



Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez Facultad de Geología –Minas  
Departamento de Minería

# Trabajo de Diploma

**Tesis en opción al título de Ingeniero de Minas**

**Título:** Proyecto para el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la Galería SE-1, en la mina Oro Jacinto

**Autor:** Roberto Antonio Núñez Sánchez

**Tutores:** Dr. C Rafael Noa Monje

MSc. Enrique Cloaldo Piñeiro Pérez

**Curso 2015– 2016**

**Año 58 de la Revolución**



Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez Facultad de Geología –Minas  
Departamento de Minería

# Trabajo de Diploma

**Tesis en opción al título de Ingeniero de Minas**

**Título:** Proyecto para el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la Galería SE-1, en la mina Oro Jacinto

**Autor:** Roberto Antonio Núñez Sánchez \_\_\_\_\_

**Tutores:** Dr. C Rafael Noa Monje \_\_\_\_\_

MSc. Enrique Cloaldo Piñeiro Pérez \_\_\_\_\_

**Curso 2015– 2016**

**Año 58 de la Revolución**

**Declaración de Autoridad:**

**Yo:** Roberto Antonio Núñez Sánchez.

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

-----  
Roberto Antonio Núñez Sánchez.

-----  
Dr. C Rafael Noa Monje.

-----  
MSc. Enrique Cloaldo Piñeiro Pérez

Roberto Antonio Núñez Sánchez

Proyecto para el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la Galería SE-1, en la mina Oro Jacinto.

**Pensamiento**

*"Las personas sabias tienen la capacidad de enfrentarse a la vida con honestidad y valor, y de administrarla con éxito, de tal modo que los propósitos se cumplan en sus vidas".*

*Warren W. Wiersbe.*

## **Agradecimientos**

Para la realización de este trabajo he contado con el apoyo y dedicación de varias personas con el fin de que este tenga la mejor calidad posible por tanto agradezco primeramente a Dios por permitir que se realizara mi sueño de ser un ingeniero y por guiarme en todo este tiempo de lucha y sacrificio.

A mi madre Clara María Sánchez Díaz y mi Padre Roberto Núñez Saavedra que han sido grandes ejemplos en mi vida y seguirán siéndolo por el resto de mis días,

A mi Padrino Dioscórides Sánchez Díaz que es como mi segundo padre,

A mis hermanas Claire y Dania, mis primas, mis tíos y tías, en especial a todas personas que han estado de una forma u otra al pendiente del transcurso de mi carrera, además a.

A mi queridísima mujer Yurisleidis Suarez Gutiérrez y a su familia.

A mis Tutores Rafael Noa Monje y Enrique Piñeiro por hacer esto posible.

Al decano de la facultad y amigo personal Yurisley Valdez Mariño por su ayuda y apoyo incondicional siempre que lo necesité.

A mis compañeros de aula, a los colegas de la universidad en general.

A todos los profesores que estuvieron presentes a lo largo de la carrera.

A mis vecinos por su preocupación.

En general a todos, "MUCHAS GRACIAS".

**Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres: Roberto Núñez Saavedra y Clara María Sánchez Díaz.

A mi Padrino Dioscórides Sánchez Díaz que es como mi segundo padre,

A mis hermanas Claire María Núñez Sánchez; Dania Núñez Sánchez y a mis sobrinos.

A mi queridísima mujer Yurisleidis Suarez Gutiérrez.

A toda mi familia en general

A mis amistades entre otros.

A todo aquel que hizo posible la realización de este trabajo y que convivió conmigo en los momentos buenos y malos de mi vida como estudiante.

## Resumen

El presente trabajo está relacionado con el proceso de construcción de las excavaciones subterráneas, con el mismo se pretende confeccionar el proyecto para construcción del Pozo Sur Elena y la Galería SE-1, en la Mina Oro Jacinto, esta mina se ubica en el Municipio Guáimaro en la provincia Camagüey.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos, a través de los cuales se realiza el diseño de las excavaciones antes mencionadas. Primeramente se realiza una evaluación de las características ingeniero-geológicas del área investigada, en la cual se estudian todas las condiciones geológicas de la zona donde se ubica el yacimiento. Se definen los factores que intervienen en la construcción del pozo y de la galería, conjuntamente se realizan los análisis y determinación de sus parámetros e índices; por último se efectúa el cálculo económico para conocer los gastos de operación y se establecen medidas para la protección al medio ambiente y la seguridad y salud del trabajo, elemento esencial para todo Ingeniero de Minas.

En el trabajo se logra elaborar el proyecto para el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la galería SE-1, teniendo en cuenta las características ingeniero-geológicas de la zona donde se ubica el yacimiento, a partir de lo cual se establecen los aspectos siguientes; determinación de la forma y dimensiones de la sección transversal de las excavaciones, se calculan los índices técnicos de cada una de las operaciones y se determina el costo de laboreo. Además se realiza un análisis del impacto ambiental que se prevé produzca el laboreo de las excavaciones subterráneas diseñadas en el proyecto y se proponen las medidas correctoras para mitigar tales impactos.

## Summary

The present work is related with the process of construction of the underground excavations, with the same one it is sought to make the project for construction of the South Well Elena and the Gallery YOU-1, in the Mine I Pray Hyacinth, this mine is located in the Municipality Guáimaro in the county Camagüey.

The work is structured in for chapters, through which he/she is carried out the design of the excavations before mentioned. Firstly he/she is carried out an evaluation of the engineer-geologic characteristics of the investigated area, in which all the geologic conditions of the area are studied where the location is located. They are defined the factors that intervene in the construction of the well and of the gallery, jointly they are carried out the analyses and determination of their parameters and indexes; lastly the economic calculation is made to know the operation expenses and measures settle down for the protection to the environment and the security and health of the work, essential element for all Engineer of Mines.

In the work it is possible to elaborate the project for the design and construction of the South well Elena and the gallery YOU-1, keeping in mind the engineer-geologic characteristics of the area where the location is located, starting from that which the following aspects settle down; determination in the way and dimensions of the traverse section of the excavations, the technical indexes are calculated of each one of the operations and the work cost is determined. He is also carried out an analysis of the environmental impact that you it predicts produces the work of the underground excavations designed in the project and they intend the measures proofreaders to mitigate such impacts.

## ÍNDICE

### Introducción

CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN INGENIERO-GEOLÓGICA.....	4
1.1- Características Socio Económica de la región .....	4
1.2- Ubicación geográfica del área de estudio .....	4
1.2.1-Vías de acceso .....	6
1.2.2- Relieve .....	6
1.2.3- Flora y fauna .....	6
1.2.4- Clima .....	6
1.3- Características geológicas del área de Estudio.....	7
1.3.1- Características Geológicas del yacimiento .....	9
1.3.2-Tectónica .....	13
1.4- Propiedades físico-mecánicas de las rocas .....	14
1.5- Estructura y morfología del yacimiento.....	15
CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL LABOREO DEL POZO SUR ELENA.....	16
Introducción	
2.1. Determinación de la forma y dimensiones del pozo Sur Elena.....	16
2.2- Construcción de la boca del pozo.....	18
2.3- Laboreo del Pozo .....	19
2.3.1- Pasaporte de perforación y voladura del pozo vertical. ....	22
2.4- Ventilación y Saneamiento.....	25
2.5- Carga y extracción de la roca.....	25
2.6- Elección y cálculo de la fortificación del pozo.....	26
CAPITULO 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL LABOREO DE LA GALERIA SE-1.....	30
3.1- Determinación de la forma y dimensiones de la Galería SE-1 .....	30
3.2- Pasaporte de perforación y voladura de la Galería SE-1.....	31
3.3- Ventilación y Saneamiento.....	33
3.4- Carga y acarreo de las rocas.....	33
3.5- Elección y cálculo de la Fortificación.....	34
3.6- Labores auxiliares .....	35

Roberto Antonio Núñez Sánchez

Proyecto para el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la Galería SE-1, en la mina Oro Jacinto.

---

CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES TÉCNICOS-ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL.....	38
4.1- Índices técnicos-económicos.....	38
Tabla 7 Resumen de los costos con explosivos.....	41
4.2- Análisis de la Seguridad Minera.....	41
4.2.1- Medidas generales de seguridad. ....	42
4.2.2- Principales medidas de seguridad en los diferentes trabajos de la mina .....	43
4.2.3- Medios de Protección .....	44
4.3- Evaluación del Impacto Ambiental.....	45
4.3.1- Medidas correctoras .....	47
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## **Introducción**

La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad. Casi desde el principio de la edad de piedra, hace 2,5 millones de años o más, ha venido siendo la principal fuente de materiales para la fabricación de herramientas. Se puede decir que la minería surgió cuando los predecesores de los seres humanos empezaron a recuperar determinados tipos de rocas para tallarlas y fabricar herramientas. La construcción de los Pozos y Galerías fue el resultado del desarrollo natural de la utilización de las cavernas como viviendas y como refugio.

La minería constituye el productor de toda la materia prima mineral, es la base de la industria metalúrgica. Ha resultado una actividad determinante en el desarrollo de la sociedad; según cálculos entre los recursos naturales utilizados a nivel mundial para la satisfacción de las necesidades de la sociedad, los minerales componen el 80%.

La principal fuente de materia prima con que cuenta nuestro país, y segundo rubro económico, son los yacimientos de interperismo distribuidos ampliamente en la región nororiental cubana, encontrándose en la misma las principales reservas de hierro, cobalto, y níquel. Existen otros lugares del archipiélago que poseen reservas de diversos minerales, pero no son de relevancia económica hasta la actualidad.

En las últimas décadas después del triunfo revolucionario la industria niquelífera ha recibido un impulso acelerado a través de importantes inversiones. Esto ha hecho que se convierta en uno de los principales renglones de la economía Cubana.

Cuba a través de proyectos conjuntos con otros países, tuvo acceso a modernas técnicas, pudiendo acompañar los estudios petro-mineralógicos realizados en los yacimientos cubanos con técnicas novedosas, especialmente aquellos yacimientos de mayor interés económico como los de oro y plata. De esta forma, estos yacimientos han sido bastante estudiados desde el punto de vista petrográfico, minero gráfico, llegando a desarrollar importantes análisis químicos. A pesar de esto, la interpretación de esos resultados con las implicaciones geoquímico-

ambientales ocasionadas durante y después de la actividad minera, constituyen aún un desafío para la comunidad científica en el siglo XXI.

**Situación Problemática:** Generalmente la explotación de los yacimientos de oro, utilizando el método subterráneo se realiza sin la existencia de un proyecto que garantice el cumplimiento de tales fines o en muchos casos estos no cuentan con la suficiente fundamentación técnica, que garantice un proceso eficaz y eficiente durante la explotación minera.

Teniendo en cuenta lo anterior mente planteado, se establece en nuestro trabajo que el **Problema** a resolver es: Necesidad de elaborar un proyecto para el diseño y construcción del pozo de apertura Sur Elena y la Galería SE-1, en la mina Oro Jacinto.

**Objeto de estudio:** El proyecto para la construcción del pozo Sur Elena y la galería SE-1.

**Campo de acción:** Yacimiento Oro Jacinto.

**Objetivo General:** Elaborar un proyecto para el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la Galería SE-1 de la mina Oro Jacinto.

**Hipótesis:** Si se analizan las condiciones ingeniero-geológicas, se determinan los parámetros que intervienen en el laboreo de las excavaciones subterránea, se calculan los índices técnico-económicos de cada una de las operaciones que se desarrollan en el proceso de construcción, se tiene en cuenta el impacto ambiental y se proponen medidas correctoras para mitigar los efectos, se puede elaborar un proyecto que permita el diseño y construcción del pozo Sur Elena y la Galería SE-1 de la mina Oro Jacinto.

**Objetivos específicos:**

- Realizar una Caracterización Ingeniero-Geológica de la Zona de estudio.

- Evaluar los parámetros que intervienen durante el proceso de laboreo de las excavaciones subterráneas.
- Calcular los índices técnicos-económicos que se desarrollan durante el proceso de laboreo.
- Identificar los principales impactos ambientales y proponer medidas correctoras.

**Métodos de Investigación:**

**Histórico -lógico:** se utilizó para la revisión y análisis de los documentos y definir los principales antecedentes investigativos.

**Método empírico:** Técnicas; la observación, para el conocimiento de las características fundamentales del objeto.

**Métodos teóricos:** se utiliza para la interpretación conceptual de los datos empíricos; haciendo uso del **análisis y síntesis** en el estudio de las partes del objeto y para comprender su comportamiento como un todo. Dentro de los métodos teóricos también se utilizó la **inducción y deducción** como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular. **El método dialéctico:** para conocer las relaciones entre las componentes del objeto.

## **CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN INGENIERO-GEOLÓGICA**

### **1.1- Características Socio Económica de la región**

Económicamente es un territorio eminentemente agropecuario donde la ganadería predomina y para desarrollar esa actividad se creó en 1969 la empresa pecuaria rectángulo, un mega-proyecto que rige la actividad ganadera de la región desde entonces.

La actividad antrópica asociada al uso ganadero y plantacional condujo a modificaciones del mismo. A lo anterior se agrega el hecho de que en los últimos años se desarrollaron en la zona actividades mineras de prospección por lo que fue necesario el desbroce de la cubierta vegetal para la ubicación de tronchas, plataformas de perforación y trincheras. Pero dos años después de realizados estos trabajos se evidencia una marcada recuperación de la vegetación con un desarrollo del matorral de sabana satisfactorio por lo que las huellas de las actividades mineras realizadas anteriormente son imperceptibles.

Desde el punto de vista de los procesos mineros, de la región donde se ubica el yacimiento cuenta con algunos minerales que en su mayoría no han sido fundamentales, esto se debe a la poca posibilidad tecnológica para realizar dicha actividad ejemplo de esto: oro laterítico, cobre, tierras raras, yeso y níquel; pero hasta la actualidad se ha explotado limitadamente la mina de oro “Florencia” al este de la ciudad pero sus labores están detenidas hace algunos años.

### **1.2- Ubicación geográfica del área de estudio**

El Sector Oro Jacinto, se conforma por las Vetas Beatriz, El Limón Nuevo y Sur de Elena, que forman parte del Sistema Vetítico Jacinto, se encuentra ubicado 2.5 Km al SE de la Loma Jacinto, a unos 24 Km. al NNE del Pueblo de Guáimaro, por la carretera que va de Guáimaro a San Miguel de Bagá, en la Provincia de Camagüey.

El área de trabajo se encuentra ubicada en hoja topográfica Cascorro 4479-IV,



### **1.2.1-Vías de acceso**

Las vías de acceso fundamentales las constituyen las carreteras que unen por la parte Norte a la Ciudad de Camagüey con la Playa de Santa Lucía, por el Sur la Carretera Central y la carretera que enlaza a Guáimaro con el pueblo de San Miguel que atraviesa de Sur a Norte por el extremo Este de la zona de estudio, a partir de la cual nacen terraplenes y caminos que permiten el acceso a cualquier parte del área. A lo largo de esta carretera corre la línea de alta tensión que enlaza a Nuevitas con Guáimaro. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### **1.2.2- Relieve**

El relieve es llano con alguna que otras alturas, con colinas profundas diseccionadas, las pendientes fundamentales son de 16-30 grados y menos frecuentes de 3-5-6 grados, lo que describe una llanura ondulada hasta pre montañosa, que forman elevaciones con cimas planas y puntiagudas indistintamente que alcanzan los 68.30 metros sobre el nivel del mar. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### **1.2.3- Flora y fauna**

La fauna endémica de la zona está en peligro de extinción. A través de los siglos la eliminación de los bosques y la captura implacable realizada por el hombre han incidido desfavorablemente en su conservación, no obstante aún podemos encontrar ejemplares de mamíferos, reptiles, aves e insectos. El yacimiento no posee grandes bosques, éstos fueron talados indiscriminadamente buscando espacio para la ganadería y la agricultura, existiendo algunas reservas como las de Monte Grande. (Tomado de ecured)

### **1.2.4- Clima**

Por su ubicación geográfica presenta una amplia oscilación térmica y el desarrollo de una línea de convergencia de nubes altas y frecuencia de tormentas eléctricas locales. La amplitud térmica mensual tiene sus mayores valores en los meses de marzo y abril y la anual media es de 10.5°C, recibe una insolación media diaria entre

8 a 9.5 horas. La temperatura media anual es de 30.5°C y la mínima media de 18.5°C, cerca de esta localidad, en Palo Seco se registró la temperatura media anual más baja de la provincia con 24.3°C, el registro máximo de temperatura media mensual corresponde al mes de agosto con 33.0°C y el mes más frío a enero con 17.5°C, en enero se registró la temperatura mínima absoluta de 8°C y la máxima absoluta en abril de 1999 con un valor de 38.2°C, la radiación solar global recibida registra una media anual de 16.6kcal/cm<sup>2</sup>.

La humedad relativa anual es del 78%, con poca variación mensual, comportándose a la lámina de evaporación entre los 2000 y 2010 mm promedio anuales. Las precipitaciones medias anuales entre 1200-1400mm: el registro de lluvia mensual máximo correspondió al mes de mayo de 1993 con un valor de 415mm, este comportamiento la ubica dentro de una faja de repetitividad de sequías en el periodo lluvioso entre un 40 y 60 %. La velocidad promedio del viento es entre 3.6<sup>a</sup> 4.4 m/s con componente NNE-SSW. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### **1.3- Características geológicas del área de Estudio**

La región Camagüey – Las Tunas posee una constitución geológica muy compleja y en él son reconocidos dos niveles estructurales fundamentales: El Substrato Plegado y el Neo autóctono. El primero está formado por diferentes terrenos de naturaleza continental y oceánica incluyendo rocas desde el Cretácico hasta el Eoceno medio. El Neo autóctono está formado por sedimentos que cubren casi horizontalmente al substrato plegado. (Iturralde Vinent, M., 1998)

Entre los terrenos de naturaleza Oceánica se encuentra el Arco de Islas Volcánicas del Cretácico conocido por su alto potencial aurífero, por lo que expondremos con el requerido grado de detalle las rocas del Arco de Islas del Cretácico.

- ❖ **Terrenos de naturaleza continental**
- ❖ **Terrenos de naturaleza oceánica.**
- ❖ **Arco de islas volcánicas**

Formación Guáimaro (gr)

Es la formación de más antigua datación y marca el inicio del vulcanismo cretácico del arco en el territorio Ciego – Camagüey – Las Tunas. Tiene amplio desarrollo hacia el este de la provincia Camagüey y toda la provincia de Las Tunas hasta sus límites con Holguín, como se explicará más adelante en la descripción de la formación Iberia.

Está constituida por lavas y lava brechas basálticas, traquiandesito – basálticas, traquibasálticas, andesíticas, clastolavas basálticas. También aparecen a partir de la parte media del corte los paquetes de rocas piroclásticas hasta tobas aglomeráticas y aglomerados volcánicos, donde además comienzan a ser más frecuentes los componentes sedimentarios, predominando los conglomerados. Hacia la parte superior del corte predominan las intercalaciones de calizas (hasta 1200-1400m de largo por 50-80 m de potencia) sobre las aleurolitas, areniscas y conglomerados tufogénicos entre las secuencias lavoclasticas y piroclásticas, que tienen al final tendencia a la composición media básica. Es característica, la alternancia de flujos y mantos de lavas que se separan por cuerpos finos de rocas piroclásticas de poca potencia o más raramente por rocas sedimentarias. Edad: Cretácico Inferior (Albiano)- Cretácico Superior (Coniaciano). (Furones Cantillo, Ildanelis.2014)

#### Tectónica del área de Estudio.

La región se encuentra situada entre los límites del Arco de Islas Volcánico Cretácico. Se ubica geológicamente en el flanco Sur de lo que pudiera llamarse eje magmático intrusivo Ciego – Camagüey – Las Tunas, coincidiendo con la franja meridional, menos deformada de la asociación vulcano – plutónica, situada esencialmente al S-SW de los afloramientos del gran cuerpo de granitoides Sibanicú – Las Tunas. Además de las rocas del Arco de Islas Volcánicas del Cretácico, en el área encontramos las secuencias desarrolladas durante la etapa sinorogénica, representadas por los depósitos molásico – flyschoides del Campaniano Maestrichtiano. La etapa postorogénica está representada por las rocas de la cobertura neo autóctona del Neógeno al Reciente, caracterizada de forma general por movimientos verticales de ascenso y descenso. (Furones Cantillo, Ildanelis.2014)

#### Potencial Mineral

El territorio de las provincias Camagüey – Las Tunas, especialmente las áreas de desarrollo de las rocas del AIVC, es considerado en la actualidad como una de las regiones con más alto potencial para la localización de nuevas fuentes primarias de mineralización preciosa y base del país, muestra de ello lo constituye la detección a mediados de la década de los 90 del pasado siglo de dos nuevos yacimientos de oro, "Golden Hill" y "Jacinto", así como la identificación de otros nuevos prospectos como El Pilar, Jagüey, La Unión y La Purísima, y un sinnúmero de nuevas manifestaciones y puntos de mineralización por evaluar, engrosando de esta manera las potencialidades del territorio. Dentro de los límites del territorio se estima que, tanto los diferentes complejos intrusivos así como las formaciones vulcanógeno – sedimentarias del arco de islas, poseen amplias posibilidades de ser las rocas encajantes de la mineralización metálica predominantemente aurífera, a través de las alineaciones presentes, en las zonas de confluencia de las estructuras mayores y sus plumajes cercanos, las que pudieran alcanzar volúmenes minables como en el caso de los yacimientos Florencia, Golden Hill y Jacinto . (Furones Cantillo, Ildanelis.2014)

### **1.3.1- Características Geológicas del yacimiento**

Las investigaciones geológicas anteriores del área de estudio, tuvieron por lo general un carácter regional y sólo en casos aislados tuvieron como objetivo la búsqueda de yacimientos metálicos. El trabajo más amplio realizado fue el levantamiento geológico del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas a escala 1:250000 llevado a cabo conjuntamente por las Academias de Ciencia de Cuba y Bulgaria entre los años 1976 y 1981 bajo la dirección de R. Cabrera, M.I.Vinent y D. Tchounev, este trabajo fue el primero en interpretar la geología del área bajo conceptos movelistas y que además fijó su atención en la zona de la Loma Jacinto como posible contenedora de mineralización metálica, teniendo en cuenta la presencia de amplias zonas de rocas alteradas, caracterizadas entonces como "cuarcitas secundarias".

En 1990-1992, bajo la dirección de E. Piñero se realizaron los trabajos del

levantamiento geológico a escala 1:50000, que ocupan toda el área. Los mismos en su programa recogieron además del estudio geológico, el estudio geoquímico mediante el método de sedimentos de fondo y el muestreo de jagua. En los sectores elegidos para efectuar trabajos de detalle, se realizó muestreo de suelo en una red de 200x50, en cuyo caso se encuentra el área de Alrededores de Jacinto. Las restantes investigaciones geológicas en el área han estado orientadas a la búsqueda de mineralización no metálica.

La Veta Sur de Elena, su parte central puede definirse por la intersección de la TE - 11 con coordenadas: Norte 289.021,70; 288.892,10 y Este 446.775,80; 446.716,56, donde presenta su mayor desarrollo como veta y zona mineral (40.00 metros de longitud con 7.29 g/t de oro). Su delimitación en superficie se realizó por escasos afloramientos y por las intersecciones de las trincheras TE - 21, 15, 16, 22, 17, 11, 19 y 12 a lo largo de unos 300 metros por su rumbo, donde se han obtenido resultados tales como: 9.00 metros de longitud con 10.31 g/t de oro (TE - 13). , con un ángulo de buzamiento entre los 40°- 45° hacia el SW. Para estudiar su continuidad en profundidad se realizaron 27 pozos distribuidos en 10 perfiles a la distancia de 50 metros, con los cuales se ha alcanzado un estudio por la vertical hasta los 50 metros y por el buzamiento hasta los 120 metros. Se compone de cuarzo blanco hasta gris + calcita, se encuentra muy tectonizada y limonitizada, acompañada de zona de alteración cuarzo - sericítica - caolinítica limonitizada y hematitizada, con sulfuros oxidados y lixiviados, a la cual se encuentran asociadas dos zonas minerales denominadas 1 y 2.

Como resultado del Estudio de Prefactibilidad realizado por Spiteri Geological Mining Consultantes Inc. en octubre de 1999, utilizando un cutt off de 0.5 g/t y un metro/gramo de 0.5 g/t de Au. Obtuvo que estas tres vetas contienen recursos en unas 335 214.65 miles de onzas troy de Au con un contenido de 7.64 g/t, sin el procesamiento de las muestras huracanadas, con el tratamiento de estas muestras se alcanzó 260388.22 miles de onzas troy con un contenido de 5.9 g/t de Au.

Dentro del marco del Proyecto y con el objetivo de concluir la Subfase de

Exploración que nos permitirá elevar los recursos minerales que se encuentran en categoría de Inferido e Indicados a Medios. Se ejecutaran los trabajos siguientes: trincheras, perforación de pozos, sus documentaciones y muestreos, estudios hidrogeológicos e ingeniero geológico, toma de muestras para pruebas de beneficio a escala de laboratorio y en planta piloto con su correspondiente estudio de impacto ambiental, que nos permitan la ejecución de un estudio de factibilidad. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### Hidrogeología

Las rocas volcánicas presentes en la zona constituyen un acuífero agrietado, el cual se alimenta de las precipitaciones atmosféricas y posee un carácter libre o freático. El movimiento de las aguas es a través de grietas y fisuras provocadas por la tectónica y el interperismo, las cuales en ocasiones están rellenas, lo que provoca una baja acuosidad y coeficiente de filtración menor de 1m/día. El nivel del manto freático se puede presentar a una profundidad de 7 a 10 metros.

El movimiento de las aguas es lento y esto provoca que alcancen una mineralización superior a 1g/l. encontrándose algunos puntos en la zona con mineralización hasta de 4g/l. En la zona hay un predominio de las aguas bicarbonatadas-sódicas-magnésicas y sulfatadas sódicas. Ocasionalmente se encuentran las cloruradas-sódicas.

Se puede pronosticar que estamos en presencia de un acuífero libre compuesto por rocas vulcanógenas, con caudales y propiedades de filtración bajas, cuyas aguas poseen una mineralización relativamente alta. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### Hidrografía

El sector se encuentra en la cuenca del río Ciego de Molina, este río tiene un cauce de 5 metros de ancho aproximadamente, profundidad de hasta 3.5 metros y valles estrechos, la distancia mínima de las corrientes de agua al sector es de 1 km aproximadamente, y las aguas nunca han llegado al sector independientemente de

los temporales ocurridos, este representa la principal fuente hidrográfica del área, caracterizado por ser permanente, con poco caudal por estar represado a lo largo de su cauce. El drenaje superficial de las precipitaciones alimenta dicho río por medio de arroyos intermitentes.

Las rocas volcánicas presentes en la zona constituyen un acuífero agrietado, el cual se alimenta de las precipitaciones atmosféricas y posee un carácter libre o freático. El movimiento de las aguas es a través de grietas y fisuras provocadas por la tectónica y el interperismo, las cuales en ocasiones están rellenas, lo que provoca una baja acuosidad y coeficiente de filtración menor de 1m/día. El nivel del manto freático se puede presentar a una profundidad de 7 a 10 metros.

El movimiento de las aguas es lento y esto provoca que alcancen una mineralización superior a 1g/l. encontrándose algunos puntos en la zona con mineralización hasta de 4g/l. En la zona hay un predominio de las aguas bicarbonatadas-sódicas-magnésicas y sulfatadas sódicas. Ocasionalmente se encuentran las cloruradas-sódicas.

Se puede pronosticar que estamos en presencia de un acuífero libre compuesto por rocas vulcanógenas, con caudales y propiedades de filtración bajas, cuyas aguas poseen una mineralización relativamente alta la fuente de agua potable no existe. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### Rocas encajantes

Las trincheras serán realizadas con buldócer, en zonas con categoría de complejidad III y de accesibilidad mala donde se encuentran rocas vulcano clásticas de la formación Camujiro de composición media edad  $K_2^{cm-t}$ , con zonas de alteración limitada, consistente en un poco de feldespato de K y sericita, que son las roca de caja de las Vetas que consisten casi enteramente de cuarzo, con cantidades menores de adularía, calcita (comúnmente laminar), pirita y Oro. (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

### **1.3.2-Tectónica**

La situación tectónica en el depósito se encuentra controlada por los sistemas con dirección NW – SE y E – W, que son las que alojan las vetas de cuarzo con mineralización aurífera, además aparecen otros sistemas como el N – S y NE – SW, pero sin mineralización, que desplazan a los sistemas antes mencionados, conformando un sistema de bloques que complican la situación tectónica de las vetas y sus zonas minerales. La más afectada por la situación tectónica en el área es la asociación vulcano – plutónica, mientras que la secuencia terrígena del Cuaternario sólo sufre afectaciones neo tectónicas.

Situación que es corroborada por la reinterpretación que se puede observar en las Fig. 6, realizada por Carbeny Capote (Capote C., 2002), donde se corrobora que el control estructural en el depósito viene dado por la conjunción de fallas syn-arco WNW, NE y N-S, las cuales estuvieron activas hasta la misma extinción del Arco. Este nudo estructural favoreció la extrusión del vulcanismo representado por la Fm. La Sierra. En la roseta mostrada en la Fig. 6 se pueden notar las direcciones del fallamiento syn-arco total foto interpretado dentro del sector de desarrollo del sistema de vetas Jacinto, coincidentes con las direcciones de las rupturas principales mostradas en el mapa resumen.

Unos 4 Km al oeste del área se encuentra la Loma Jacinto que da nombre a este depósito, elevación de más de 200 m, compuesta por rocas características de un complejo de alteración epitermal de alta sulfuración (faces de alteración argílica avanzada y argílica con presencia de un amplio halo de propilitización), cuyo potencial aurífero aún no ha sido suficientemente estudiado. Este centro de alteración es considerado por algunos autores el centro de la estructura volcánica que dio lugar al sistema de alteración y las vetas epitermales de baja sulfuración que representan el depósito de oro Jacinto (Ver Fig.6) (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008).

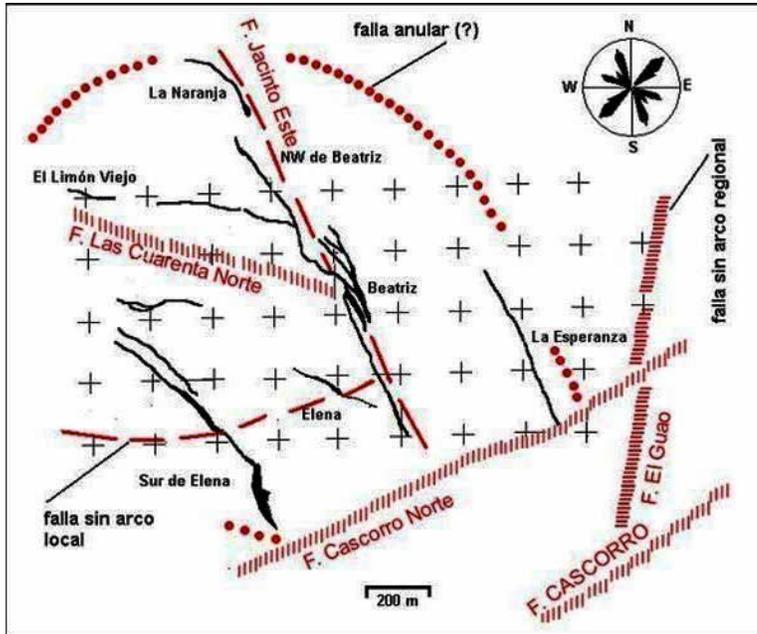


Fig.6 Esquema resumen de la situación tectónica del Sistema Vetítico Jacinto

#### 1.4- Propiedades físico-mecánicas de las rocas

Por la importancia que tiene el conocimiento de las propiedades físico – mecánicas de las rocas durante el laboreo de las excavaciones, en nuestro trabajo se hace el procesamiento de la información existente y se realiza la determinación de algunas propiedades insuficientemente o no evaluadas, que influyen en el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación. Los resultados se muestran en la tabla 2, que se encuentra a continuación.

**Tabla 2. Propiedades físico - mecánicas de las rocas**

Tipo de roca	Masa.Vol t/m <sup>3</sup>	Humedad %	R <sub>c</sub> Mpa	Dureza F
Lavas brechas andesito – dacíticas	2.60	15	54	4

### **1.5- Estructura y morfología del yacimiento**

El área en cuestión se compone mayormente por menas limoníticas con amplia difusión en los ocres inestructurales no perspectivas para la minería que rellenan el espacio entre los cuerpos minerales, constituyendo áreas prácticamente estériles. Las menas saprolíticas se ubican casi totalmente en la parte periférica oriental del yacimiento contribuyendo notablemente al potencial menífero de los correspondientes cuerpos minerales. En el resto del área se presentan aisladamente en forma de pequeñas manchas de forma irregular, por lo que no juegan un papel preponderante en el tonelaje. . (Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; Otros.2008)

## **CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL LABOREO DEL POZO SUR ELENA**

### **Introducción**

Se ha considerado la excavación de un pozo con el objetivo de realizar la exploración geológica de la veta Sur Elena, tal y como se ha descrito anteriormente, las condiciones del macizo son estables por lo que la fortificación del pozo se realizara con cuadros de madera colgantes. El arranque de la roca se realizara con martillo neumático en caso de que la dureza de la roca aumente se realizará con perforación y voladura de la roca.

Para el ascenso se empleará una torre sencilla, portátil y rústica montada sobre vigas, las cuales se colocan sobre el brocal del pozo y se aseguran mediante grapas y material de relleno. El winche para el izaje es un winche neumático con un cable de 10 mm utilizado ya en la excavación de la vetas El Limón Nuevo y Beatriz. El acarreo de la roca se realiza en carretillas manuales (vagones)

### **2.1. Determinación de la forma y dimensiones del pozo Sur Elena**

Ubicación del pozo y Elección de la forma de la sección transversal

#### Ubicación del Pozo

Decidimos ubicar el pozo vertical en el colgante del cuerpo mineral a 2,25 metros del pozo EB-58, en el eje del perfil 22, hacia el sureste, se ubicó en esta zona con el objetivo de lograr una mayor estabilidad y que durante el laboreo de la galería solo se corte el cuerpo mineral que será objeto del estudio y no otros.

El pozo será de sección rectangular con compartimentos, uno utilizado para el transporte de mineral y materiales, otro para la sección de escaleras y uno más para las tuberías de aire. La longitud del pozo será de 18 m.

La forma elegida para la sección transversal del pozo es la rectangular. En esta elección influyó primeramente la disponibilidad de material para su fortificación, que es la madera y el coeficiente de aprovechamiento de su sección transversal.

#### Dimensionamiento del pozo

El dimensionamiento del pozo se realizará por el método grafo - analítico. Para esto es necesario conocer las dimensiones del cubo, el espesor de la fortificación y las dimensiones de las secciones de escaleras y tuberías.

### Cálculos de la dimensión del pozo

#### Largo.

$$L = D_J + 2S_S + 2S_F + 2S_e + S_{Esc} + St$$

#### *Dónde:*

L: Largo de la sección del pozo, mm.

D<sub>J</sub>: Ancho del cubo de profundización 400mm.

S<sub>S</sub>: Distancia seguridad / cubo y fortificación 350 mm.

S<sub>F</sub>: Espesor de las vigas de fortificación 150mm.

S<sub>e</sub>: Espesor entablado 50mm.

S<sub>Esc</sub>: Ancho de la sección de escaleras 1500 mm

St: Ancho de la sección de tuberías 500mm

$$L = (400) + 2(350) + 2(150) + 2(50) + 1500 + 500 \\ = 3500 \text{ mm}$$

#### Ancho.

$$A = D_J + 2S_S + 2S_F + 2S_e + S_{Esc}$$

#### *Dónde:*

A: Ancho de la sección del pozo, mm.

D<sub>J</sub>: Largo del cubo 400mm.

S<sub>S</sub>: Distancia seguridad / cubo y fortificación 400 mm

S<sub>F</sub>: Espesor de la fortificación 150mm.

S<sub>e</sub>: Espesor entablado 50mm.

S<sub>Esc</sub>: Largo de la sección de escaleras 1200mm.

$$A = (400) + 2(400) + 2(150) + 2(50) + 1200 = 2800.00 \text{ mm}$$

$$S_{\text{Laboreo}} = L \times A = 3.5 \times 2.8 = 9.8 \text{ m}^2$$

Verificación del área de la sección transversal del pozo para la velocidad del aire. Para este pozo la velocidad permisible del aire es de 8 m/s.

$$V_a \leq V_p$$

$$V_a = \frac{A_d * q^1 * K_r}{60\varphi_a * S_3}$$

Donde:

$V_a$ - Velocidad del aire por el pozo (m/s)

$A_d$ - Extracción diaria de la mina (8.77 m<sup>3</sup>/día)

$q^1$  – Cantidad de aire por m<sup>3</sup> de masa rocosa extraída. 1.4 m<sup>3</sup>

$K_r$ - Coeficiente que caracteriza la extracción irregular ( $K_r= 1,43$ )

$S_3$  – Sección útil del pozo (m<sup>2</sup>) 1.71 m<sup>2</sup>

$\varphi_a$  - Coeficiente que tiene en cuenta la parte de la sección del pozo ocupada por la

fortificación y la sección de escaleras (pozos rectangulares  $\varphi_a = 0,6 - 0,7$ )

$$V_a = 8.77 \times 1.4 \times 1.43 / 60 \times 0.7 \times 1.71 = 0.24 \text{ m/s}$$

$$V_a = 0.24 \text{ m/s} < 8 \text{ m/s}$$

Se cumple la condición anterior por lo que se pueden mantener las dimensiones determinadas anteriormente.

#### Resumen de los datos para el dimensionamiento del pozo.

- Dimensiones del cubo de extracción: largo 400 mm, ancho 400 mm.
- Espesor de las vigas de la fortificación: 150 mm.
- Distancia de seguridad del cubo de extracción a la fortificación: 200 mm.
- Sección de escaleras – 1500 mm x 1200 mm

## **2.2- Construcción de la boca del pozo**

La ejecución de la boca del pozo comenzará con posterioridad a una fase preparatoria en la que se construirá un camino de acceso a la zona, una plataforma de 20 x 20 m donde se ubicarán las instalaciones necesarias para la realización de los trabajos (ubicación del compresor, winche neumático y la escombrera temporal). El arranque y extracción de los primeros metros del pozo se realizará con martillo rompedor, posteriormente se colocará en superficie un cuadro patrón de madera con vigas de sección rectangular.

Las dimensiones interiores del cuadro patrón se corresponden con las de la sección de laboreo del pozo. A continuación se bajan las plomadas centrales y auxiliares por las esquinas y se rectifica la sección excavada. Posteriormente se instala la torre de extracción y el Winche de profundización para continuar con el laboreo de los

restantes tramos del pozo. La torre está compuesta por vigas de metal que fungen como patín y base, las cuales se colocan sobre el brocal del pozo.

### 2.3- Laboreo del Pozo

Terminada la instalación del cuadro patrón se continúa el laboreo y se fortificarán los restantes metros de pozo, la distancia entre el frente de arranque y la entibación es de 3 metros. Durante los trabajos en el pozo se establecerán señales que indiquen el movimiento del recipiente de extracción, se confeccionará la documentación geológica, se realizarán observaciones hidrogeológicas e ingeniero-geológicas de campo, incluyendo la toma de muestras para la determinación de la humedad y peso volumétrico. Durante los trabajos de entibación, se inspecciona el sitio de trabajo, para el pozo las paredes, se escombrera la roca suelta, para el paso de 3 metros se trabaja en el fondo del pozo, se transportan al interior del pozo los elementos de fortificación, se colocan, se acuñan, se bloquean los cuadros y se rellenan los espacios vacíos.

Se realizará una caldera en el fondo del pozo para facilitar el desagüe, la misma será de 0,5x0, 5x0, 25 metros.

#### Esquema tecnológico

Durante el laboreo, se empleará un esquema tecnológico con el frente único ejecutando las operaciones principales de forma lineal y las auxiliares obviamente simultáneas, debido a las características geo mecánica del macizo.

Entre las principales tenemos:

1. Perforación de los barrenos.
2. Carga y explosión de los barrenos.
3. Saneamiento.
4. Ventilación del frente.
5. Fortificación permanente.
6. Carga de la roca.

Entre las auxiliares están:

1. Colocación de la fortificación temporal.
2. Construcción de zanjas y diques.
3. Trabajos topográficos.

En este trabajo el esquema tecnológico está conformado por una serie de equipos de los cuales se dan sus características técnicas a continuación (**De la cuadra I, L. C, 1974**).

El equipamiento a utilizar se aprecia en la tabla 3, que aparece a continuación.

**Tabla.3 Equipamiento a utilizar**

Equipos	Caudal m <sup>3</sup> /min	Presión atm	Cant x turno
Perforadoras PR-22 o Martillos	3.6	5	2
Winche Neumático	6.0	5	1
			Totales

### Excavación del pozo

Durante el proceso de excavación del pozo se realizarán las siguientes actividades:

- a) Preparación y bajada del personal.
- b) Arranque de la roca con martillos picadores, en caso de aumentar la dureza perforación voladura.
- c) Ventilación del frente.
- d) Saneamiento.
- e) Carga de la roca
- f) Instalación de la fortificación.

### Calculo de la productividad del Pozo

$$P = Q * C$$

Q – Peso del mineral en el cubo (t)

C – Números de ciclos por días

$$Q = \frac{n * V * K_{II} * \gamma}{K_e}$$

$$Q = \frac{1 * 0.04 * 0.85}{1.4} * 2.60$$

$$Q = 0.063t = 63kg$$

Donde:

n- número de cubo (1u)

V- volumen del cubo (0.04m<sup>2</sup>)

K<sub>II</sub>- coeficiente de llenado (0.85)

K<sub>e</sub>- coeficiente de esponjamiento (1.4)

γ - peso volumétrico de la mena (2.60 t/m<sup>3</sup>)

Ciclos por día

$$C = \frac{3600}{T_c} * \frac{T}{K}$$

$$C = \frac{3600}{50} * \frac{5.00}{1.43}$$

$$C = 251.74 = 252 \text{ ciclos / día}$$

$$P = Q * C = 0.063 * 252 = 15.87 \text{ t / día.}$$

Donde:

P- máxima capacidad de la torre de extracción

T<sub>c</sub> = ciclo de izaje

T = horas efectivas / turnos

K- coeficiente de irregularidad del ascenso (1.43)

Cálculo del ciclo de izaje

$$t = \frac{v}{a} = \frac{1.5}{1} = 1.5 \text{ s}$$

Donde:

v- velocidad de la máquina de extracción (v = 1,5 m/s)

a- Aceleración y desaceleración (a = 1m/s<sup>2</sup>)

- Espacio de aceleración y desaceleración:

$$\text{Si } E_a = \frac{1}{2} * \frac{v^2}{a} = \frac{1}{2} * \frac{(1.5)^2}{1} = 1.12 \text{ m}$$

$$E_a = E_d$$

- Espacio de velocidad uniforme:

$$H_2 = H - (E_a + E_d)$$

$$\text{Si } H_2 = 18 - (1.12 + 1.12)$$

$$H_2 = 15.76 \text{ m}$$

- Tiempo de velocidad uniforme:

$$t_{vu} = \frac{H_2}{v} = \frac{15.76}{1.5} = 10.50 \text{ s}$$

$$t_{vu} = 10.50 \approx 11 \text{ s}$$

- Tiempo de ascenso y descenso:

$$T_{as} = t_a + t_{uv} + t_d$$

$$T_{as} = 1.5 + 11 + 1.5$$

$$T_{as} = 14 \text{ s}$$

$$T_d = T_{as} = 14 \text{ s}$$

- Tiempo de ciclo de izaje:

$$T_c = T_{as} + T_d + T_{cv}$$

$$T_c = 14 + 14 + 21.50$$

$$T_c = 49.5 \approx 50 \text{ s}$$

Donde:

$T_{as}$ - tiempo de ascenso

$T_d$ -tiempo de descenso

$T_{cv}$ -timpo de descarga del cubo

### 2.3.1- Pasaporte de perforación y voladura del pozo vertical.

A partir de los datos aportados por el RQD y el Módulo de agrietamiento se considera que la roca podrá ser excavada con un martillo rompedor, pero con el objetivo de lograr una mayor rapidez en la realización del trabajo se evalúa la variante de ejecución de los laboreos con el uso de los trabajos de perforación y voladura.

En la tabla 4 se resumen los aspectos para la realización del pasaporte del Pozo.

**Tabla 4: Resumen para el pasaporte del Pozo.**

Objeto de obra	Pozo Vertical
Forma de la Sección	Rectangular
Área de la Sección Transversal	9.8 m <sup>2</sup> (3.5x2.8)
Tipo de Sustancia explosiva.	Senatel Magnafrac
Peso del cartucho	455 g
Longitud del cartucho	500 mm
Diámetro	32 mm
Densidad	1.1 – 1.2 Kg/ m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión de la roca (promedio)	$\delta C=54$ Mpa

#### Capacidad de trabajo del explosivo

$$E = 360 / C_{pexp}$$

Dónde:  $C_{pexp}$ : Capacidad de trabajo del explosivo utilizado, Senatel Magnafrac.

$$E = 360/380 = 0.94$$

#### Coeficiente de Protodiakonov

$$F_{kp} = \delta C / 100 = 540 / 100 = 5,4$$

Nota: en la determinación del  $f_{kp}$  coeficiente de Protodiakonov, también conocido como “factor de dureza “en idioma ruso, la resistencia a la compresión se coloca en  $kg/cm^2$

Consumo específico de sustancia explosiva.

$$q = q_0 * E \quad \text{dónde: } q_0: \text{ consumo específico de la Amonita 6 YB } 1.2 \text{ Kg/m}^3$$

$$q = 1.2 * 0.94 = 1.13 \text{ Kg/m}^3$$

Cantidad de Barrenos en el Frente de Laboreo N

$$N = 12.7 \frac{q * S}{\gamma * d_c^2 * \rho}$$

$$N = 12.7 \frac{1.13 * 9.8}{0.6 * 10.24 * 1.2}$$

$$N = 19.07$$

Dónde: q – gasto específico de sustancia explosiva,  $1.13 \text{ kg/m}^3$

S – área de la sección transversal,  $9.8 \text{ m}^2$

d - diámetro de los cartuchos  $3,2 \text{ cm}$ ;

$\rho$  - densidad de la sustancia explosiva en los cartuchos  $1,2 \text{ g/cm}^3$

$\gamma$  - coeficiente de carga de los barrenos  $0,6$ .

$$N = 19 \text{ barrenos}$$

Se utiliza la relación  $N_c: N_{c2}: N_a: N_{cont} = 1: a: b: c = 1: 3: 3: 3$ ,  $m=10$

En la tabla 5 se evidencian los barrenos a utilizar por cada grupo.

**Tabla.5. Determinación de los barrenos por grupo**

Barreno de corte	Barrenos de corte secundario	Barrenos de arranque	Barrenos de contorno
$N_c = N * 1/10$	$N_a = N * 3/10$	$N_{a1} = N * 3/10$	$N_{cont} = N * 3/10$
$N_c = 1,9 = 2$	$N_a = 5.7 = 6$	$N_{a1} = 5.7 = 6$	$N_{cont} = 5.7 = 6$

Total ----- 20 barrenos

Para realizar la voladura se utilizarán dos barrenos de corte aunque existe un grupo denominado de corte secundario que se ocupará de terminar el corte y ensanchar la apertura creada por los primeros barrenos.

Determinación de la profundidad máxima de los barrenos.

En el caso del pozo se ha decidido dejar como unidad para medir el avance 1 metro por lo que el barreno de corte tendrá un metro de longitud, los barrenos de corte secundario serán paralelos al barreno de corte. En el caso de los barrenos de arranque se realizaran verticales.

Los barrenos de contorno son inclinados con un ángulo de 80 grados.

Longitud de barrenos de corte= 1 metro

Longitud de barrenos de arranque =1 metro

Longitud de barrenos de contorno =1.019=1 metro

#### Cantidad de sustancia explosiva por ciclo (pega)

$$Q = q * V \quad V: \text{Volumen de roca a arrancar, m}^3$$

$$V = S * lb * n \quad lb: \text{longitud de barrenación, m}$$

n: Coeficiente de utilización del barreno ( 0.85 – 0.95 )

$$V = 9.8 * 1.00 * 0.85 = 8,33 \text{ m}^3$$

$$Q = 1.13 * 8,33 = 9,41 \text{ Kg. lo redondeamos a 9.45 kg que equivale a 21 cartuchos}$$

#### Masa media de la carga del barreno

$$Q_m = Q / N$$

$$Q_m = 9.45 / 20 = 0.425 \text{ Kg.}$$

#### Carga media por grupo de barrenos

$$Q_c = 1 * Q_m = 1 * 0.454 = 0.454 \text{ Kg}$$

$$Q_a = Q_m = 0.454 \text{ Kg}$$

$$Q_{a1} = Q_m = 0.454 \text{ Kg}$$

$$Q_{bco} = Q_m = 0.454 \text{ Kg}$$

#### Longitud de retacado

$$L_{RTC} = lb - l_{cart} = 1.0 - 0.50 = 0.5 \text{ m Barrenos de corte}$$

$$1.1 - 0.50 = 0.61 \text{ m Barrenos de contorno.}$$

La iniciación se realizará con detonadores Nonel mediante el sistema Exel Handidet con retardo 25 ms en superficie y 25 en fondo.

#### Cantidad de metros de perforación

$$M_p = N_{BT} * l_b = 13 * 1 = 13 \text{ metros}$$

### **2.4- Ventilación y Saneamiento**

La ventilación se realizará de manera natural, no se utilizarán ventiladores, se dispondrá el turno de trabajo de tal forma que la última operación del día sea la voladura, con lo que se logrará un mayor tiempo de ventilación. En caso de ser necesario realizar actividades después de la voladura se esperará un tiempo de 30 minutos en los cuales se impulsará aire desde el compresor hasta el frente de trabajo con las mangueras de los martillos perforadores.

El saneamiento será la primera actividad que se realiza al comenzar cada turno de trabajo con el objetivo de comprobar el estado en que se encuentra el frente, realizándose esta comprobación por uno o dos técnicos de seguridad o personal debidamente preparado.

Después de realizada la explotación de los barrenos y ventilado el frente, antes de iniciar la operación de carga de la roca es necesario llevar a cabo una revisión cuidadosa del frente y paredes del pozo, de la fortificación, plataformas y equipamientos suspendidos para eliminar cualquier peligro.

La revisión la debe hacer el técnico de turno o un minero calificado al respecto. Para ello desciende lentamente y va revisando el estado de la fortificación, de las paredes y demás, al detectarse un daño se procede sanear, eliminando pedazos sueltos de rocas o arreglando la fortificación.

Se debe revisar si todos los barrenos hicieron explosión, de no ser así es necesario proceder a su liquidación. Esto se hace mediante la perforación, paralelo al barreno que no hizo explosión a 30 o 40 cm de él. En dependencia de las dificultades que se presenten, durante la revisión del pozo y del flujo de agua que existe, esta operación puede durar de 15 a 40 min. (Giménez A, P. Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles, Perú, año no conocido)

### **2.5- Carga y extracción de la roca**

La carga se realizará manualmente utilizando el cubo de extracción cuya capacidad es de 0,04 m<sup>3</sup>. Este será izado hasta la superficie mediante un cable halado por un winche neumático, ubicado en el exterior del pozo a 10 metros, y descargado en una carretilla manual situada cercana al brocal del pozo.

La carga de las rocas se realizará en forma manual debido a que la pequeña sección transversal del pozo no permite la mecanización.

La afluencia de agua al frente es poca, esta se extraerá mediante cubos para el desagüe de pozo.

El arranque de las rocas se realizará con martillos picadores, que tienen como productividad teórica de arranque en rocas categoría X 0,135 m<sup>3</sup>/min. Para los cálculos se añade un coeficiente de utilización de la máquina de 0,7.

Durante la excavación del pozo se coloca la fortificación y la plataforma para la colocación de las escaleras lo que sirve de protección contra la caída de rocas.

## 2.6- Elección y cálculo de la fortificación del pozo

Tomando en cuenta los datos ofrecidos por el RMR Vanieski, donde se clasifica el macizo de BUENO, así como la vida de servicio del pozo y su profundidad, se elige la madera, que tiene un menor costo con respecto a otros materiales y se encuentra con facilidad en el territorio, Asimismo se elige la entibación de cuadros colgantes o suspendidos con una distancia entre cuadros de 1.5 m. Las características del macizo permiten el uso de este tipo de fortificación que se realizará hasta la profundidad de 16 metros, en los dos metros restantes se construirá la entrada a la galería que se fortificará si fuera necesario (Blanco, R, 1981).

### Cálculo de la Presión Minera

Hipótesis de Protodiakonov

$$P = \gamma * H * \operatorname{tg}^2\left(\frac{90 - \rho}{2}\right)$$

$$P = 2.60 * 18 * \operatorname{tg}^2\left(\frac{90 - 82.5}{2}\right)$$

$$P = 0.20t / m^2$$

Donde:

P- presión minera.

$\gamma$  - peso volumétrico de las rocas (t/m<sup>3</sup>)

H - profundidad de cálculo (18 m)

$\rho$ - ángulo de fricción interna de las rocas

### Cálculo de la fortificación de madera

Este cálculo es sencillo y se hace con el objetivo de determinar de forma orientativa las dimensiones del elemento del cuadro que más carga va a soportar.

La carga sobre la viga distribuida uniformemente será:

$$P_v = P * L$$

$$P_v = 0,20 * 1,5 = 0,3 \text{ t/m}$$

Donde:

P- presión lateral (t/m<sup>2</sup>)

L- distancia entre cuadros (m)

El momento flector actuante será:

$$M_f = \frac{P_v * l_0}{8}$$

$$M_f = 0,38t$$

$l_0$  - longitud del lado corto

El resultado obtenido lo comparamos con la siguiente condición:

$$M_f \leq m * W * R_f$$

Donde:

m - coeficiente que nos da la condición de trabajo (m = 0,85)

R<sub>f</sub> - resistencia de cálculo para el pino R<sub>f</sub> = 8000 t / m<sup>2</sup>

W - momento de resistencia.

$$W = \frac{b * e^2}{6}$$

Donde:

b - ancho de la viga.

e - espesor de la viga.

$$e = 0,87 * l_0 * \sqrt{\frac{P * L}{m * b * R_f}}$$

$$e = 0,06 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$W = \frac{0.15 * 0.06^2}{6}$$

$$W = 0,00009 \text{ m}^3$$

Condición:

$$M_f \leq m * W * R_f$$

$$0,38 \leq 0,85 * 0,00009 * 8000$$

$$0,38 < 0,612$$

De los resultados anteriores podemos apreciar que el valor de la presión lateral en el pozo es pequeña, por lo que se puede utilizar perfectamente la fortificación de madera. No obstante los bajos valores obtenidos en el cálculo de las dimensiones de las viguetas, las que utilizaremos serán de 15 cm de ancho por 15 cm.

Las piezas que componen el cuadro son:

- 2 largueros
- 2 frontales
- 1 separador

En las tablas 6 y 7 se aprecian las dimensiones de las piezas de los cuadros principales e intermedios.

**Tabla.6. Dimensiones del cuadro principal**

Piezas	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Larguero	4400	150	203	0.030	0.132
Frontal	2500	150	203	0.030	0.075

El consumo de madera de un cuadro normal o intermedio es 0,147 m<sup>3</sup>. Los cuadros principales tienen los frontales de mayor longitud al penetrar en la roca por ambos extremos, de 250 mm a 500 mm.

**Tabla.7. Dimensiones de las piezas del cuadro intermedio**

Piezas	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Larguero	3400	150	150	0.023	0.078

Frontal	1500	150	150	0.023	0.034
Separador	1500	150	150	0.023	0.034

El consumo de madera en estos cuadros es 0,207 m<sup>3</sup>.

Todos los elementos de los cuadros una vez preparados en la superficie serán bajados utilizando el cable del winche. Primeramente se bajarán los frontales colocando un extremo en la pétela y posteriormente el otro. A continuación se bajan los largueros, situados estos en su lugar, se fijarán los extremos de los frontales a la pétela con cuñas y bloques. Los cuadros normales e intermedios se colgarán de los tirantes (de cabilla lisa o cable de izaje retirado del servicio) y después de colocados los frontales, el separador y los pies se atornillan fuertemente mediante tuercas o pernos en el caso de los cables. Para revestir las paredes del pozo se utilizarán tablonés de 40 mm de espesor, detrás de estos se rellenará con roca fina.

## CAPITULO 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL LABOREO DE LA GALERIA SE-1

### 3.1- Determinación de la forma y dimensiones de la Galería SE-1

#### Elección de la forma de la sección horizontal de la Galería

La forma de la sección transversal de la galería de exploración es de paredes rectas con techo abovedado

#### Dimensionamiento de la excavación

Para determinar las dimensiones de la galería se utilizó el método grafo - analítico. Se tuvo en cuenta el destino de la excavación el tamaño de los equipos de avance y el caudal de aire circulante etc. La forma de la sección elegida es abovedada.

#### Determinación del ancho de la excavación

$$B=a+b+b1$$

Dónde:

a- espacio entre la carretilla y la pared 400 mm.

b- ancho de la carretilla, 600 mm.

b1- espacio entre la carretilla y la pared destinado al paso de las personas, 800 mm.

$$B=400+600+800=1800 \text{ mm}$$

#### La altura de la excavación se considera como

$$H2 = H + \frac{1}{3}B = 1200 + \frac{1}{3}(1800) = 1800 \text{ mm}$$

Donde:

H-altura de las paredes de la excavación 1200 mm

Sección de la galería:

$$S = B * (h2 + 0,26 * B)$$

$$S = 1.8 * (1.8 + 0,26 * 1.8)$$

$$S = 4.08 \text{ m}^2$$

### 3.2- Pasaporte de perforación y voladura de la Galería SE-1

*Datos Iniciales.*

Objeto de obra: Galería de exploración Geológica.

Forma de la Sección: abovedada.

Área de la Sección Transversal: 4.08 m<sup>2</sup>

II Tipo de Sustancia explosiva.

Explosivo: Senatel Magnafrac

Peso del cartucho: 0.455 g

Longitud del cartucho: 500 mm

Diámetro del cartucho: 32 mm

Densidad: 1.1 – 1.2 Kg/ m<sup>3</sup>

Coefficiente de fortaleza f=5.4

#### Coeficiente de la capacidad de trabajo del explosivo

$E = 360 / C_{pexp}$ .      Dónde:  $C_{pexp}$  - Capacidad de trabajo del explosivo utilizado.

$$E = 360 / 380 = 0.94$$

#### Consumo específico de Sustancia Explosiva

$q = q_0 * E$       Dónde:  $q_0$  - consumo específico de la Amonita 6 YB 1.2 Kg/m<sup>3</sup>

$$q = 1.2 * 0.94 = 1.13 \text{ Kg/m}^3$$

#### Cantidad de Barrenos en el Frente de Laboreo N

$$N = 12.7 \frac{q * S}{\gamma * d_c^2 * \rho}$$

Dónde:  $q$  – gasto específico de sustancia explosiva, 1.13 kg/m<sup>3</sup>;

$S$  – área de la sección transversal, 4.08 m<sup>2</sup>;

$d_c$  - diámetro de los cartuchos, 3.2 cm;

$\rho$  - densidad de la sustancia explosiva en los cartuchos, 1,2 g/cm<sup>3</sup>;

$\gamma$  - coeficiente de carga de los barrenos 0,6.

$$N = 7.94 = 8 \text{ Barrenos.}$$

Con el objetivo de lograr una mejor fragmentación de la roca y mejorar el contorno de la excavación se aumenta el número de barrenos a 10.

Se utiliza la relación  $N_c: N_a: N_{cont} = 1: a: b = 1: 0.5: 2; m=3.5$ .

En la tabla 8 se muestran la determinación de los barrenos por grupo para la Galería.

**Tabla.8. Determinación de los barrenos por grupo para la galería**

Barrenos de corte	Barrenos de arranque	Barrenos de contorno
$N_c = N * 1/3.5$	$N_a = N * 0.5/3.5$	$N_{cont} = N * 2/3.5$
$N_c = 2.85 = 3$	$N_a = 1.42 = 1$	$N_{cont} = 5.7 = 6$

Debido a que el número de los barrenos de arranque es muy pequeño los uniremos a los barrenos de corte para asegurar el trabajo de los explosivos por lo que  $N_c=4$ ,  $N_a=0$ ,  $N_{cont}=6$

Se realizará un corte en cuña vertical

Profundidad máxima del barreno corte

Se dejó una distancia entre el extremo de los barrenos de corte de 180 mm, con lo que se obtuvo una longitud de 1.05 m

Longitud de barrenos contorno = 1.00m

Cantidad de sustancia explosiva por ciclo (pega)

$$Q = q * V$$

V: Volumen de roca a arrancar,  $m^3$

$$V = S * l_b * n$$

$l_b$ : longitud de barrenación m

n : Coeficiente de utilización del barreno ( 0.85 – 0.95 )

$$V = 4.08 * 1.00 * 0.85 = 3.468 \text{ m}^3$$

$Q = 1.13 * 3.468 = 3.91 \text{ Kg}$ . Lo aproximamos a 4.55 kg para que corresponda a un cartucho completo por barreno.

Masa media de la carga del barreno

$$Q_m = Q / N_{BT}$$

$$Q_m = 4.55 / 10 = 0.45 \text{ Kg}$$

Carga media por grupo de barrenos

$$Q_{bc} = 4 * Q_m = 4 * 0.45 = 1.8 \text{ Kg}$$

$$Q_{bcc} = 0.85 * Q_m = 0.85 * 0.45 = 0.3825 \text{ Kg}$$

Longitud de retacado

$L_{RTC} = l_{barreno} - l_{carga} = 1.05 - 0.500 = 0.55$  m Barrenos de corte (cuele)  
 $= 1.0 - 0.50 = 0.5$  Barrenos de contorno.

### 3.3- Ventilación y Saneamiento

La ventilación se realizará de manera natural, no se utilizarán ventiladores, se dispondrá el turno de trabajo de tal forma que la última operación del día sea la voladura, con lo que se logrará un mayor tiempo de ventilación. En caso de ser necesario realizar actividades después de la voladura se esperará un tiempo de 30 minutos en los cuales se impulsará aire desde el compresor hasta el frente de trabajo con las mangueras de los martillos perforadores.

Durante el saneamiento debe examinarse el estado del techo y los lados de la excavación en las zonas cercanas al frente, así como verificar si todos los barrenos hicieron explosión. El estado del macizo rocoso se comprueba dándole golpes y se proceden a retirar los pedazos de rocas que están separados del techo, los lados y el frente de la excavación.

Si se detecta algún barreno sin explosionar, se debe efectuar su liquidación (por el artillero), para ello a una distancia de 30 cm del barreno que no explosiono y paralelo a él se perforan uno o dos barrenos, los que se cargan y explosionan. Solo después de esta revisión se permite el paso de la brigada de trabajo al frente (**Midvedev I, 2009**).

### 3.4- Carga y acarreo de las rocas

La carga de las rocas se hará de forma manual en la excavación del pozo y la galería de exploración geológica.

El traslado del mineral y el estéril desde el frente de avance se realizará en carretilla hasta el pozo por el cual el material será elevado en cubos con un volumen  $0.04 \text{ m}^3$  y en superficie se descargará en carretillas manuales ubicadas en la boca del pozo. Desde ahí el mineral para la muestra tecnológica será trasladado en camión hasta la zona de preparación de la muestra y el estéril a una escombrera temporal, ubicada a 10 m de la boca del pozo.

#### Cálculo del proceso de carga y acarreo de las rocas

Esta operación se realizará de forma manual. Se utilizarán cubos con capacidad de  $0.04 \text{ m}^3$ . Las carretillas a utilizar tienen una capacidad de  $0.04 \text{ m}^3$ , el traslado de las mismas será manual.

$$n = \frac{V_v * K_1}{V_c * K_2}$$

$$n = \frac{0.04 * 0.85}{0.04 * 0.9}$$

$$n = 0.94 \text{ ciclos}$$

$$n = 1 \text{ ciclos}$$

Donde:

n – cantidad de ciclo de carga por carretilla

$V_c$  – volumen del recipiente de extracción;  $m^3$ .

$K_2$  – coeficiente de llenado de la caja del recipiente (0.50 – 0.85)

$V_v$  – volumen de la carretilla;  $m^3$ .

$K_1$  – coeficiente de llenado de la carretilla (0.8 – 0.9)

Tiempo para cargar una carretilla:

$$t = n * t_1$$

$$t = 1 * 1 = 1 \text{ min}$$

Donde:

$T_1$  – duración media de un ciclo de carga; 1 min.

Duración de un ciclo de carga y traslado de carretillas.

$$T = (t + t_v + t_c + t_2) * K$$

$$T = (1+4+5+1)*1.4 = 15.4 \text{ min}$$

Donde:

$T_v$  – Tiempo de viaje de la carretilla vacía hasta el frente; 4 min.

$T_c$  – Tiempo de viaje de la carretilla cargada hacia la escombrera; 5 min.

$T_2$  – Tiempo para cambio de carretilla 1 min.

K – Coeficiente de irregularidad; 1.4

### **3.5- Elección y cálculo de la Fortificación**

Se fortificara el empalme entre la galería y el pozo vertical, debido a que en esa área aumenta la presión minera, esta fortificación se realizará con cuadro de madera, la forma de la sección transversal es abovedada y la galería se fortificará solo en los

lugares donde haya presencia de debilitamiento. El arranque de la roca se realizará con martillo neumático.

Se confeccionará la documentación geológica, se realizarán observaciones hidrogeológicas e ingeniero-geológicas con el objetivo de definir parámetros útiles para la minería futura, se tomarán muestras para el análisis químico de Au y para la determinación de la humedad y peso volumétrico, así como ensayos de peso volumétrico in situ.

#### Cálculo de la Presión Minera en la galería

$$P = 4/3 * a^2 / f * b = 4/3 * 0.9^2 / 8 * 2.60 = 0.052 \text{ t/m}^2$$

Donde:

- a- semiancho de la excavación (m)
- f- fortaleza de la roca
- b- peso volumétrico de la roca

Como se aprecia en el resultado anterior el valor de la presión minera sobre la excavación es pequeño, por lo tanto solo se utilizará la fortificación de madera en aquellas zonas de debilitamiento. Al atravesar zonas de debilitamiento la galería será fortificada con cuadros de madera cubiertos por costaneras, madera rolliza y pedazos de rocas, de ser necesario se realizaran caravanas para lograr una mejor distribución de la presión minera actuante sobre la fortificación. Los cuadros estarán formados por dos peones y un sombrero. Las dimensiones de estos elementos se muestran en la tabla 9 que son:

**Tabla.9. Dimensiones de los elementos de fortificación**

Piezas	Ancho	Espesor	Largo
Sombrero	150	150	1600
Peón	150	150	1230

### **3.6- Labores auxiliares**

#### Construcción de obras de superficie

Antes del comienzo de los trabajos subterráneos se hace necesario realizar varias labores preparatorias entre las que se encuentran:

Trabajos topográficos superficiales: consiste en la ubicación del área de construcción del Pozo vertical, la orientación de las labores, delimitación del área de los trabajos, el tiempo estimado para esta tarea es de 4 horas.

Desbroce del área: Con un buldócer se procederá a la limpieza del área eliminando arbustos y malezas, se preparará el área para depositar los escombros y otra para el depósito de mineral, así mismo se prepararán los caminos de acceso, el tiempo estimado para realizar esta tarea es de 16 horas, o dos jornadas de trabajo (**Bolete, O, 2014**).

#### Desagüe

Se estima que la afluencia de agua es poca, agua capilar, alrededor de 0.30 l/s, el esquema de bombeo será directo, o sea, el achique desde la profundidad (frente de trabajo del pozo) hasta la superficie, se realiza a través del cubo de extracción a la superficie.

#### Alumbrado, señalizaciones y comunicaciones

Las labores de profundización se iluminarán mediante lámparas portátiles mineras. Se colocarán señalizaciones en el acceso al pozo vertical, señalando prohibición de acceso de personal no autorizado, peligro de caídas, medios de protección a utilizar en los trabajos etc.

#### Montaje de tuberías y cables

Las tuberías de aire y agua, serán colocadas en un compartimiento especial a un costado de las escaleras de forma tal que no afecte el tránsito de personal. En la galería se colocarán a 1.6 m de altura en el hastial izquierdo

#### Habilitación del compartimiento de escaleras y de transporte

Las plataformas de descanso se situarán cada 3 m, el área de esta plataforma es 1.5 m x 1.2 m (1.41 m<sup>2</sup>). El espesor de las tablas es 32 mm. El volumen de madera a consumir en una plataforma es 0.045 m<sup>3</sup>. Para la construcción del pozo se hacen necesarias 5 plataformas, por lo que el volumen total es 0.225 m<sup>3</sup>

La longitud de las escaleras es de 3,0 m, la distancia entre pasos es 30 cm, cada escalera tiene 11 pasos.

Las dimensiones de las escaleras se aprecian en la tabla 10, que está a continuación.

**Tabla.10. Dimensiones de las escaleras**

	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Laterales	3000	60	50	0,009
Peldaños	300	50	30	0,0000045
Escalera	3000	300	-	

El consumo de madera por cada escalera es de 0,0090045 m<sup>3</sup> y esto daría un total de 0,054 m<sup>3</sup> de madera para los 6 tramos de escaleras.

Para forrar los tabiques de separación entre la sección de escaleras y la de transporte se necesitan 0,81 m<sup>3</sup> de madera. Esta será aserrada en tablas de 4 cm de espesor, que se clavarán en los cuadros.

En la tabla 11 se muestra el consumo total de madera.

**Tabla.11. Consumo total de madera.**

Concepto	Gasto unitario (m <sup>3</sup> /u)	Cantidad	Total,( m <sup>3</sup> )
Cuadro de pozo. Principal	0.207	2	0.414
Cuadro de pozo. Intermedio	0.147	10	1.47
Escaleras	0.0091	6	0.0546
Plataformas de descanso	0.025	5	0.125
Madera aserrada.	0.135	6	0.81
		Total	2.8736

## CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES TÉCNICOS-ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1- Índices técnicos-económicos

En la tabla 12 se evidencia el costo de los medios de protección.

**Tabla.12. Costo de los medios de protección**

Medios de Protección	Precio <b>cuc o cup o \$</b>	Cantidad U	Importe \$
Overol 100% algodón. mangas largas	19,85	8	119,1
Espejuelos antiempañante y antipacto	2 , 42	8	14,52
Botas con casquillo , antiestática, antigrasa	29 , 10	8	174,6
Cascos contra impactos	2,34	8	14,04
Cinturón anti lumbago labor y fuerza 4 hebillas	11 , 75	8	70,5
Guantes de goma contra Grasa y Aceites (mecánicos)	2 , 69	8	16,14
<b>Total</b>	<b>545,2 CUC</b>		

En las tablas 13 y 14 se muestran los costos de los materiales considerando el no uso y el uso de explosivos.

**Tabla.13. Costo de Materiales considerando el uso de explosivos**

#	Denominación	UM	Consumo	Precio Unitario \$	Valor total \$
1	Barras de perforación	u	3	41,28	123,48
2	Brocas de 42 mm	u	4	39,38	157,50
3	Mangueras ¾"	m	100	5,82	582
4	Senatel Magnafrac (Explosivo)	t	0,197,38	1.720	339,49
5	Detonadores Exel Handidet	u	472	2.74	1293.28
6	Detonadores eléctricos instantáneos	u	76	1.30	98,8
7	Cable Dúplex	carrete	1	390	390
8	Madera aserrada	m <sup>3</sup>	2,87	547,5	1571,32

9	Cabilla lisa	m	125.4	1,60	200,64
10	Cabilla corrugada	m	50	1.7	85
11	Cemento	t	0.5	82.50	41.25
12	Gravilla	m <sup>3</sup>	1	12	12
13	Barreta	u	4	50	200
Sub total materiales					<b>5904.26</b>
14	Combustible	l	7720	0,85	6562
15	Grasas	kg	70	7, 01	490,7
16	Lubricantes	l	1107,6	1,65	1827,54
Subtotal Combustibles y Lubricantes					<b>8880,24</b>
Imprevistos (10%)					<b>1478.45</b>
<b>TOTAL (CUC)</b>					<b>16262.95</b>

**Tabla.14. Costo de Materiales sin el uso de explosivos**

#	Denominación	UM	Consumo	Precio Unitario	Valor total
1	Pistoletes (brocas para martillo rompedor)	u	4	40,50	162
2	Mangueras ¾"	m	100	5,82	582
3	Madera aserrada	m <sup>3</sup>	2,87	547,5	1571,32
4	Cabilla lisa	m	125.4	1,60	200,64
5	Cabilla corrugada	m	50	1.7	85
6	Cemento	t	0.5	82.50	41.25
7	Gravilla	m <sup>3</sup>	1	12	12
8	Barreta	u	4	50	200
Su bttotal materiales					<b>3659,21</b>
10	Combustible	l	7720	0,85	6562
11	Grasas	kg	70	7, 01	490,7
12	Lubricantes	l	1107,6	1,65	1827,54
Subtotal Combustibles y Lubricantes					<b>8880,24</b>
Imprevistos (10%)					<b>1266.29</b>
<b>TOTAL (CUC)</b>					<b>13805,74</b>

En las tablas 15 y 16, que se aprecia a continuación, se muestran los resultados de los salarios para la variante con y sin el uso de explosivo.

**Tabla.15. Salarios para variante sin explosivos**

Denominación	Cantidad	Tarifa horaria	Horas de trabajo	Salario básico	Perfeccionamiento por concepto de pago	Salario normal	Estimulación 30 %	Salario devengado	Descanso retribuido	Seguridad social	Impuesto sobre fuerza de trabajo	Total
Minero A	1	2,46	712	1751,52	392,24	2143,76	643,13	2786,88	253,3	380,03	608,04	<b>4 028,28</b>
Minero C	5	2,26	712	1609,12	392,24	2001,36	600,41	2601,76	236,5	354,78	567,65	<b>18 803,45</b>
Topógrafo	1	2.46	64	157,44	35,26	192,70	57,81	250,51	22,77	34,16	54,66	<b>362,10</b>
Operador Buldócer	1	1.92	24	46,08	13,22	59,30	17,79	77,09	7,01	10,51	16,82	<b>111,43</b>
<b>Total:</b>											<b>23 305,26</b>	

**Tabla.16. Salarios para variante con explosivos**

Denominación	Cantidad	Tarifa horaria	Horas de trabajo	Salario básico	Perfeccionamiento por concepto de pago	Salario normal	Estimulación 30 %	Salario devengado	Descanso retribuido	Seguridad social	Impuesto sobre fuerza de trabajo	Total
Minero A	1	2,46	590	1451,4	325,03	1776,43	532,93	2309,35	209,92	314,91	503,85	<b>3 338,03</b>
Minero C	5	2,26	590	1333,4	325,03	1658,43	497,53	2155,95	195,98	293,99	470,39	<b>15 581,55</b>
Topógrafo	1	2.46	64	157,44	35,26	192,70	57,81	250,51	22,77	34,16	54,66	<b>362,10</b>
Operador Bulldozer	1	1.92	20	46,08	13,22	59,30	17,79	77,09	7,01	10,51	16,82	<b>111,43</b>
<b>Total:</b>											<b>19 393,11</b>	

En las tablas 17 y 18 se muestran los resúmenes de los costos con el uso y sin el uso de explosivos para un metro de laboreo.

**Tabla.17. Resumen de los costos sin explosivos**

COSTOS	CUP	CUC	Moneda total
Costo de Salario	23 305,26	-	23 305, 26
Costo de materiales	-	13805,74	13805,74
Costo de medios de protección	-	545,2	545,2
<b>Total</b>	23 305,26	14350,94	37 656, 20
<b>Costo de 1 m laboreado</b>	<b>568,42</b>	<b>350,02</b>	<b>918,44</b>

**Tabla.18. Resumen de los costos con explosivos**

COSTOS	CUP		CUC	Moneda total
Costo de Salario	19 393,11		-	19 393, 11
Costo de materiales	-		16262.95	16262.95
Costo de medios de protección	-		545,2	545,2
<b>Total</b>	19 393,11		16808,15	36 201, 26
<b>Costo de 1 m laboreado</b>	<b>473,0</b>		<b>409,95</b>	<b>882,96</b>

#### 4.2- Análisis de la Seguridad Minera

El reglamento de seguridad minera es el documento rector de esta actividad en el país, por lo que el cumplimiento del mismo es obligatorio para toda la entidad minera. Las labores que se ejecuten estarán regidas por el Manual de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Empresa Geominera Camagüey. A continuación se exponen las cuestiones más generales de la seguridad minera del citado reglamento:

#### **4.2.1- Medidas generales de seguridad.**

- Todas las excavaciones mineras se ejecutarán según el proyecto técnico
- Se realizarán revisiones periódicas para controlar el estado de las excavaciones.
- Las excavaciones al atravesar zonas de posibles desprendimientos, intersección de fallas, etc., serán fortificadas.
- El personal que realizará los diferentes trabajos mineros será calificado, capacitado e instruido para el puesto de trabajo que ocupa.
- Toda persona que baje a la mina debe portar casco, botas de seguridad y lámpara portátil, además de otros medios de protección que requiera la actividad que va a desarrollar.
- En cada frente de trabajo se encontrarán como mínimo dos personas.
- El personal de la mina será instruido según el procedimiento de evacuación para casos de emergencia.
- Es obligatorio establecer una adecuada protección contra el acceso y caída de personas ajenas, animales y objetos a las siguientes instalaciones:
  - a) Objetivos superficiales.
  - b) Laboreos mineros que afloran a superficie y están en activo.
- La forma de protección será determinada y proyectada con anterioridad a la ejecución del laboreo y montaje de la instalación. La protección que se establezca debe ser de tal forma que no obstaculice la salida de los trabajadores en caso de emergencia. La prohibición de entrada será señalizada en todos los accesos, además en las zonas de peligro específico.
- Se prohíbe la entrada de personas que presenten estado de embriaguez, que estén bajo los efectos de algún estupefaciente, o que hayan ingerido bebidas alcohólicas aunque no estén embriagados, a las instalaciones, áreas y puestos de trabajo del pozo. La entrada y permanencia en las instalaciones, áreas y

puestos de trabajo solo será permitida a los trabajadores que laboran y a las personas que realizan supervisión, o inspección. Está prohibido que trabajadores de otras áreas y puestos ajenos entren a dichos lugares sin justificación y autorización de su jefe inmediato.

- Los trabajos en alturas se registrarán por lo establecido en la instrucción de Seguridad para la realización de trabajos en alturas del sistema de seguridad industrial.

Se llevará la documentación técnico operativa siguiente:

- a) El proyectos o prescripciones tecnológicas para el avance de excavaciones y de los frentes de extracción;
- b) los proyectos de voladura;
- c) las ordenes de trabajo de mantenimiento;
- d) las carpetas técnicas de equipos.

#### **4.2.2- Principales medidas de seguridad en los diferentes trabajos de la mina**

Trabajos preparatorios de minería

- Se prohíbe el almacenamiento de materiales y equipos a menos de 4 metros del pozo, así como en las áreas de manipulación de vagonetas.
- Los trabajadores y los equipos estarán asegurados contra posibles caídas por medio de la utilización de arnés de seguridad FMR-451 it-273.
- Para el saneo del techo se utilizará la barreta con un largo de 1.5 m. Al realizar este trabajo, los mineros se ubicaran en la zona más limpia y segura.

*Laboreo de las excavaciones*

- El personal que trabajará en esta etapa será un personal calificado con experiencia en la actividad.
- El personal que labora en el interior del pozo estará protegido contra su caída accidental mediante su aseguramiento por medio de la utilización de arnés de seguridad FMR-451 it-273 y contra la caída de materiales, herramientas y otros objetos mediante una plataforma de seguridad.

- El personal subirá y bajará en el cubo de profundización, nunca más de una persona y siempre que el mismo no contenga material.
- Al comienzo de cada ciclo o turno de trabajo se saneará y revisará los hastiales del pozo, así como el frente de trabajo.
- Después de cada disparo se prohíbe bajar al frente hasta que se cumpla el tiempo de ventilación (30 minutos).
- Antes de iniciar la carga de los barrenos se evacua todo el personal exceptuando al jefe de brigada y el artillero.
- El disparo se hará desde la superficie.
- Se mantendrá una adecuada iluminación del frente.
- Durante los trabajos de profundización del pozo se dejará una plataforma de seguridad, la cual se retirará una vez concluidos los trabajos de profundización.
- Durante los trabajos en el interior del pozo tanto el personal, equipos y herramientas tiene que estar asegurados contra caídas.
- La velocidad permisible del aire en cada tipo de excavación será - 8 m/s en laboreos y frentes de trabajo.
- Todos los laboreos en avance y que no tengan una comunicación de salida con otro laboreo, es obligatorio ventilarlo por un sistema de ventilación parcial cuando excedan de 10 m de longitud.

#### **4.2.3- Medios de Protección**

- Casco para construcción (para trabajos en exteriores e interiores).
- Botas de goma con casquillo metálico (para trabajos en exteriores donde hay presente humedad alta).
- Traje impermeable (para trabajos donde hay presencia de gran humedad)
- Botas de piel con casquillo metálico (para trabajos donde no hay humedad).
- tapones para el ruido (donde hay presencia de ruido).
- Espejuelos (para la protección contra gases y polvo).
- Filtro contra el polvo fino (para la protección contra el polvo).

- Respirador contra gases tóxicos (para la protección contra los gases nocivos producto de diferentes labores).
- Guantes de cuero súper reforzado, guantes de látex, guantes dieléctricos y guantes de lona y piel.

Estos medios son entregados a cada obrero con el objetivo para evitar los accidentes leve o de gran envergadura. Por eso es necesario que el jefe es decir el encargado de la protección al trabajador haga que se cumpla estrictamente con el uso todos los equipos de protección personal que se entregan por puestos de trabajo a cada hombre de la entidad **(Bitkolov L.Z. Moscú, Niedra, 2009.)**.

#### **4.3- Evaluación del Impacto Ambiental**

Impactos ambientales – medidas mitigadoras.

Antes de hacer una relación de los impactos ambientales que necesariamente se producirán como consecuencia de la actividad minera, es necesario conocer la situación ambiental actual, producto de los trabajos de Prospección – Exploración antes realizados y otros ajenos a la actividad geólogo – minera. Así, tenemos los siguientes impactos actuales:

- Impacto visual.
- Alteración de la topografía por la existencia de excavaciones realizadas con anterioridad.
- Erosión en las excavaciones y caminos.
- Daños a la flora y la fauna.
- Emisión de polvo.

En la tabla 19 se ven las acciones del laboreo minero y componentes ambientales, que se encuentra a continuación.

**Tabla.19. Acciones del laboreo minero y componentes ambientales**

ACCIONES	COMPONENTES AMBIENTALES
a) Construcción de caminos	I) Calidad del aire
b) Desbroce y destape	II) Calidad de las aguas superficiales
c) Construcción de escombrera	III) Calidad de las aguas subterráneas
d) Transporte	IV) Relieve
e) Laboreo minero	V) Suelo
	VI) Substrato rocoso
	VII) Vegetación
	VIII) Fauna
	IX) Hidrogeología
	X) Uso del suelo
	XI) Ruido
	XII) Paisaje
	XIII) Condiciones socioeconómicas.

Relación de los impactos que se prevé se produzcan durante el laboreo de las excavaciones proyectadas

1. Contaminación del aire por polvo, debido a la construcción de caminos, desbroce.
2. Alteración del relieve por construcción de caminos, desbroce, escombrera.
3. Pérdida, remoción y afectación del substrato rocoso por desbroce y construcciones para el drenaje.
4. Deforestación y afectaciones a la vegetación por movimiento de tierra.
5. Cambio en el uso y ocupación del suelo.
6. Aumento del nivel de ruido.
7. Alteraciones estéticas del paisaje.

#### 8. Aumento del tráfico terrestre.

En la tabla 20 se muestran las propuestas de medidas de mitigación para minimizar el efecto de los impactos.

**Tabla.20. Propuesta de medidas de mitigación para minimizar el efecto de los impactos**

<b>Impacto</b>	<b>Medidas de Mitigación.</b>
1.	Humificación de caminos, uso de lomas protectoras.
2.	Se trabajará para que el impacto visual sea el menor posible, con la construcción de barreras vivas, construcción de caminos con curvas que impidan la visualización directa del área afectada.
3.	Utilizar el menor espacio posible en todas las labores mineras.
4.	Utilizar el menor espacio posible en todas las labores mineras.
5.	Reforestación del área, con posibilidades de recuperar la superficie apta.
6.	Implementar la conexión de silenciadores al equipamiento minero e implementar el uso de orejeras en los operadores y personal directo en la minería.
7.	Se trabajará para que el impacto visual sea el menor posible, con la construcción de barreras vivas, construcción de caminos con curvas que impidan la visualización directa del área afectada.
8.	Incidir en el reordenamiento del transporte.

#### **4.3.1- Medidas correctoras**

Consisten en el conjunto de acciones encaminadas a devolverle en lo posible el aspecto inicial al medio ambiente en la Concesión Minera.

Las medidas correctoras se resumen a continuación:

1. Desaparición de la escombrera mediante el vertimiento de su material en el pozo vertical.
2. Eliminación de construcciones temporales, montículos u otro tipo de obra artificial realizada.

## CONCLUSIONES

1. Se elaboró el proyecto para la construcción del pozo Sur Elena y la galería SE-1, teniendo en cuenta las características ingeniero-geológicas de la zona donde se ubica el yacimiento, a partir de lo cual se establecieron los siguientes aspectos:
  - ✓ Se determinó la forma y dimensiones de la sección transversal de las excavaciones.
  - ✓ Se calcularon los índices técnicos de cada una de las operaciones que intervienen en el proceso de laboreo.
  - ✓ Se determinó el costo de laboreo para un metro de excavación tanto para el pozo Sur Elena como para la galería SE-1; con el uso de explosivos es de 509.95 cuc y sin el uso es 350.02 cuc.
  
2. Se realizó un análisis del impacto ambiental que se prevé produzca el laboreo de las excavaciones subterráneas diseñadas en el proyecto y se proponen las medidas correctoras para mitigar tales impactos.

## RECOMENDACIONES

1. Que la empresa Geominera Camagüey tenga en cuenta la aplicación de los resultados de este proyecto para llevar a cabo el laboreo del pozo Sur Elena y la galería SE-1, en el yacimiento Oro Jacinto.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Álvarez López, Rafael; Estrada Fines, Alldeng Luis. Proyecto para la Ejecución del Pozo Criollo y Galería en la Veta Beatriz, Cuba, 2012.
- 2- Blanco, R. Mecánica de Rocas. Santiago de Cuba: Oriente Santiago de Cuba, 1981.
- 3- Blanco, R. Fortificaciones de excavaciones subterránea. La Habana: Félix Varela, 1984.
- 4- Bitkolov L.Z. Mejoramiento de las condiciones de trabajo en las minas. Moscú, Niedra, 2009.
- 5- Blanco Torrens, Roberto; Sargentón Romero, Gilberto. Proyecto de Construcción Subterránea Parte I, La Habana. 2009.
- 6- Blanco Torrens, Roberto; Sargentón Romero, Gilberto. Proyecto de Construcción Subterránea Parte II, La Habana. 2009.
- 7- Blanco Torrens, Roberto. Fortificación de Excavaciones Horizontales, La Habana. 1995. ISBN 959-07-0038-1.
- 8- Bravo Fernández, Marilyn. Elección y Proyección del método de apertura del yacimiento Barranca excluyendo el método por pozo vertical, Trabajo de Diploma, cuba, 1981.
- 9- Bolete, O. Maquinas mineras. La Habana: Félix Var, 2014.
- 10-De la cuadra I, L. Curso de Laboreo de Minas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. ISBN 8460062546, 1974.
- 11-Furones Castillo, Ildanelis. Reconocimiento geológico preliminar de las áreas y sectores perspectivas para la prospección de oro en la región guáimaro-Las Tunas, Trabajo de Diploma, Cuba. 2014.
- 12-Giménez A, P. Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles. Practica Aplicada, Avanzada en Minería Clásica y Minería por Trackles. Edición III, Perú, año no conocido.

- 13-Iturrealde - Vinent, M., Las ofiolitas en la constitución geológica de Cuba. Revista Ciencia de la Tierra y El Espacio. 1998.
- 14-Lino Icuma, Cristobao Margarido. Caracterización Geomecánica de la Mina Merceditas. Trabajo de Diploma, Cuba, 1998.
- 15-Midvedev I. Ventilación de Minas. Moscú, Niedra, 2009.
- 16-Nalvia García, María. Proyecto de reconstrucción del Pozo 3 "Mina Grande" El Cobre, Cuba, 1982-83.
- 17-Piñero Pérez, Enrique Cloaldo; otros. Proyecto de Exploración y completamiento de oro Jacinto, Cuba, 2008.
- 18-Willet.D.C. The development of tunnelling and the use of underground space through ages, 1979.

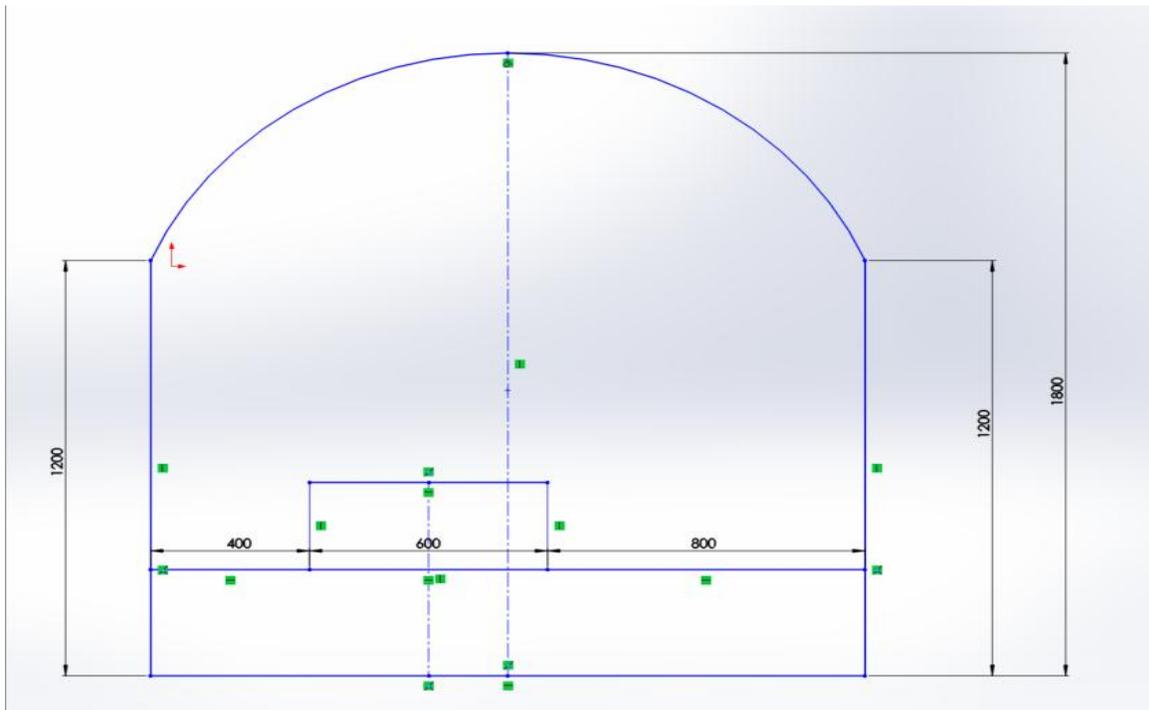


## ANEXOS

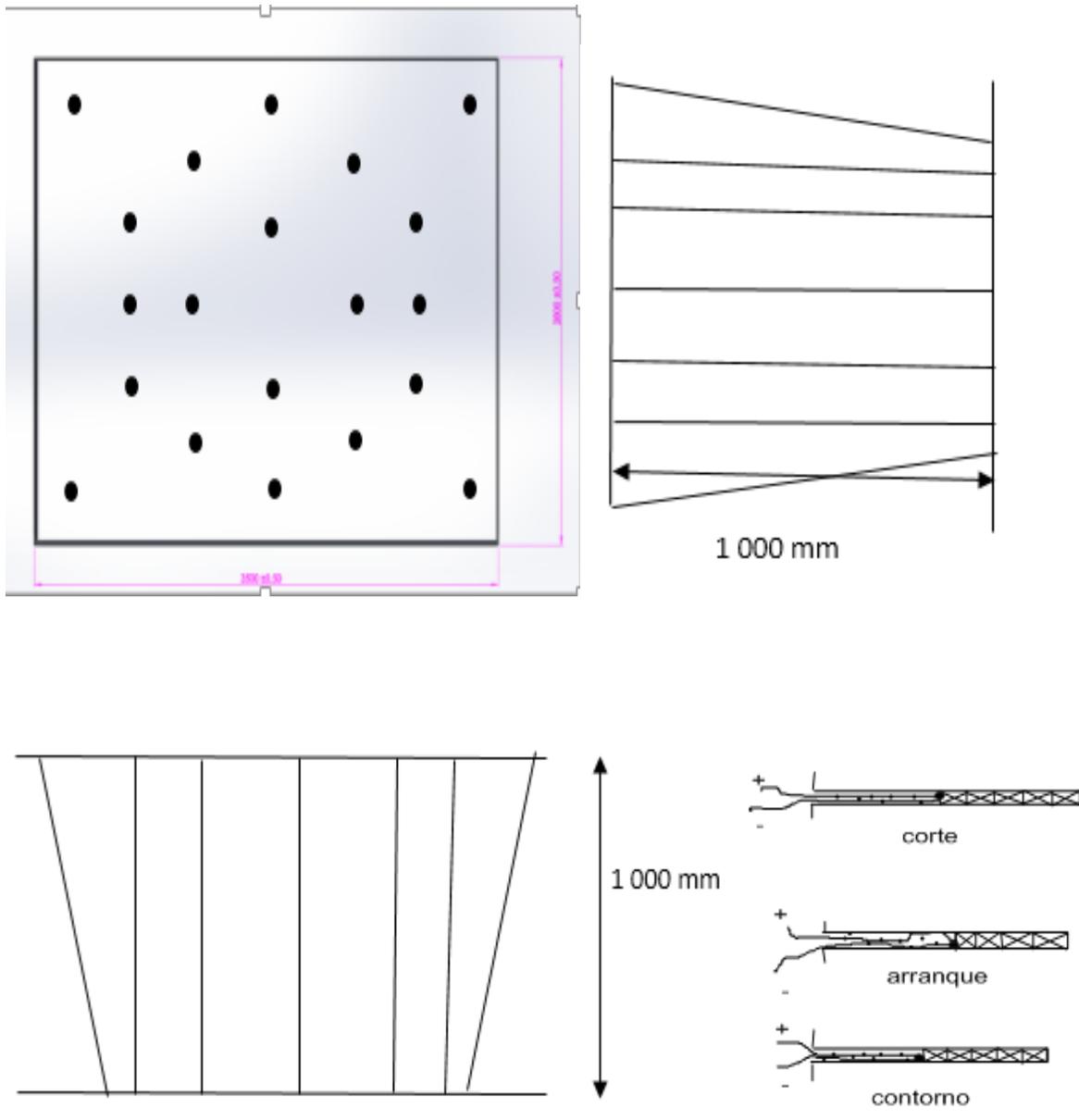
### Anexo 1: Dimensiones del Pozo.



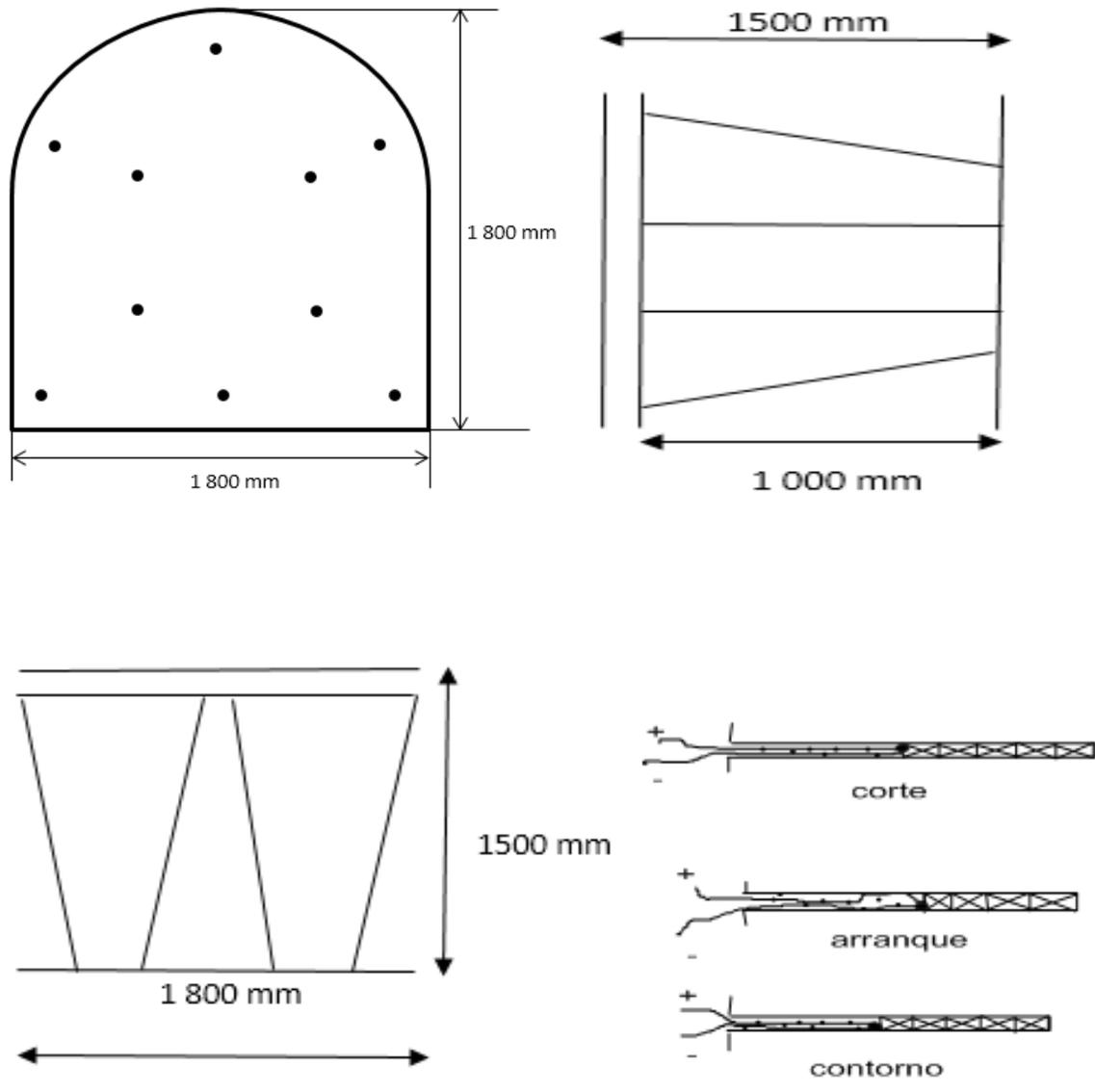
### Anexo 2: Dimensiones de la Galería.



### Anexo 3: Pasaporte del Pozo.



### Anexo 4: Pasaporte de la Galería.



**Anexo 5: Ciclo grama de trabajo para el Pozo.**

TIEMPOS	DURACIÓN		HORAS					
	HORAS	MINUTOS	1	2	3	4	5	6
Saneamiento	0,25	15	■					
Carga de la roca	1	398	■	■				
Fortificación	3.33	200		■				
<u>Peforación</u>	3,36	202			■	■	■	■
<u>Carga y explosión</u>	1,03	62						■
<u>Ventilación</u>	0,5	30						■
Total	9.47	907						

**Anexo 6: Ciclo grama de trabajo para la Galería.**

TIEMPOS	DURACIÓN		HORAS					
	HORAS	MINUTOS	1	2	3	4	5	6
Saneamiento	0,25	15	■					
Carga de la roca	4.33	260	■	■				
Fortificación	2.38	143		■				
<u>Peforación</u>	3,36	202			■	■	■	■
<u>Carga y explosión</u>	1,03	62						■
<u>Ventilación</u>	0,5	30						■
Total	11.85	712						

**Anexo 7: VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (RMR).**

PARAMETRO		RANGO DE VALORES							Valoración		
1	Resistencia a la compresión uniaxial	>250(15)	100-250(12)	50-100(7)	X	25-50(4)	<25(2)	<5(1)	<1(0)	7	
2	RQD %	90-100(20)	75-90(17)	50-75(13)		25-50(8)	X	<25(3)		8	
3	Espaciamiento	>2(20)	0,6-2(15)	0,2-0,6(10)	X	0,06-0,2(8)		<0,06(5)		20	
4	Condición de las Juntas	Persistencia	<1m long (6)	X	1-3m Long (4)	3-10mm(2)	10-20m(1)	>20(0)		6	
		Apertura	Cerrada(6)	X	<0,1mm apert.(5)	0,1-1mm(4)	1-5mm(1)	>5 mm(0)		6	
		Rugosidad	Muy rugosa(6)		Rugosa(5)	X	Lig.rugosa(3)	Lisa(1)	Espejo de falla(0)		6
		Relleno	Limpia(6)		Duro<5mm(4)	X	Duro<5mm(2)	Suave<5mm(1)	Suave>5 mm(0)		4
		Alteración	Sana(6)		Lig. Alterada(5)		Mod. Alterada(3)	X	Muy alterada(1)	Descompuesta(0)	3
5	Agua subterránea	Seco(15)	X	Húmedo(10)	Mojado(7)	Goteo(4)		Flujo(0)		15	
Valor total RMR (Suma de valoración de 1 a 5)									65		
Clase de macizo									80-61		
									II Buena		

