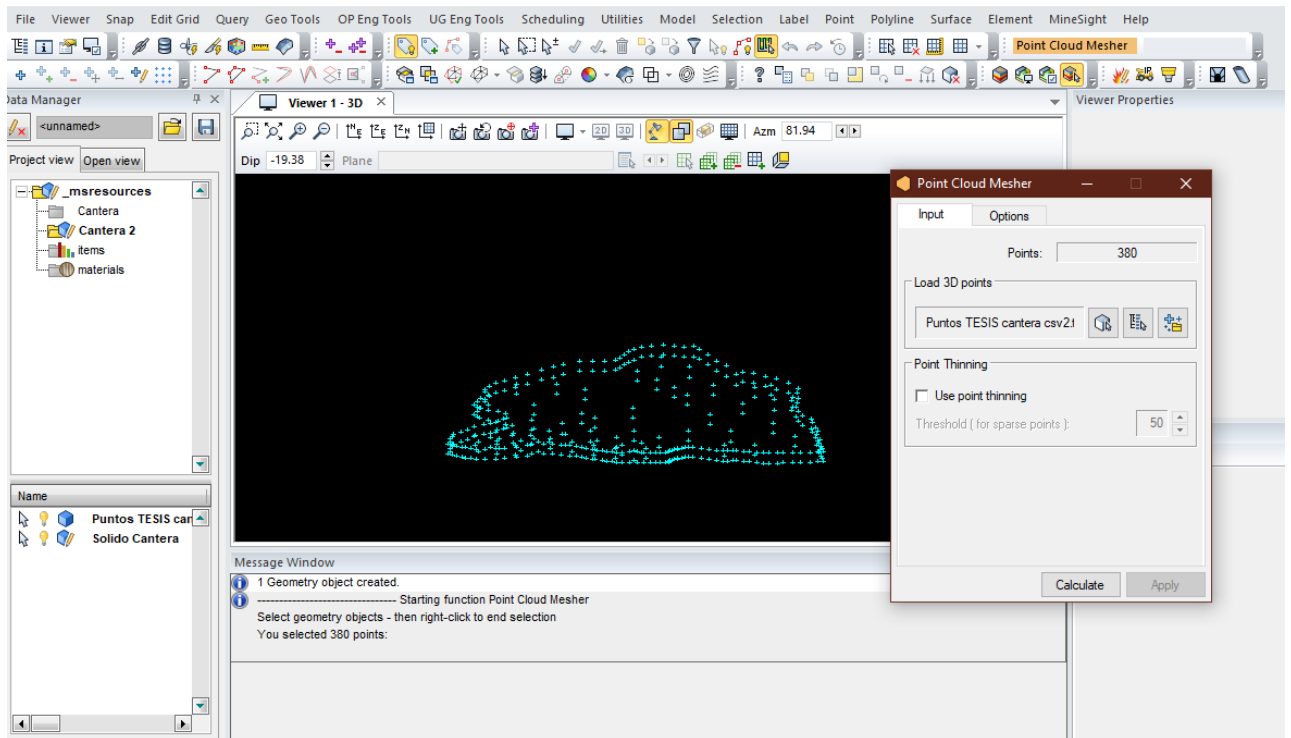
## ANEXO N° 9. Configuración de los puntos GPS.



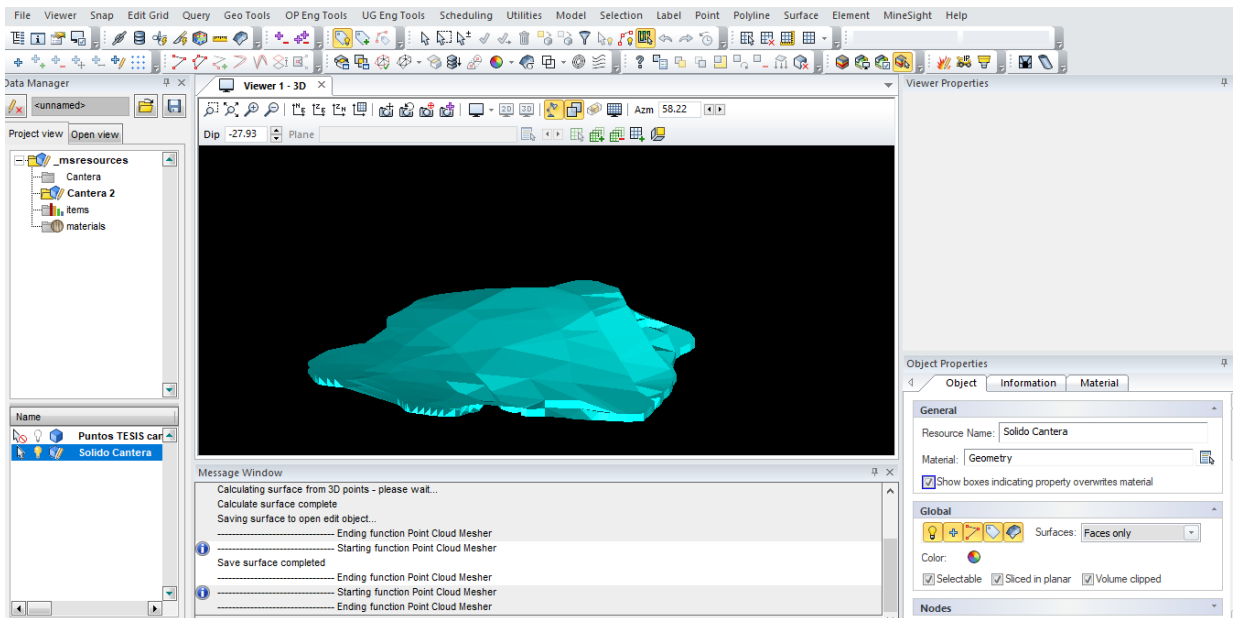
### ANEXO N° 10. Puntos GPS mostrados en 3D en el software Minesight.



## ANEXO N° 11. Convirtiendo los puntos GPS en un SOLIDO



## ANEXO N° 12. Solido con aberturas (huecos)



## ANEXO N° 12. Solido completo sin aberturas

