



Universidad de Guanajuato

Campus Guanajuato: División de Ingenierías

Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología

“Selección del Método de Minado para la Recuperación del Sector Superior de la Veta Delmy en Mina Marlin, ubicada en el Mpio. de San Miguel Ixtahuacan, San Marcos, Guatemala.”

Trabajo de ejercicio profesional que para obtener el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Presenta:

Oscar Velázquez Cervantes

Guanajuato, Gto., febrero de 2015.

Guanajuato, Gto., 23 de enero 2015

Asunto: **Aprobación de Trabajo
de Titulación.**

**DR. LUIS ENRIQUE MENDOZA PUGA
DIRECTOR DE DIVISION DE INGENIERIAS
CAMPUS GUANAJUATO
P R E S E N T E.**

Los que suscriben, revisores del trabajo, que como requisito para obtención de Título Profesional, fue presentado a revisión por:

C. Oscar Velázquez Cervantes

Pasantes del Programa Educativo de Ingeniero de Minas de la División de Ingenierías del Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología de la Universidad de Guanajuato, en la modalidad de *Ejercicio Profesional*; con el Título:

***“Selección del Método de Minado para la Recuperación del Sector Superior
de la Veta Delmy en Mina Marlin, Ubicada en el Mpio. De San Miguel Ixtahuacan,
San Marcos, Guatemala”***

Una vez leído, analizado y revisado el trabajo, ha sido aprobado para que continúen con los trámites requeridos para solicitar fecha y sustenten examen.

Sin más por el momento reciba un cordial saludo.

**Atentamente
“La Verdad Os Hará Libres”**

M.C. Roberto Ontiveros Ibarra
Director del Trabajo

Ing. Víctor Manuel Quezada Aguilera
Sinodal del Trabajo

Ing. Salvador Aldana García
Sinodal del Trabajo



Dedicatorias

A mis padres, Lorenzo y Francisca.

Para ellos con todo mi cariño y mi amor por que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños y por darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi agradecimiento y mi corazón.

A mi esposa e hija, Tatiana y Alondra Tatiana.

Por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional, al amor que me brindan y me inspira para ser mejor cada día, que con su luz han iluminado mi vida y hace mi camino más claro, Gracias por estar siempre a mi lado, las amo mucho.

A mi hermana y sobrinos, Elizabeth, Kasandra, Denis y Javier.

Gracias a esas personas importantes en mi vida, por el apoyo y confianza estando siempre presentes. Espero ser un ejemplo para mis sobrinos y eso los motive a prepararse para los retos que les pondrá la vida.

A mi hermano, Juan Antonio (QED).

Que fue mi apoyo emocional en el tiempo que estuvo presente, por ayudarme a tener esa fuerza de voluntad que me hizo superar muchas cosas. Gracias hermano, sé que desde el cielo estarás observado estos logros, de los cuales has contribuido.

Agradecimientos y Reconocimientos

A la compañía Montana Exploradora de Guatemala, filial de Goldcorp por el apoyo y las facilidades prestadas.

A los profesores, Ing. Roberto Ontiveros, Ing. Victor Manuel Quezada e Ing. Salvador Aldana, por el asesoramiento y el apoyo para la realización de este trabajo.

A todos mis profesores que en el andar de la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias para formarme como una persona de bien y preparada.

Sumario

El presente trabajo se desarrollara en la mina Marlin, la cual pertenece a Montana Exploradora de Guatemala, filial de Goldcorp. La mina se encuentra en el municipio de San Miguel Ixtahuacan, departamento de San Marcos, Guatemala.

En la mina actualmente se están minando 3 vetas: Marlin, Delmy y West Vero. Nuestro estudio se enfoca al área de Delmy, la cual es una veta secundaria con altos contenidos de oro y cuyos límites económicos se extiende hasta cerca de superficie. En superficie, en el área donde se proyecta la veta, se encuentra cerca de los límites de propiedad de la empresa, por lo que existen viviendas y carreteras municipales dentro de un radio de influencia de 100 metros.

En los desarrollos del área superior de Delmy se empezó a tener problemas de estabilidad para la preparación del minado y con el propio minado, debido a que existe roca de mala calidad, la que hace que la explotación del yacimiento se dificulte y se torne de una manera insegura. Añadiendo a esto que sus límites económicos se encuentran cercanos a superficie, existe la posibilidad de provocar algún daño ambiental al momento de la recuperación del mineral.

El objetivo del presente trabajo es seleccionar un método de minado, el cual nos permita recuperar de una forma segura las onzas de Au y Ag cubicadas en la parte superior de Delmy, y por la parte económica, debe ser un método que nos permita generar margen de utilidad.

Para la selección del método de minado se usara un sistema de clasificación numérico (método UBC) y se formulara una escala para la ponderación de cada método. Para esta selección usaremos la geometría del yacimiento, distribución de leyes, propiedades geo-mecánicas y la ubicación.

Contenido

	Página
Aprobación del Trabajo de Titulación	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatorias	iii
Agradecimientos y Reconocimientos	iii
Sumario.....	v
Contenido.....	vi
Lista de Figuras.....	lix
Lista de Tablas.....	xi
Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Ubicación	2
1.2 Medio Ambiente	2
1.3 Problemática.....	3
1.4 Objetivos.....	8
Capítulo 2 Antecedentes	10
2.1 Marco Geotectónico	10

2.2	Geología del depósito Marlín	13
2.3	Mineralización.....	22
2.4	Geología Estructural.....	23
Capítulo 3 Aspectos Teóricos Relacionados		26
3.1	Sistema de Clasificación de Boshkov y Wright.....	26
3.2	Sistema de Clasificación de Hartman	26
3.3	Sistema de Clasificación Nicholas	30
3.4	Método University British Columbia (UBC).....	30
Capítulo 4 Criterios de Cálculo para la Selección del Método de Minado.....		32
4.1	Ubicación del Yacimiento.....	32
4.2	Propiedades Geométricas.....	34
4.3	Distribución de Leyes	38
4.4	Propiedades Geo-mecánicas.....	44
Capítulo 5 Clasificación de Sistemas de Minado		52
5.1	Sistema de minado Superficial	52
5.2	Sistemas de minado subterráneo.....	53
5.3	Métodos especiales.....	54
Capítulo 6 Metodología para la Selección del Método.....		56

6.1	Identificación	56
6.2	Clasificación	57
Capítulo 7 Selección del Método de Minado		58
7.1	Selección mediante método UBC.	64
7.2	Ponderación del Método UBC aplicado al Yacimiento	65
7.3	Clasificación de los métodos candidatos a Selección	68
Capítulo 8 Conclusiones		70
Bibliografía		72

Lista de Figuras

Figura 1.1 Área Delmy: Proyección del área colapsada	4
Figura 1.3 Planta influencia veta Delmy en superficie	6
Figura 1.4 Ubicación de la mina en relación a la población cercana existente	7
Figura 1.5 Obra ideal minera subterránea	8
Figura 1.6 Subsistencia y deformación minera.....	9
Figura 2.1 Sistema tectónico de América Central.....	11
Figura 2.2 Unidad Tai: Dique de Biotita latita-andesita de grano fino, fuerte magnetismo	14
Figura 2.3 Unidad Tmli: Dique de feldespato Biotita-latita-hornblenda, y ojos de cuarzo, de grano fino con ocasionales granos de tamaño medio, con leve a moderado magnetismo	15
Figura 2.4 Unidad Tmli: Presentando mayor grado de intemperismo y alteración Argílica.....	16
Figura 2.5 Unidad Tm: Andesita masiva, fragmentada con Biotita + Feldespatos + Hornblenda	17
Figura 2.6 Unidad Tv: Secuencia volcanoclástica de tobas líticas, secuenciadas con clastos metamórficos	18
Figura 2.7 Plano Geológico y actualización litológica de acuerdo al minado en Superficie.....	19

Figura 2.8 Columna Estratigráfica, Mina Marlin	20
Figura 2.9 Sección Geológica 639700	21
Figura 2.10 Plano estructural, Zona Marlin y West Vero	25
Figura 4.1 Sección Transversal mostrando dimensionamiento	36
Figura 4.2 Sección Longitudinal mostrando distribución de obras y dimensionamiento	37
Figura 4.3 Sección Longitudinal mostrando distribución de Leyes.....	40
Figura 4.4 Cantidad (tonelaje) y Calidad (ley promedio) en la veta Delmy.....	43
Figura 4.5 Zonas de la clasificación geomecanica del sector Delmy	47

Lista de Tablas

Tabla 3.1 Clasificación de métodos de minado según Hartman	28
Tabla 3.2 Métodos de minado subterráneo aplicables según sus características (Hartman).....	29
Tabla 4.1 Ley media en barrenos de exploración	41
Tabla 4.2 Clasificación geo-mecánica del sector Delmy	46
Tabla 4.3 Clasificación Geomecánica en base a RQD y RMR	48
Tabla 4.4 Clasificación RMR (Bieniawski, oscila entre 0 y 100)	50
Tabla 4.5 Parámetros del Rock Mass Rating (Bieniawski 1979).....	51
Tabla 7.1 Selección del Método de Minado: UBC.....	58
Tabla 7.2 Selección del Método de Minado: UBC en base a su geometría	61
Tabla 7.3 Selección del Método de Minado: UBC en base a su clasificación geo-mecánicas Rock Mass Rating (RMR)	62
Tabla 7.4 Selección del Método de Minado: UBC en base a su clasificación geo-mecánicas Rock Substance Strength (RMS).....	63
Tabla 4.5 Clasificación de los métodos candidatos de acuerdo a sus características (Hartman).....	68

Capítulo 1

Introducción

Los problemas de estabilidad en las minas así como en otros tipos de trabajos relacionados con excavaciones, son idénticos desde el punto de vista de condiciones estáticas y de seguridad, muchos de los factores que contribuyen a dicha estabilidad, son también susceptibles de contribuir a la resistencia de los materiales bajo condiciones de carga dinámica, por ejemplo roca fragmentada o relleno dentro de los rebajes.

En minería y desde el punto de vista económico, el mejor método de explotación deberá ser aquel que proporcione la mayor tasa de retorno en la inversión. También el método seleccionado deberá satisfacer condiciones de máxima seguridad y permitir un ritmo óptimo de producción bajo las condiciones geológicas particulares del depósito. La clasificación de los métodos de minado adoptados por la mayoría de las compañías mineras en el mundo, han sido elaboradas con base a la geología estructural y en la mecánica de rocas, prevaleciendo el concepto fundamental de estabilidad en las obras. El mejor método de minado dependerá de las características geológicas del terreno, mismas que determinan el tamaño del área que se va a minar, con los respaldos que mejor se auto soporten durante la remoción del mineral, de la naturaleza y tamaño de los soportes que se requieran y del tipo de estructura de soporte que se necesite para mantener las obras permanentes abiertas sin problemas de subsidencias.

Específicamente, la geología del sitio deberá ser estudiada en detalle, de tal manera que:

- Las obras preliminares (exploración) sean realizadas en los sitios donde se obtenga la mayor información del terreno.
- Las obras permanentes sean ubicadas y coladas en roca sólida y estable.
- Los rebajes de producción sean diseñados para condiciones óptimas de estabilidad y de control del terreno.
- Las obras se conserven abiertas a costos mínimos de mantenimiento.

- Los métodos de minado se puedan planear adecuadamente.
- Se obtenga los factores máximos de seguridad.

1.1 Ubicación

La mina Marlín está en las montañas del oeste de Guatemala, en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, 25 km al suroeste del poblado de Huehuetenango y a aproximadamente 300 km al noroeste de la Ciudad de Guatemala. Es una zona de terreno escarpado a moderadamente empinado con elevaciones que van de los 1.800 a los 2.300 metros sobre el nivel del mar.

Se encuentra en una zona de gran proyección de alrededor de 100.000 hectáreas que incluyen el principal depósito que es Marlin y otras importantes estructuras de vetas y zonas mineralizadas. Hay cuatro unidades litológicas grandes presentes en el lugar de la mina Marlin: depósitos piroclásticos, andesitas, secuencia volcanoclástica terciaria y diques porfiríticos.

1.2 Medio Ambiente

Marlin opera en cumplimiento con los estándares y regulaciones ambientales de Guatemala, y con los lineamientos del Banco Mundial para la industria minera y además se adhiere a los estándares internos de Goldcorp para garantizar que se alcance el más alto nivel de administración ambiental.

Marlin fue la primera mina en Centroamérica en obtener la certificación completa bajo el Código Internacional de Manejo del Cianuro, el punto de referencia a nivel internacional para todo lo relacionado con el transporte, el almacenamiento y el uso de cianuro.

1.3 Problemática.

Actualmente se están minando 3 zonas importantes que son: Marlin, Delmy y West Vero. Nuestro estudio se enfoca al área de Delmy.

Delmy es una veta secundaria con altas leyes. Debido a la cercanía con desarrollos que ya estaban preparados, comenzamos a minar esta veta a partir del N-1969 y N-1951, por medio del método ya utilizado dentro de la unidad, (tumba por subniveles) mientras se preparaban los sub-niveles superiores e inferiores. En la parte central del N-1969 tuvimos el primer derrumbe provocado por la mala calidad de roca en la veta, una vez minados los primeros rebajes se rellenaron, pero el N-1969 se mantenía abierto, ya que este sería el nivel de acarreo de los rebajes superiores, conforme transcurría el tiempo se empezó a deteriorar y surgieron otros derrumbes.

En las obras que tenemos en el sector superior también se nos han presentado problemas geotécnicos debido a la calidad de la roca. El límite económico del yacimiento está cercano a la superficie, por donde pasan carreteras y a sus alrededores existen viviendas que están fuera de los límites de la compañía pero se mantienen cerca de un radio de influencia, por lo que existe la inquietud de que se pudiera provocar algún daño ambiental. Es por tal motivo que surge el interés de hacer este estudio, debido a la responsabilidad ambiental y social que mantiene Goldcorp con las comunidades.

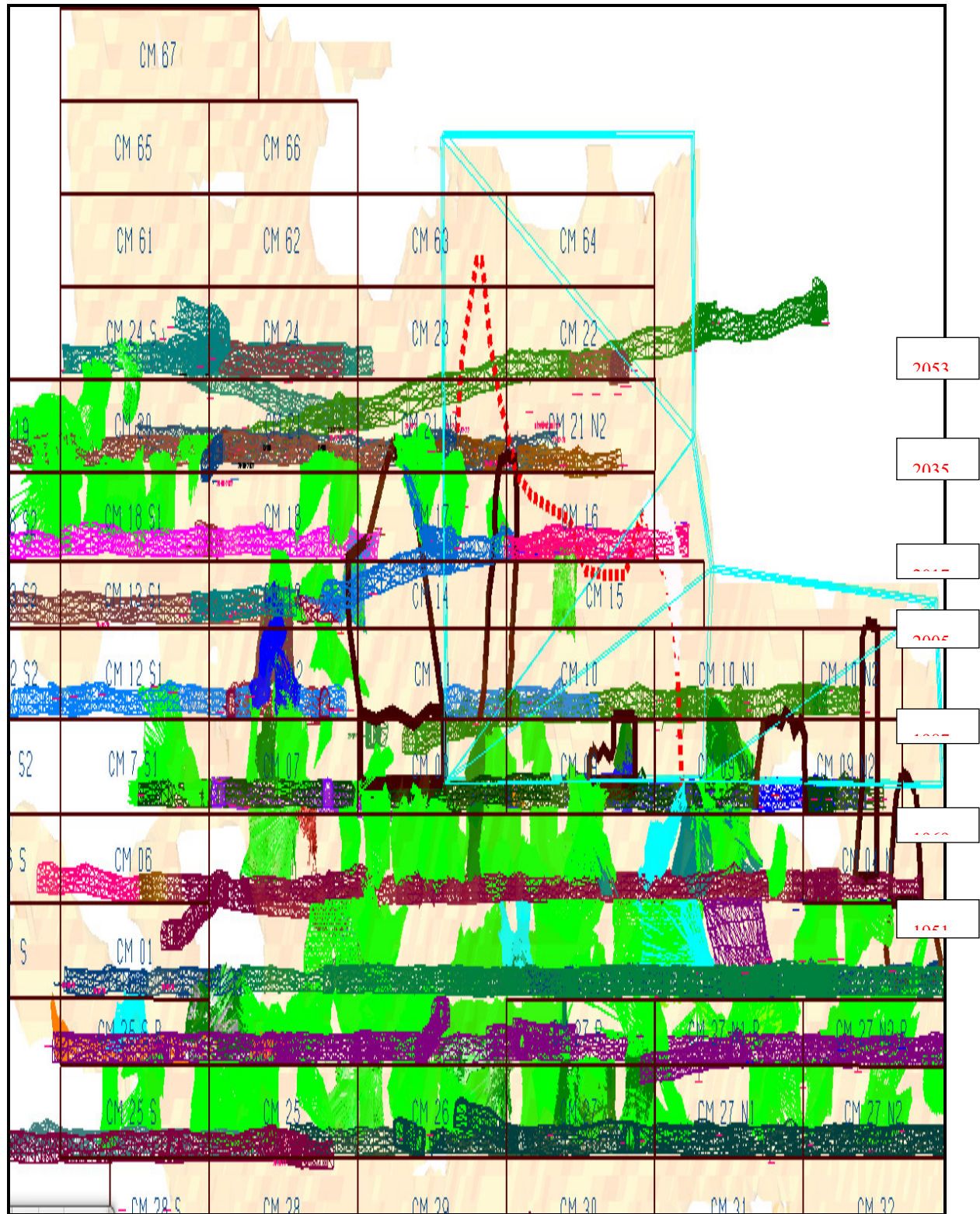


Figura 1.1 Área Delmy: Proyección del área colapsada

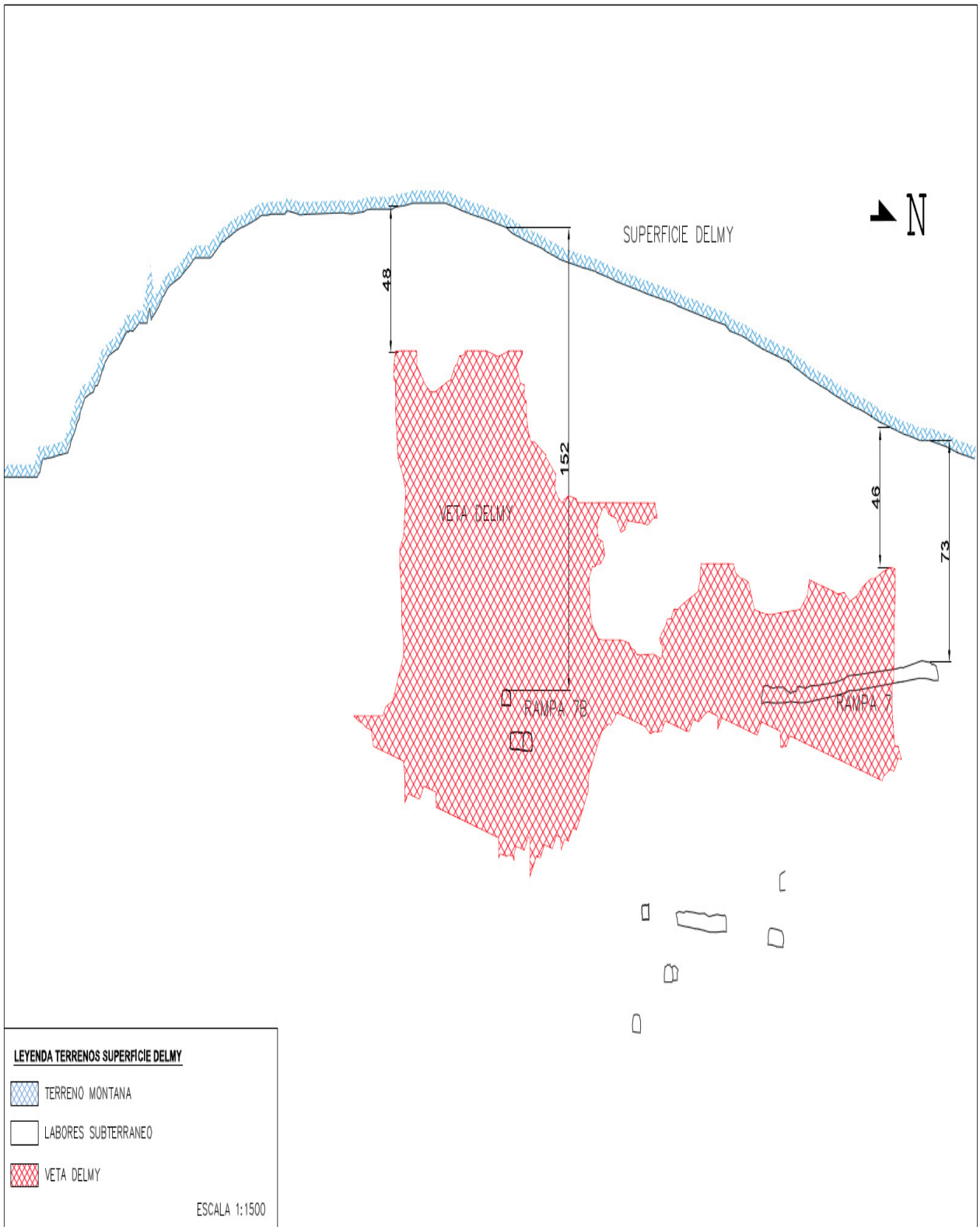


Figura 1.2 Sección influencia veta Delmy en superficie

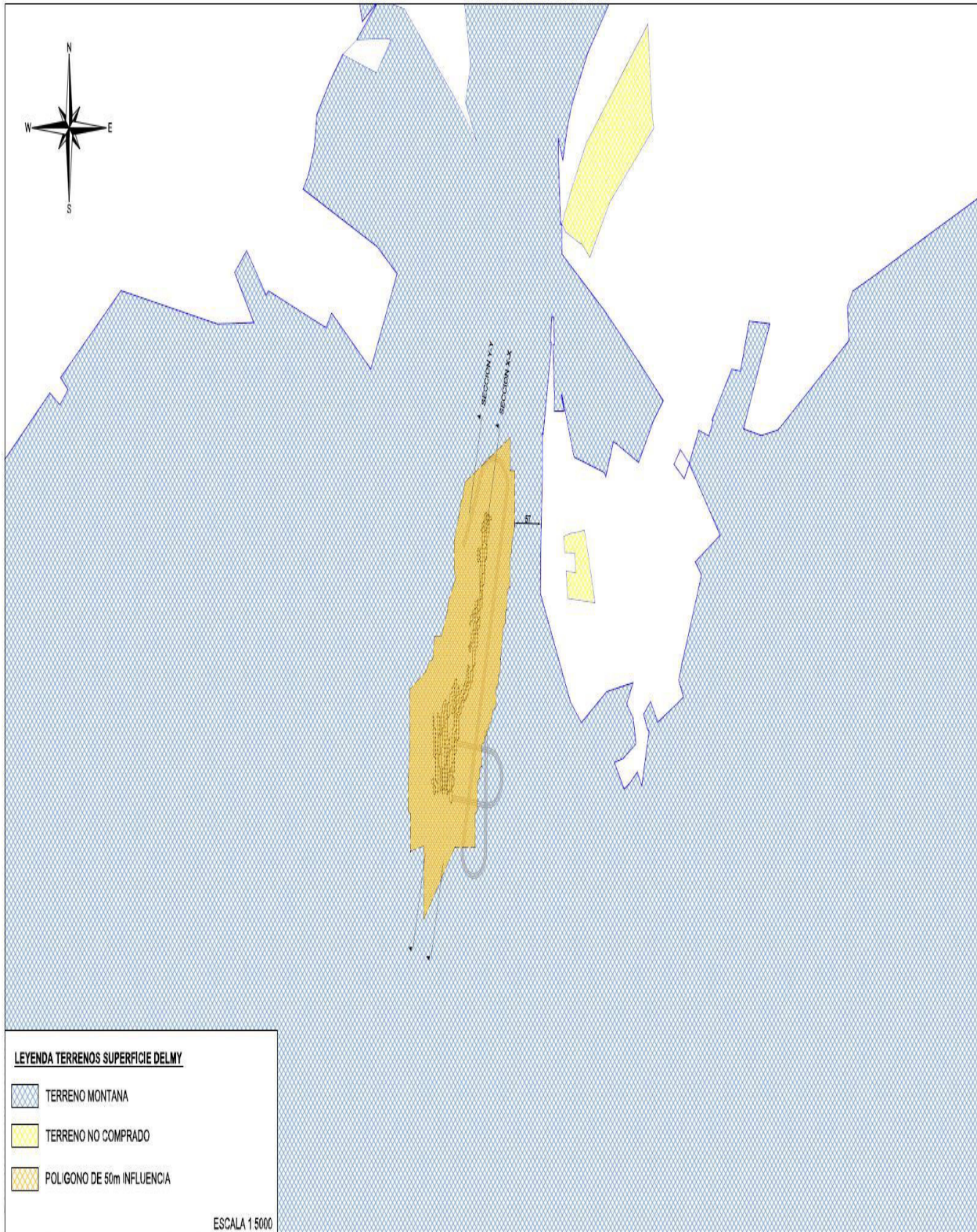


Figura 1.3 Planta influencia veta Delmy en superficie



Figura 1.4 Ubicación de la mina en relación a la población cercana existente

1.4 Objetivos.

Seleccionar un método de minado que mejor se apegue a las características únicas del depósito mineral a ser minado, dentro de los límites impuestos por la seguridad, tecnología y la economía para alcanzar el menor costo y obtener la máxima ganancia.

Es preciso diseñar un método de minado, el cual no genere daños ambientales provocados por dicho proceso, como puede ser el caso de subsidencias en el suelo debido a la cercanía del yacimiento con superficie.

Llámesese subsidencia, al hundimiento de la superficie del terreno por motivo de la deformación o colapso de obras subterráneas por extracción de minerales o por construcción de túneles.

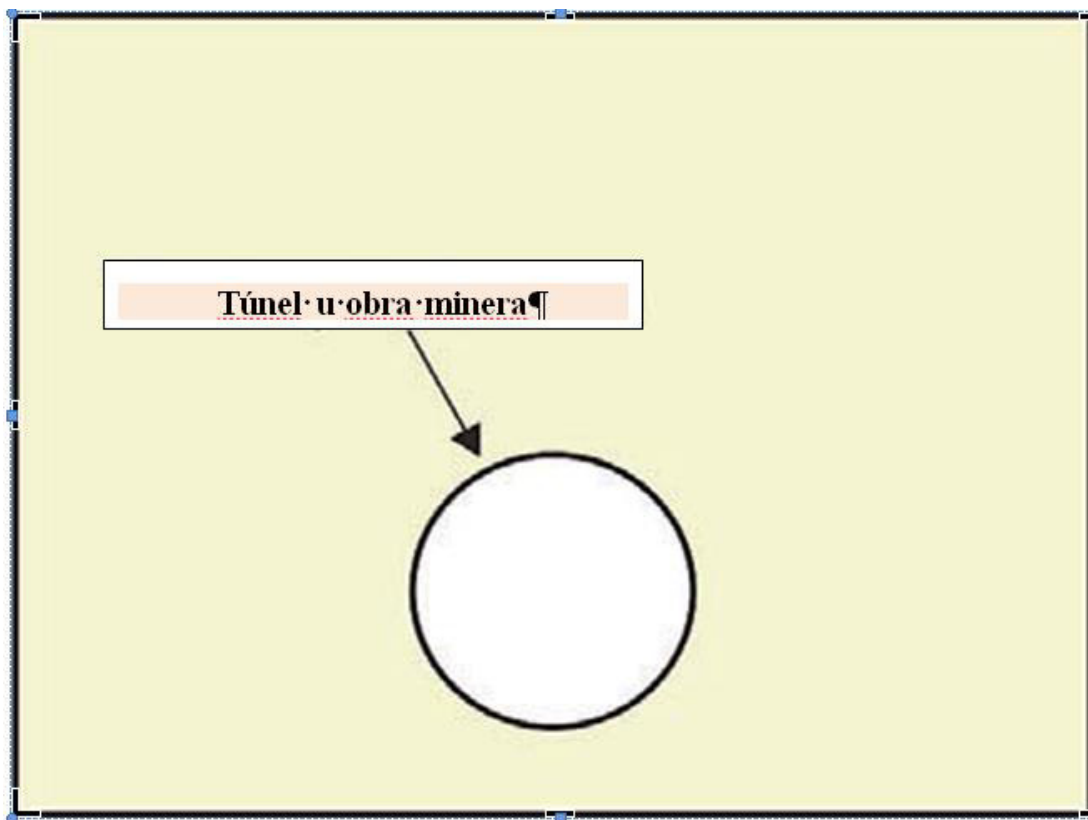


Figura 1.5 Obra ideal minera subterránea

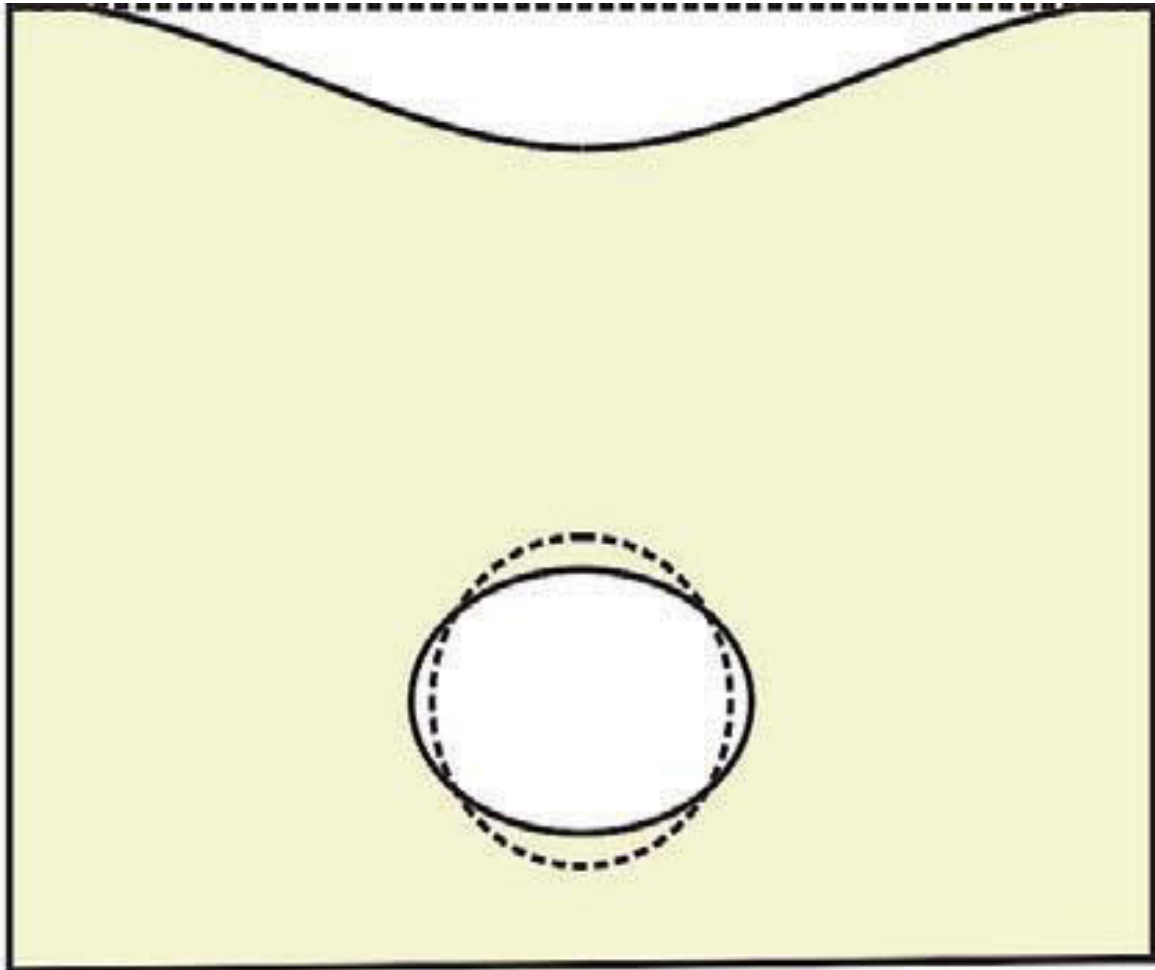


Figura 1.6 Subsistencia y deformación minera.

El objetivo básico en la selección de un método para minar un depósito mineral en particular, es diseñar un sistema de explotación que sea el más adecuado bajo las circunstancias actuales.

Dada la problemática particular de Delmy, uno de los objetivos principales es recuperar la mayor parte de onzas posibles que están comprometidas, debido a la mala calidad de roca.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1 Marco Geotectónico

El sistema tectónico de América Central está definido por la interacción de las placas de Norteamérica, Caribe y Cocos.

Tectónicamente al norte en Guatemala se caracteriza por una larga zona de sutura formada por la colisión de dos placas tectónicas, la de Norte América y la del Caribe además de la zona de subducción de la placa de Cocos bajo la placa Caribe. Esta zona de contacto entre las placas está formando un sistema de fallas de tendencia Este-Oeste que conforman las fallas Cuilco-Chixoy-Polochic y un poco más al sur la Falla Motagua.

La falla de Motagua es una falla transformante en Guatemala, localizada en el sur de Chiapas, que sigue el curso del río Motagua desde la costa del mar Caribe hasta Chichicastenango en el departamento El Quiché, cruzando por Guatemala y Belice. Forma parte del sistema de fallas Motagua-Polochic, y tiene un movimiento de rumbo lateral izquierdo, haciendo parte del sistema de fallas que forman el límite entre la placa Norteamericana y la placa del Caribe. Esta falla divide dos terrenos muy diferentes: el Bloque Maya al Norte y el bloque Chortis al Sur.

Esta falla se formó a lo largo de una zona de sutura hace 70 a 65 millones de años. Antes de esta sutura (desde 120 millones de años, en el Cretácico medio) se piensa que constituía un límite de subducción.

El desplazamiento de rumbo total a lo largo de la falla de Chixoy-Polochic es cercano a los 130 km (Burkart, 1978), y ha ocurrido en los últimos 10.3 millones de años. Con base

en estos valores, esta falla tiene una tasa de desplazamiento (promedio sobre largo periodo) de 13 mm por año.

Poco se conoce sobre el desplazamiento de la falla de Motagua, sin embargo, el desplazamiento de depósitos sedimentarios recientes sugiere un desplazamiento entre 6 y 10 mm por año.



Figura 2.1 Sistema tectónico de América Central

La zona de sutura representa la división de dos grandes bloques tectónicos, al Norte el Bloque Maya y el Bloque Chortis al Sur.

El Bloque Maya incluye la parte norte de Guatemala, Belice y en México la península de Yucatán y el oeste del Istmo de Tehuantepec. Está compuesto principalmente por un basamento metamórfico del paleozoico, deposición de cuencas carbonáticas, sedimentos detríticos, emplazamientos ofiolíticos y algunos intrusivos.

Esta falla representa la separación tectónica de la placa Norteamericana y la placa del Caribe, como Falla de Chixoy-Polochic, cuando se interna dentro del mar Caribe pasa muy cerca de Cuba, Haití, y República Dominicana después se junta en las Antillas Menores y da vuelta al sur para juntarse y hacer la división tectónica de la placa Sudamericana y la placa de Nazca, después da al norte y hace una división de la placa de Cocos para volver a hacer el mismo recorrido. Esta falla da influencias sísmicas sobre Chiapas, Guatemala, Belice y las Antillas Menores, aparte de provocar fenómenos volcánicos, que dan origen a los volcanes de Guatemala, Chiapas y los de las Antillas Menores.

El Bloque Chortis consiste de la parte sur de Guatemala, El Salvador, Honduras y una parte no determinada de Nicaragua. Está bien definido al noroeste de la zona de la falla Motagua y al sudoeste por la zona de subducción al margen de la placa de Cocos. Comprende rocas metamórficas del pérmico, rocas volcánicas del terciario y también contiene rocas del arco volcánico activo, asociados con la subducción de la placa de Cocos.

El depósito de oro y plata de Mina Marlin se ubica en el sector oeste de la zona de sutura dentro de una zona de fallas que cortan una secuencia de rocas volcánicas calco alcalinas del terciario a unos 20 kilómetros al Sur del sistema de fallas Cuilco-Chixoy-Polochic.

2.2 Geología del depósito Marlín

El Depósito Marlin está alojado en una secuencia de rocas volcánicas del terciario de aproximadamente 600m de espesor que están sobre yaciendo a un basamento metamórfico. Hay un predominio de rocas volcánicas principalmente andesitas del terciario que están cubiertas por unidades piroclásticas del terciario. Las andesitas tienen como base secuencias volcano sedimentarias de varios centenares de metros de espesor que aparecen en varios sectores cortados por diques de andesita con predominio de cristales de plagioclasas y hornblendas.

Secuencia:

Tai. (Dique de Biotita latita-andesita de grano fino, fuerte magnetismo),

Generalmente son diques o sills de grano fino, la composición de estos es principalmente de Biotita + Hornblenda + Feldespatos calco-alcalinos y su característica principal es el magnetismo. Su coloración principal es verde oscuro y presenta un aspecto masivo.



Figura 2.2 Unidad Tai: Dique de Biotita latita-andesita de grano fino, fuerte magnetismo

Tmli. (Dique de feldespato-biotita-hornblenda y ojos de cuarzo),

Dique de feldespato Biotita-latita-hornblenda, y ojos de cuarzo, de grano fino con ocasionales granos de tamaño medio, con leve a moderado magnetismo, corta la unidad de Tm que es la unidad superior y la unidad inferior Tv, presenta contactos sub verticales. Presenta muy poco intemperismo, levemente intemperizada es de color Café claro a Marrón oscuro, en roca sana es de coloración verde claro a gris beige, con pequeños ojos de cuarzo, con leve a moderado fracturamiento, presenta una alteración de

moderada a fuerte propilitización, así también una moderada Silicificación y muy leve argilización. Su extensión no es muy amplia ya que únicamente se encuentra en la parte más al este, en contacto con la unidad de Tm que se ha podido observar únicamente, aunque posiblemente como se mencionó anteriormente se introdujo en la unidad de Tv.



Figura 2.3 Unidad Tmli: Dique de feldespato Biotita-latita-hornblenda, y ojos de cuarzo, de grano fino con ocasionales granos de tamaño medio, con leve a moderado magnetismo



Figura 2.4 Unidad Tmli: Presentando mayor grado de intemperismo y alteración Argílica

Tm. (Andesita masiva y fragmentada con biotita+hornablenda, heterolítica-monolítica),

Generalmente es de grano medio a fino, localmente laminada con bandeamientos locales y sus contactos con otras variaciones de esta roca tienden a ser graduales, su coloración tiende a ser verde en roca sana y meteorizada la podemos observar de color naranja a beige con tonos amarillos y rojizos estos debido a la presencia de óxidos.

Esta unidad se localiza en la parte alta de la falla Virginia, presenta una composición de Biotita + Feldespatos + Hornblenda generalmente es de grano medio a fino, localmente laminada con bandeamientos locales y sus contactos con otras variaciones de esta roca tienden a ser graduales, su coloración tiende a ser verde en roca sana y meteorizada la podemos observar de color naranja a beige con tonos amarillos y rojizos estos debido a la presencia de óxidos.

En el oeste del Tajo Marlín se ubicó un contacto entre la unidad de Tm y Brecha Hidrotermal. Presenta un fracturamiento de moderado a fuerte; estas fracturas en algunos casos están rellenas con patinas de óxidos (partículas de material oxidado) o de alteración Sericítica así como también presenta un fracturamiento abierto. Se mapearon varias estructuras de fallas secundarias a la estructura principal estas tienen un movimiento normal esto identificado por medio de las estructuras de movimiento como lo son, estrías de movimiento de los bloques.

El contacto entre la unidad de Tm y la Veta de Cuarzo + Carbonatos, es un contacto fallado con un movimiento normal, esta estructura es la falla Virginia. En la parte oeste del tajo el contacto entre la unidad de Tm y la Brecha Hidrotermal, el contacto es abrupto debido a la presencia de un fallamiento que delimita estas dos unidades.



Figura 2.5 Unidad Tm: Andesita masiva, fragmentada con Biotita + Feldespatos + Hornblenda.

Tv. (Secuencia Volcanoclástica de tobas líticas, secuencias con clastos metamórficos),

En extensión esta unidad es la que ocupa la mayor cantidad de área, del depósito. La unidad de Tv (Secuencia volcanoclásticas de tobas líticas, secuencias con clastos metamórficos), es la más grande, algunas veces presenta bandeamientos, laminación o pseudoestratificación, estos paquetes localmente se encuentran intercalados con estratos de grano fino y de laminación planar. Está conformada por clastos metamórficos de diámetro medio, entre las características que presentan están:

- Conglomerado volcanoclásticas con una presencia de fragmentos metamórficos en un 5% o más, estos fragmentos generalmente son cuarzo primario, gneis, esquisto y trazas de fragmentos sedimentarios.
- Espesores mayores de 50 m., de Tobas ignimbríticas, con presencia de vidrio y rico en cristales líticos, así como tobas arenosas sorteada a estratos de conglomerados intercalados con cuarzo-latita-cristales líticos.
- Presencia de Pseudo estratificación en material arcilloso de grano muy fino con clastos lutíticos.

El Tv o Secuencia Volcanoclastica se ubica en la parte baja de la columna estratigráfica, está en el bajo del yacimiento, es común que presente en superficie, fuerte intemperismo alteración Argílica y moderada Propilitización, moderado a fuerte fracturamiento con mayor presencia de óxidos de hierro, fracturas abiertas con patinas de óxido (partículas de material oxidado) y ocasional sericita.



Figura 2.6 Unidad Tv: Secuencia volcanoclástica de tobas líticas, secuenciadas con clastos metamórficos

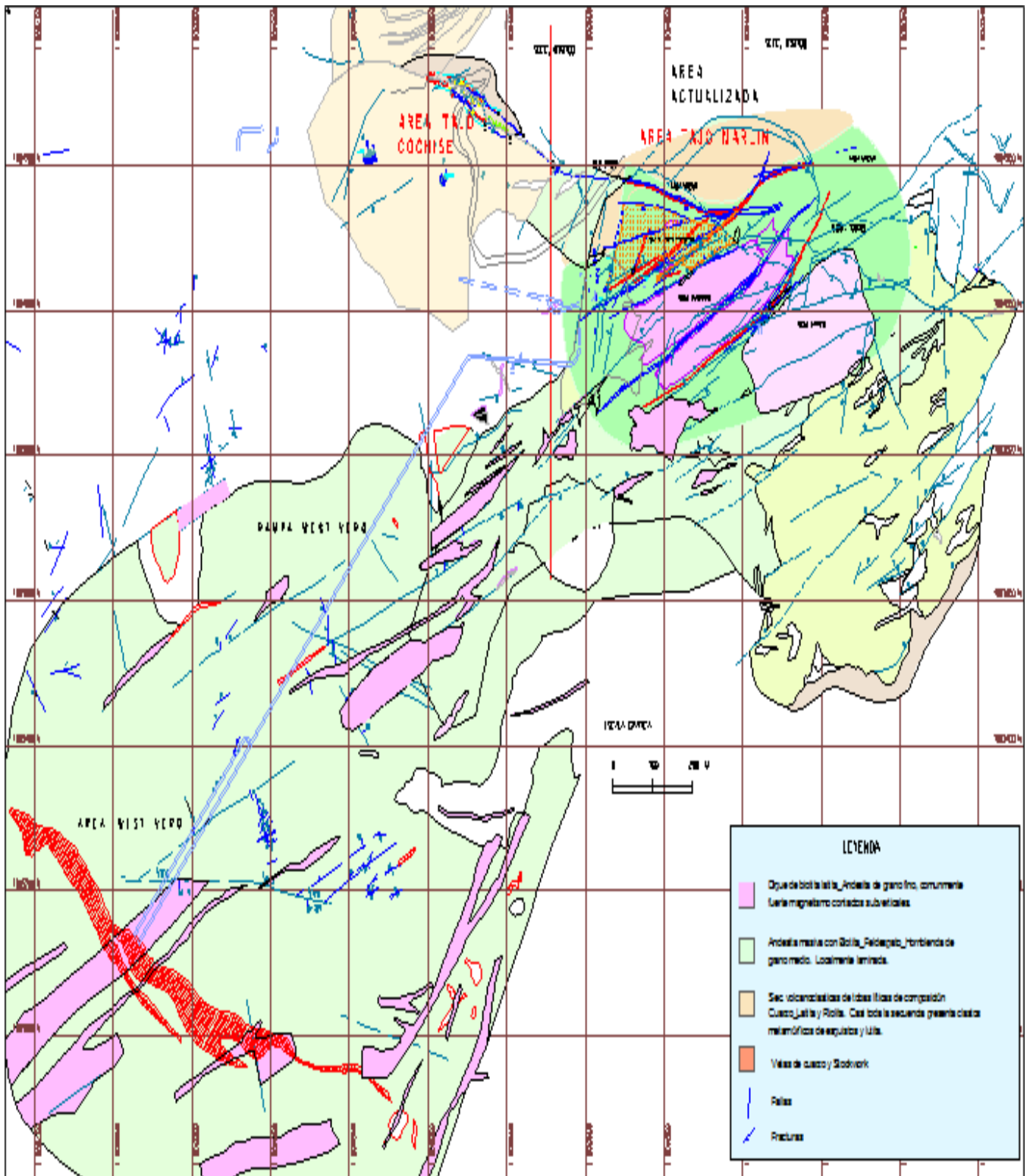


Figura 2.7 Plano Geológico y actualización litológica de acuerdo al minado en Superficie

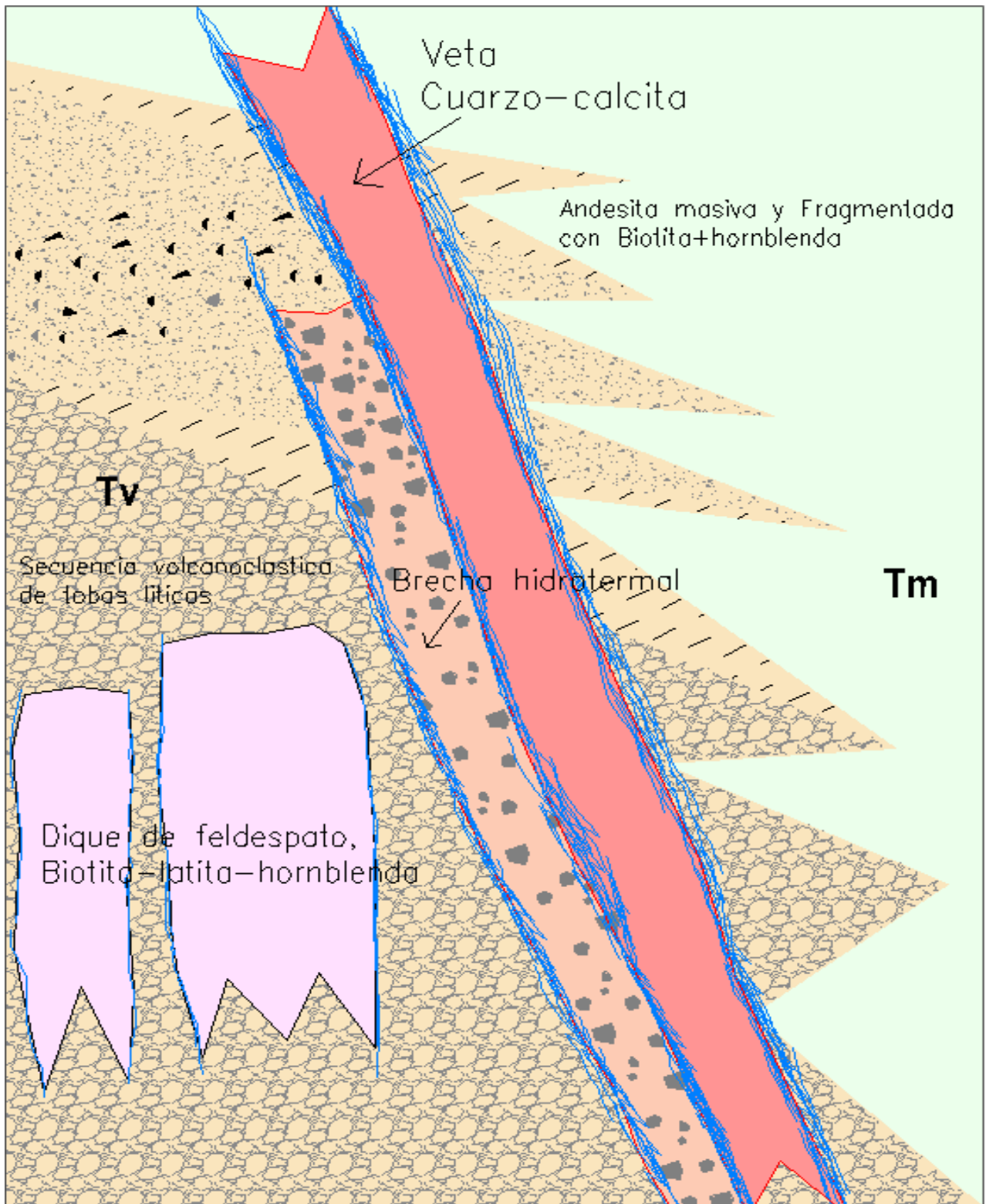


Figura 2.8 Columna Estratigráfica, Mina Marlin

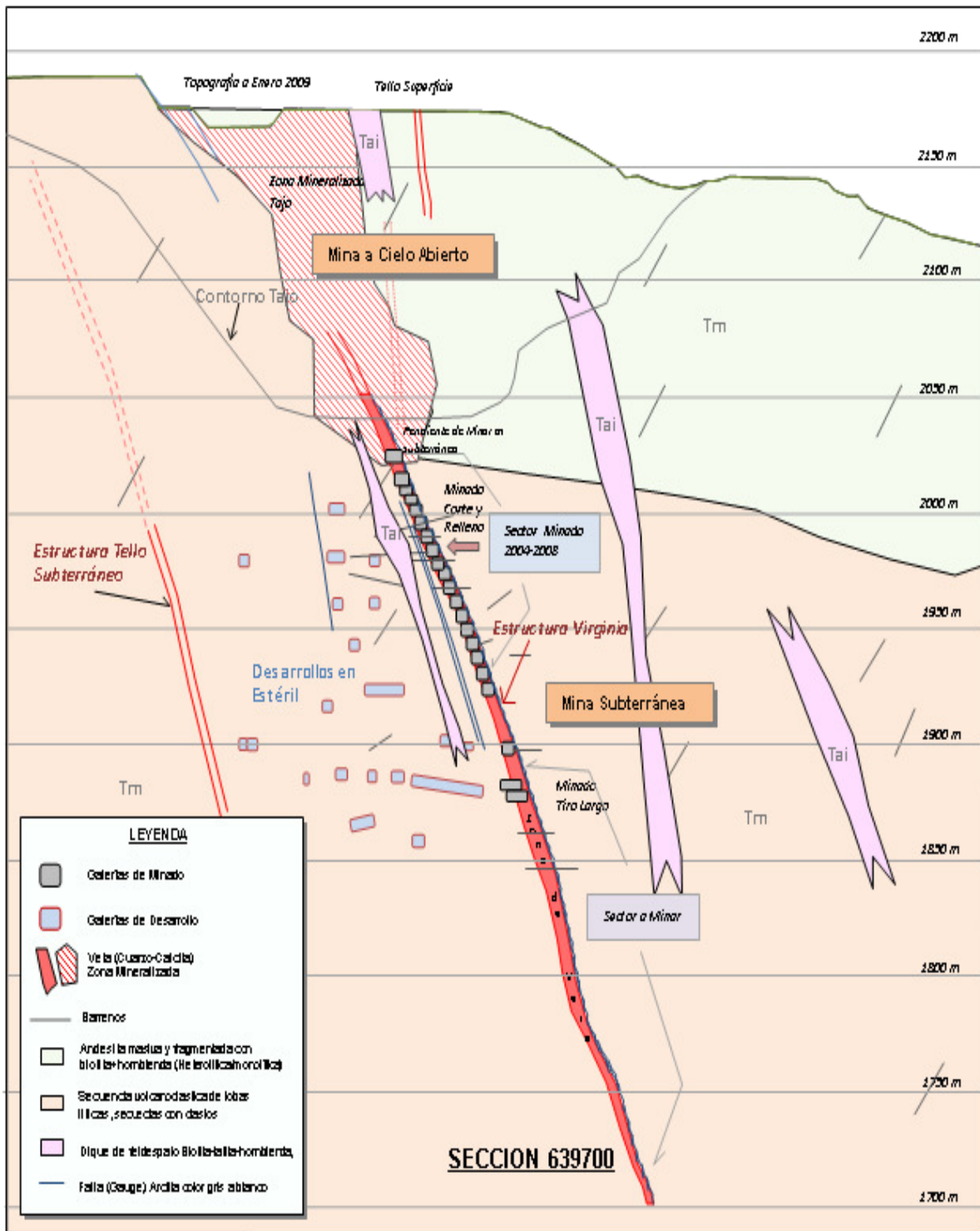


Figura 2.9 Sección Geológica 639700

2.3 Mineralización.

La mineralización del Depósito Marlin ocurre en una franja de orientación este-oeste dentro de una zona de alteración de Illita a Esmectita, con alteración argílica y en zonas más restringidas silicificación que coincide con áreas donde hay mayor densidad de cuarzo como estructuras stockworks. Estas zonas de silicificación están asociadas con la argilización en superficie hacia una alteración propilítica en profundidad. La mineralización se encuentra alojada en tres distintos tipos de zonas: zonas de brechas tectónicas, zonas de stockwork y de oro diseminado.

Las zonas de brechas tectónicas consisten de fragmentos de vetas de cuarzo con rocas silicificadas, brechas hidrotermales dentro de una matriz arcillosa con moderada oxidación. Las zonas de stockwork que se encuentran en casi todo el depósito, usualmente se encuentran adyacentes y gradacionalmente dentro de brechas tectónicas en roca encajante andesítica con alteración propilítica, argílica y silicificación moderada con rellenos de vetas de cuarzo bandeado, brechiforme y con texturas de reemplazamiento. La zona de oro diseminado se encuentra principalmente cerca de la veta asociada con fracturamiento y fallamiento en la zona del alto, que se presentan con contenidos de sulfuros como pirita y calcopirita.

La veta principal del depósito y actualmente en producción, presenta los tres tipos de zonas, con una orientación Este-Oeste un buzamiento promedio de 65° al sur, una extensión de 1200 m sin incluir el sector de West Vero, con una cota vertical de 400 m y una potencia promedio de 4 m.

De acuerdo a las características del marco tectónico, a las litologías de las rocas huésped, rocas volcánicas terciarias de diferentes clases y del tipo calco alcalino. Según su mineralogía, tipos de alteración y la geometría del cuerpo, el Depósito Marlin está catalogado como un Depósito Au-Ag de Baja Sulfuración. La alteración argílica (Illita-Esmectita) y la alteración propilítica (clorita) son características de estos sistemas. Los tipos de texturas de la veta, crustiformes, bandeados, coliformes, cuarzo reemplazando

calcita que son características de Marlin, también son típicos en yacimientos de baja sulfuración.

En algunas zonas de la mineralización los rangos de oro varían entre 1 y 200 g/t y los de plata de 10 a 2000 g/t. estas altas leyes indican que Marlin está cerca de una zona de Bonanza aurífera. De acuerdo a las exploraciones, indica que conforme se profundiza la mineralización, los valores de Au y Ag también bajan.

2.4 Geología Estructural.

Local y regionalmente el sistema de fallas están controlando la mineralización del depósito Marlin, los diversos estadios del fallamiento, pre mineralización, durante la mineralización y post mineralización están claramente reflejados.

El mayor corredor de la mineralización (Cochis, Marlin, zona principal, zona este y zona oeste) del Depósito están controlados por sistemas de fallas con orientación este-oeste, también N60 a N110 con buzamientos preferenciales al Sur en rango entre los 30° y 70°. En la parte superior hay fallamientos con relleno arcilloso en zonas de brechas tectónicas de bajo a medio ángulo, sin embargo en los contactos de andesitas volcánico clásticas se presentan movimiento en sentido opuesto a las zonas de brecha, lo que sugiere una combinación de movimientos inversos, transcurrentes con predominio de un fallamiento normal, distensivo.

Las zonas de brecha tectónica y el fracturamiento desarrollado a lo largo de los planos de falla han provocado un incremento en el grado de permeabilidad y han formado un ambiente ideal para el emplazamiento de mineralización asociada a sistemas de fluidos epitermales, teniendo como resultado la formación de varios estadios de generación de cuarzo, zonas de stockwork, brechas y vetas que fueron desplazadas por sistemas de fallas posterior a la mineralización.

Las fallas que controlan el depósito Marlin fueron alimentadas por éstos fluidos hidrotermales. La falla Virginia que aloja gran parte del depósito se extiende unos 40m en

profundidad y es uno de los principales conductos. Después se dieron sistemas de fallas donde también se dieron este tipo de emplazamiento como Tello-Tomates y veta Rosa.

Las zonas mineralizadas están desplazadas por fallas post mineralización de rumbo norte noreste. Las fallas locales de rumbo este-oeste que controlan la mineralización del Depósito probablemente son fallas secundarias que están asociadas a un corredor regional asociado a la zona de sutura. Véase figura 2.7.

Un plano estructural con sus correlaciones ha sido elaborado a partir de la cota 1920 y se presenta a continuación:

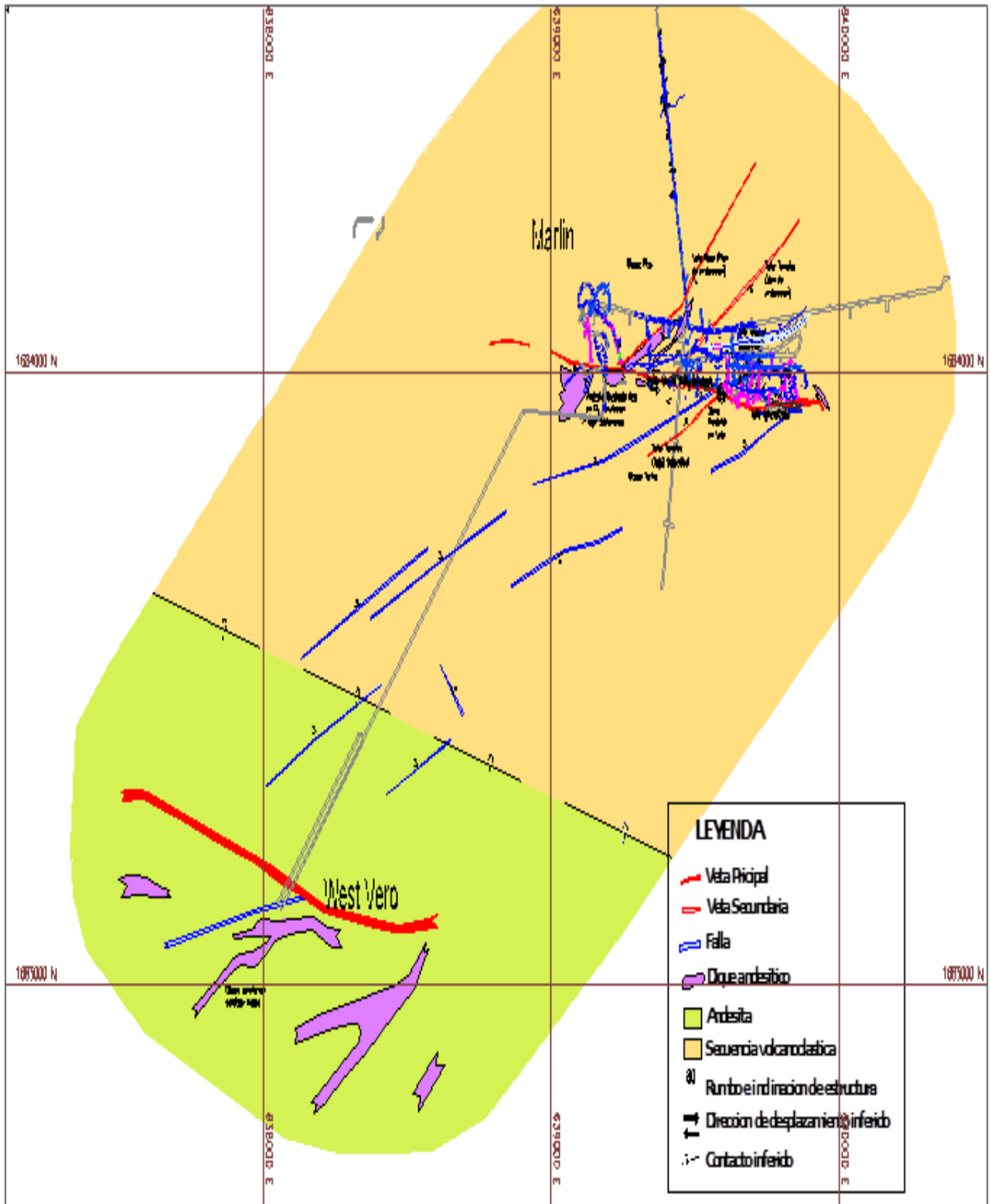


Figura 2.10 Plano estructural, Zona Marlin y West Vero

Capítulo 3

Aspectos Teóricos Relacionados

Se pueden utilizar gran cantidad de criterios para seleccionar un método de minado en un proyecto minero, los cuales pueden variar según factores tecnológicos, ambientales, legales, geológicos y muchos más; estos varían para cada caso específico.

La primera aproximación a un método de selección cuantitativa se desarrolla cuando David E. Nicholas (1981) formulo una aproximación numérica para la selección de método extractivo con su trabajo (Selection Procedure - A Numerical Approach) donde se formula el uso de una escala para la ponderación de cada método extractivo. Posteriormente Hartman (1987) desarrollo un esquema de selección cualitativo basado en la geometría del yacimiento y las condiciones del terreno para escoger el método extractivo. Con el objetivo de utilizar una escala más exacta para valorar las alternativas de extracción, se modifica el método Nicholas (Miller y otros 1995).

3.1 Sistema de Clasificación de Boshkov y Wright

Es uno de los primeros sistemas de clasificación cualitativa desarrollados. Fue propuesto en 1973 y utiliza una descripción general del espesor del mineral, su inclinación, la resistencia del mineral y de las rocas encajonantes para identificar los métodos más comunes que han sido aplicados bajo condiciones similares, esta técnica proporciona hasta cuatro métodos que pueden ser aplicados a una situación específica.

3.2 Sistema de Clasificación de Hartman

Hartman desarrollo en 1987 un diagrama de flujo de selección del método extractivo, basado en la geometría del depósito y las condiciones del depósito mineral. Este sistema es similar al propuesto por Boshkov and Wright (1973), pero está dirigido a métodos

específicos. Hartman sugiere que debido a ser cualitativo su método debería ser usado como una primera aproximación. Además Hartman ofrece información sobre las características de los diferentes métodos de minado, como por ejemplo; porcentaje de dilución en los diferentes métodos, productividad, velocidad de desarrollo, selectividad, recuperación y flexibilidad entre otras características.

A continuación se muestran algunas tablas, de este autor, con clasificaciones de métodos de minado y sus aplicaciones dependiendo del tipo de yacimiento.

Tabla 3.1 Clasificación de métodos de minado según Hartman

ACEPTACIO/ UBICACIÓN	CLASE	SUBCLASE	NOMBRE DEL METODO	APLICACIÓN	COSTO RELATIVO
Tradicional superficie	mecanico		tajo	metal, no - metal	10%
			canteras	No - metal	100%
			descapote	carbon, no-metal	10%
			minado auger	carbon	5%
	acuoso	placer	hidraulico	metal, no - metal metal, no - metal	5% < 5%
		solucion	por barrenos lixiviacion in situ	No - metal metal	5% 5%
Subterraneo	sin soporte		cuartos y pilares	carbon, no-metal	30%
			rebajes y pilares	metal, no - metal	30%
			tumbe sobre carga	metal, no - metal	50%
			tumbe por subniveles	metal, no - metal	40%
	Con Soporte		corte y relleno	metal	60%
			tumbe con barrotes	metal	70%
			barrotes tumbe con marcos	metal	100%
	hundimiento		paredes largas	carbón	20%
			hundimientos por subniveles hundimientos por bloques	metal metal	50% 20%
Novedoso			excavacion rapida	rocas duras	
			roboticas hidraulico	todos	
			gasificacion	rocas suaves	
			retorteo	carbon	
			submarino	hidrocarburos	
			nuclear	metal	
			extraterrestre	No-carbón , metal, no - metal	

Tabla 3.2 Métodos de minado subterráneo aplicables según sus características (Hartman)

FORMA DEL DEPOSITO	ORIENTACION DEL DEPOSITO	ESPESOR DEL DEPOSITO	RESISTENCIA DEL MINERAL	RESISTENCIA DE LA ROCA	METODOS APPLICABLES		
Tabular	Horizontal, Plano	Delgado	Fuerte	Fuerte	Cuartos y pilares rebajes y pilares		
			Debil, Fuerte	Debil	Paredes Largas		
		Grueso	Fuerte	Fuerte	Rebajes y Pilares		
			Debil, Fuerte	Debil	Hundimiento por subnivel		
	Vertical	Delgado	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Tumbe sobre carga, tumbe por subniveles	
				Fuerte	Debil	Corte y relleno, marcos. tumbe con barrotes	
			Debil	Fuerte	Marcos		
				Debil	Debil	Marcos	
		Grueso	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Tumbe sobre carga, tumbe por subniveles	
				Fuerte	Debil	Corte y relleno, Hundimiento por subniveles, marcos	
			Debil	Fuerte	Fuerte	Hundimiento por subniveles, hundimiento por bloques, marcos	
				Debil	Debil	Hundimiento por subniveles, hundimiento por bloques, marcos	
			Masivo		Fuerte	Fuerte	Tumbe sobre carga, tumbe por subniveles
					Debil	Debil, fuerte	Hundimiento por subniveles, hundimiento por bloques, marcos

3.3 Sistema de Clasificación Nicholas

Este sistema de clasificación (Nicholas 1981) determina la factibilidad de los métodos extractivos mediante una clasificación numérica. Este método clasifica la geometría y la distribución de mineral; también examina las características de mecánica de rocas presentes en el yacimiento mineral y en las rocas encajonantes. Un valor de 3 o 4 indica que una característica se prefiere para el método de minado. Un valor de 1 o 2 indica que una característica es probablemente adecuada, mientras que un valor de 0 indica que una característica probablemente no es adecuada para el método de minado. Finalmente un valor de -49 indicaría que una característica elimina completamente a dicho método, las clasificaciones que sumen las posiciones más altas son los métodos de explotación más favorables o probables. Esta es la única técnica de selección que utiliza una base numérica para evaluar la idoneidad de un método de extracción.

3.4 Método University British Columbia (UBC)

El método UBC es simplemente una versión modificada del sistema de clasificación de Nicholas. Este sistema de numeración sigue un patrón muy similar al método de Nicholas. Un valor, -10, se introdujo para descontar fuertemente valor a un método sin eliminar totalmente como con el valor -49. Por otra parte, las calificaciones de mecánica de rocas se ajustaron para reflejar las mejoras con soporte de terreno y técnicas de monitoreo.

Este método tiene sus criterios para definir todas las características de las diferentes propiedades de los yacimientos minerales (por ejemplo, propiedades geométricas, distribución de leyes y propiedades geo-mecánicas).

La versión UBC modifica todas las características, excepto la distribución de ley y de inclinación. El enfoque de Nicholas fue modificado en un intento de poner más énfasis en los rebajes soportados y abiertos, más que en los métodos de hundimiento. La razón de esto es que la mayoría de las minas subterráneas canadienses utilizan este tipo de métodos (rebajes abiertos, corte y relleno y cuartos y pilares).

Este utiliza la profundidad de los depósitos principalmente para eliminar o restringir el uso de la minería a cielo abierto. La minería a cielo abierto es un método tan versátil que es prácticamente siempre el método de minería más aplicable dependiendo de la profundidad del yacimiento. Esta modificación reduce la aplicabilidad de la minería a cielo abierto por los depósitos más profundos.

Capítulo 4

Criterios de Cálculo para la Selección del Método de Minado

Para nuestra selección del método de minado consideraremos cuatro propiedades del yacimiento mineral, las cuales se describen a continuación:

4.1 Ubicación del Yacimiento.

Frecuentemente, conforme se incrementa la profundidad de los trabajos, el método de explotación debe ser cambiado o modificado, debido a que los vacíos producidos requieren de más soporte. Depósitos poco profundos soportan pequeñas columnas de carga producidas por los macizos rocosos localizados encima de ellos, por lo que estarán sujetos a presiones litostáticas relativamente bajas. Estas presiones litostáticas ejercidas sobre las obras subterráneas, además de las tensiones tectónicas y residuales, se incrementan proporcionalmente con la profundidad.

La índole de la masa rocosa localizada encima del depósito, puede tener importantes efectos en las tensiones a profundidad, debido a que las magnitudes de las presiones dependerán de las condiciones del material de encape, esto es, si el material es de tipo elástico, plástico o viscoso. El peso de la masa que forma el material de encape suelto es sustentado por las rocas subyacentes y si las excavaciones se realizan más tarde, el peso será transmitido a los pilares, paredes o cualquier otro tipo de soporte, ya sea directamente o presionando sobre la roca, hundiendo y deformando los arcos y estructuras de sostenimiento. De manera semejante, si se forma un bloque suelto o bloque de presión sobre las excavaciones a causa de las presiones ejercidas por el macizo rocoso que las rodea, dichas presiones serán transmitidas a las estructuras de soporte en la mina. Bloques de presión de gran tamaño pueden ser el resultado de algún fenómeno geológico natural como fallas, o bien puede ocurrir como resultado de las mismas operaciones de minado. De esta manera, se puede afirmar que la dirección de

las presiones puede ser gobernada por las estructuras geológicas, particularmente en la vecindad de fallas, pliegues o estructuras sedimentarias.

La dirección de las presiones en paredes, pisos o techos de una excavación subterránea dependerá en buena medida del tipo de depósito, por lo que este factor deberá ser detenidamente considerado en el momento de diseñar las estructuras. Por ejemplo, en un depósito tabular de buzamiento muy pronunciado, un relleno de tepetate o de arenas de jal proporcionara un soporte bastante adecuado para contrarrestar las presiones laterales, mientras que en un depósito muy ancho (en donde la mayoría de las presiones actúan verticalmente hacia abajo), el relleno no resulta confiable en la prevención de algunos movimientos perjudiciales. Por otra parte, el relleno seco no se puede compactar lo suficientemente apretado contra el piso o contra el techo como para soportar con firmeza el peso de los materiales depositados encima de él, en tanto que las arenas del relleno hidráulico, a pesar de que posee mejores características de compactación y soporte, tampoco será posible compactarlas adecuadamente contra un piso irregular. Se ha comprobado que el relleno, de la naturaleza que sea, tiende a disminuir su volumen después de que ha sido colocado dentro del rebaje, produciendo huecos o cavidades peligrosas y como consecuencia porciones de techo sin soportar. Es lógico que un método de corte y relleno pueda ser empleado con éxito en lugares donde se ejercen presiones laterales, y que el piso y el techo sean lo suficientemente competentes como para auto soportarse, en tanto que si existen presiones verticales, será necesario complementar el soporte del relleno con marcos, anclas o algún otro método de soporte, en caso necesario.

Si la superficie terrestre se hubiera formado de materiales elásticos, homogéneos y sin fallas ni fracturas, las presiones horizontales a profundidad podrían ser iguales a una función de la regla de Poisson para el material, peso y profundidad involucrados. Si fuera plástica y homogénea, entonces las condiciones de los materiales podrían aproximarse a un comportamiento hidráulico, en el cual, las magnitudes de las presiones serian iguales en todas direcciones. Sin embargo, ninguna de estas condiciones ocurre de una manera

predecible en circunstancias normales, debido a la heterogeneidad estructural de la corteza terrestre.

4.2 Propiedades Geométricas.

La morfología de los cuerpos minerales varía de masivo a tabular y de mantos a chimeneas, dentro de los cuales se pueden presentar clavos, diques y cuerpos diseminados, que aparecen en función de la historia genética y de las características de la roca huésped a partir de la cual se formaron. De acuerdo con la posición espacial del depósito se determinara el método que se empleara para minarlo. Por ejemplo, un depósito tabular buzando a un ángulo muy pronunciado, podrá ser completamente removido sin hacer uso de estructuras de soporte, siempre y cuando las paredes que lo encajonan sean moderadamente resistentes. Por el contrario, un depósito similar buzando a un ángulo mucho menor, puede tener extensión horizontal tan grande que obligue a sostener la pared del alto con pilares naturales o con algún otro soporte.

Un depósito de forma regular requiere de menos soporte durante su explotación que otro que sea muy irregular, aunque el segundo conserve las otras mismas características físicas del primero, por lo que las operaciones mineras en cuerpos irregulares, producirán rebajes con paredes y techos irregulares, tajadas de bloques de roca inestable y salientes de las paredes. Las irregularidades invariablemente requerirán de algún tipo de soporte si la roca se encuentra fracturada o rota, en cambio si las paredes son lisas, regulares y de resistencia uniforme, podrán permanecer estables sin necesidad de soporte. Este factor es muy importante en trabajos muy profundos, en donde se ha encontrado que la concentración de esfuerzos en las esquinas de las obras y en las proyecciones alrededor de estas, se relacionan muy estrechamente con la ocurrencia de rocas muy fracturadas.

Un cuerpo mineral alojado en roca firme podrá ser totalmente minado y extraído sin necesidad de ningún otro tipo de soporte que no sean las paredes mismas. Si cuerpos más grandes son localizados en la misma clase de roca, será necesario proporcionar algún tipo de soporte en forma de pilares, relleno o madera, debido a que grandes

porciones de los rebajes vacíos se dejarán sin soporte durante la etapa de remoción del mineral. En otras palabras, existe un límite de longitud y ancho dentro de un área sin soportar que posee suficiente resistencia estructural para sostener los esfuerzos compresivos y el peso de la roca que rodea dicha área, por lo tanto resulta obvio que el tamaño de un depósito mineral, es otro de los factores fundamentales que deberá ser considerado en la selección del método óptimo de minado.

Se muestran planos con secciones longitudinales y transversales que nos indican espesor, inclinación, profundidad y longitud del yacimiento a estudiar.

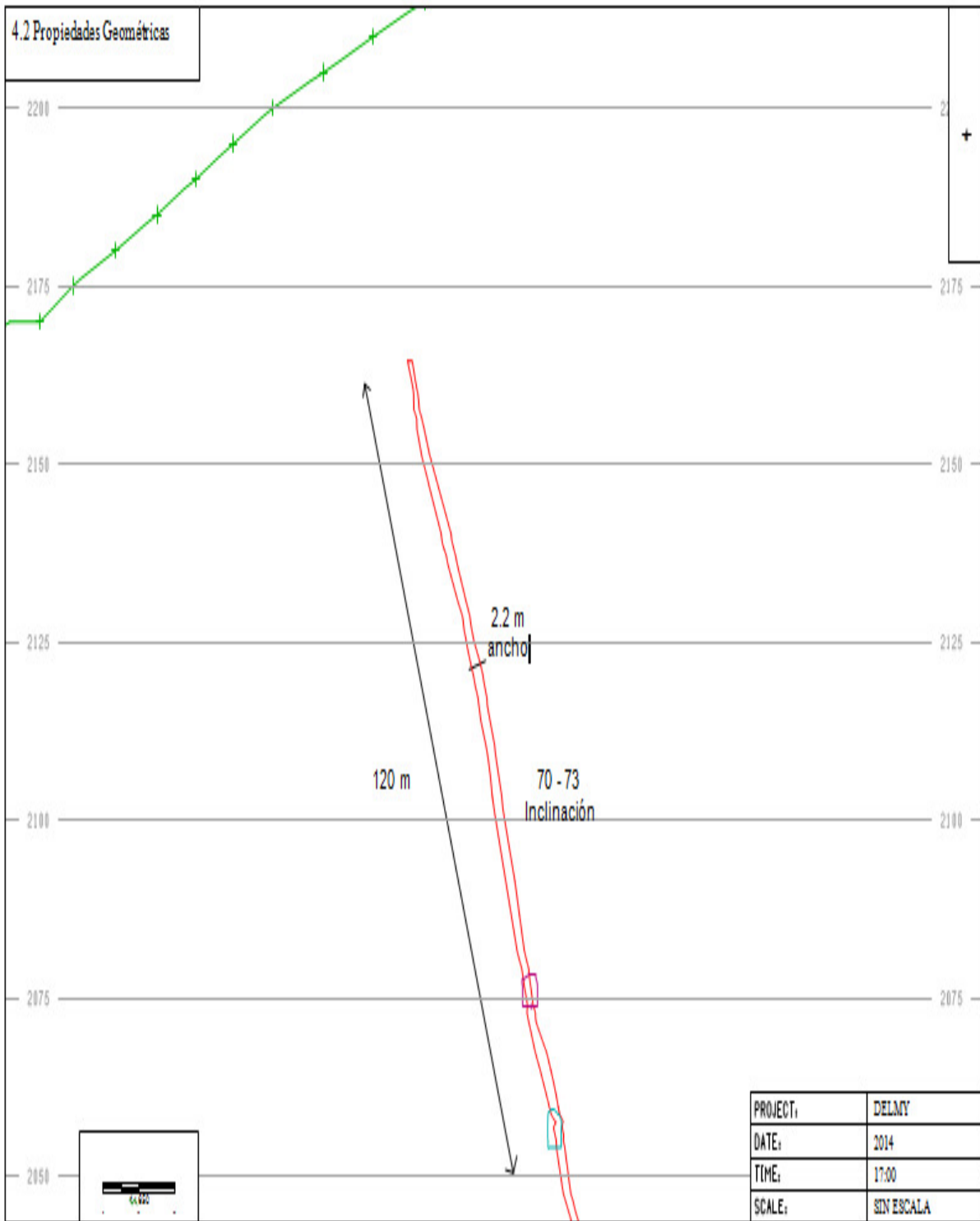


Figura 4.1 Sección Transversal mostrando dimensionamiento

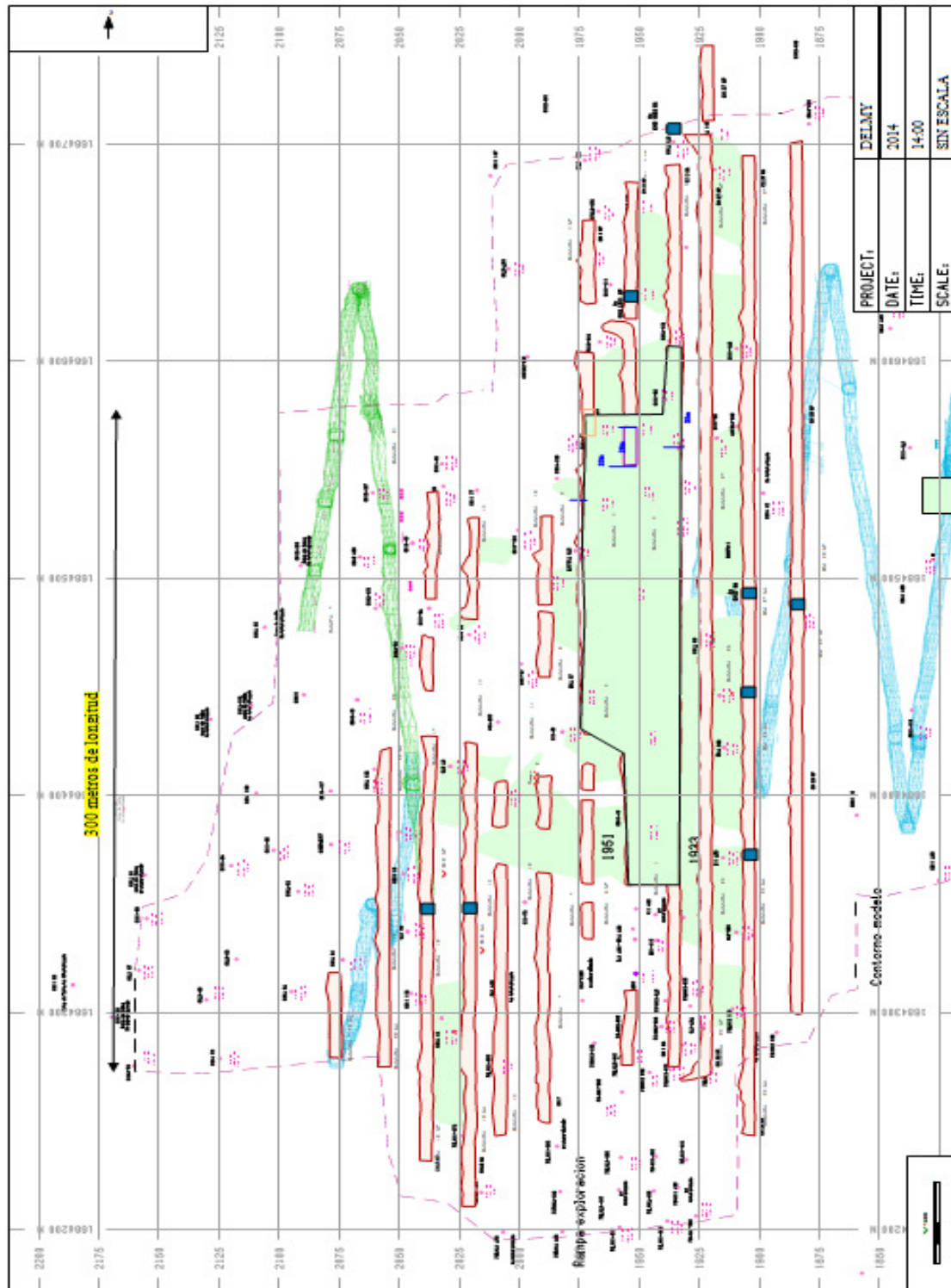


Figura 4.2 Sección Longitudinal mostrando distribución de obras y dimensionamiento

4.3 Distribución de Leyes

De la misma manera que el tamaño, la forma y regularidad del contorno, la continuidad de los valores del depósito mineral, tienen una influencia determinante en los problemas de soporte de las obras durante la etapa de explotación, el estudio de las diferentes teorías relacionadas con la génesis de los depósitos minerales, son también guías muy valiosas en las etapas de desarrollo y explotación del yacimiento.

Las características estructurales de los depósitos minerales tienen una gran influencia en todas y cada una de las cuatro fases de una operación minera: prospección, exploración, desarrollo y explotación.

En la primera fase de un proceso de minado, usualmente la geología representa la herramienta más importante empleada en la búsqueda de nuevos yacimientos. Durante la segunda y tercera fases, resultara esencial para un ingeniero minero con conocimientos de resistencia de materiales, disponer de toda la información relacionada con las características físicas y estructurales del depósito, las cuales en un momento dado podrán influir en el diseño de las obras y en consecuencia en los ritmos de producción de mineral, que a su vez y en su oportunidad afectaran los márgenes de utilidades.

La mayoría de las características físicas y estructurales pueden ser interpretadas en forma cualitativa, debido a que la estructura de las rocas es tan compleja, que solamente en casos muy específicos se podrán realizar análisis cuantitativos.

La veta Delmy se encuentra asociada o dentro de zonas estructuralmente conflictivas (fracturas, discontinuidades, etc.). Las rocas más favorables para la mineralización son siempre aquellas que fueron originalmente de relativa consistencia, quebradizas y competentes. Estas rocas favorables se fracturan sin sufrir daños notables, y son suficientemente fuertes como para mantener abiertas las fisuras y permitir la depositación de las soluciones mineralizadas. Yacimientos formados en estas estructuras, varían desde vetas hasta chimeneas y clavos, pudiendo adoptar formas regulares e irregulares,

anchas o angostas y continuas o discontinuas, por lo tanto, es posible aplicar los diversos métodos de minado conocidos para la explotación de estos depósitos.

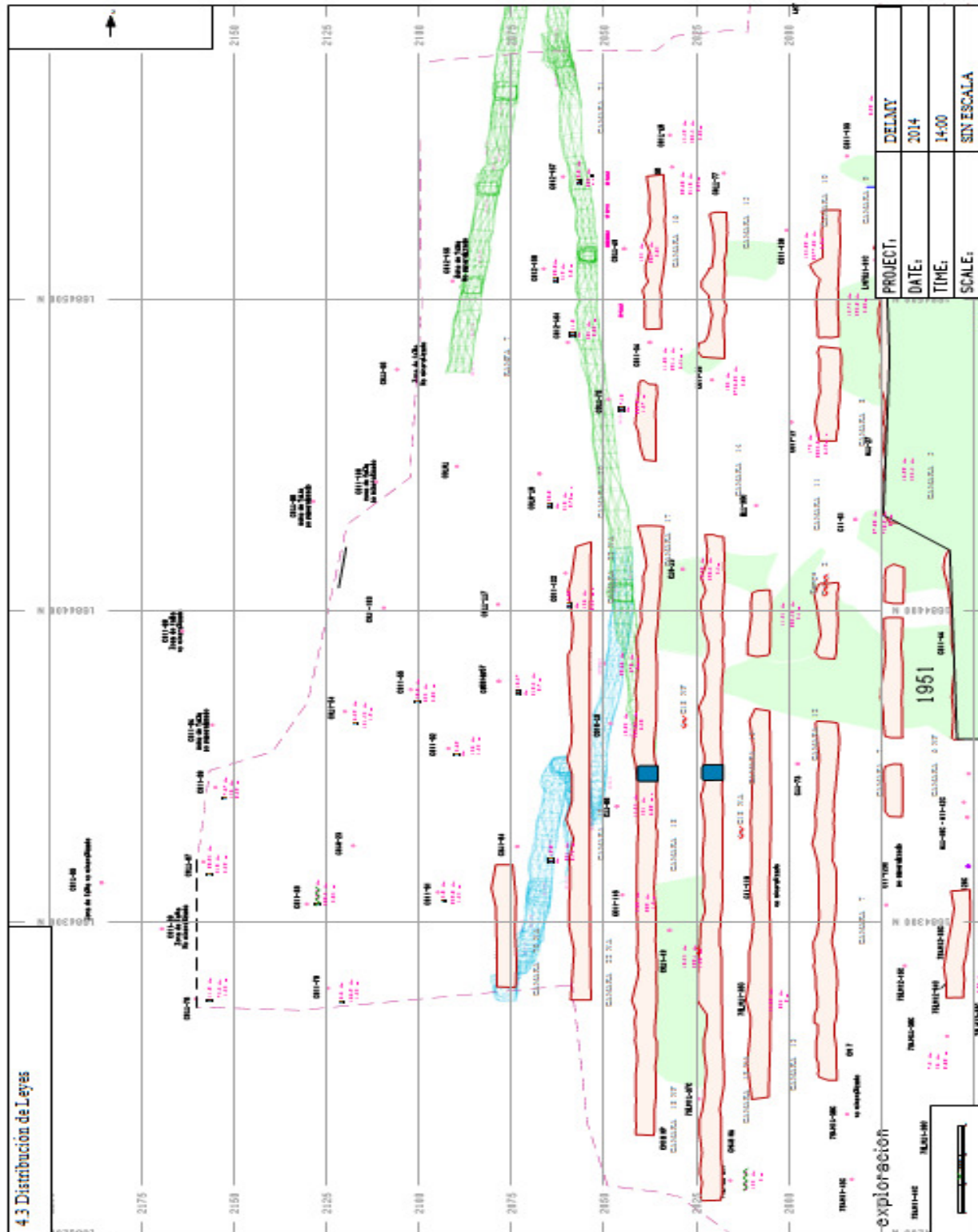


Figura 4.3 Sección Longitudinal mostrando distribución de Leyes

En la siguiente tabla se muestran resultados de algunos de los barrenos de exploración, para calcular la ley promedio del bloque:

Tabla 4.1 Ley media en barrenos de exploración

Barreno	Ley Au (g/t)	Ley Ag (g/t)	Ancho de Veta (m)
1	11.0	74.3	1.53
2	20.94	318	3.10
3	7.67	146	2.25
4	6.6	166.9	1.53
5	32.5	508.3	3.04
6	6.39	151.4	1.9
7	5.0	259.8	1.34
8	5.69	136	1.53
9	40	633	3.05
10	12	231	2.75
11	10.57	312	2.7
12	5.82	156	2.55
13	30	510	2.76
14	7.18	283.2	1.37
15	11.0	301	2.05

16	20	419	3.0
17	8.0	223	2.5
PROMEDIO	14.13	284.05	2.2

Tonelaje Cubicado = 300 m × 2.2 m × 120 m × 2.4 t/m³ = 190,080 toneladas.

$$\text{Onzas Au totales} = \frac{190,080 \text{ t} \times 14.13 \text{ g/t}}{31.1 \text{ g/ozt}}$$

$$\text{Onzas Au totales} = 86,361 \text{ ozt de Au}$$

$$\text{Onzas Ag totales} = \frac{190,080 \text{ t} \times 14.13 \text{ g/t}}{31.1 \text{ g/ozt}}$$

$$\text{Onzas Ag totales} = 1,735,778 \text{ ozt de Ag}$$

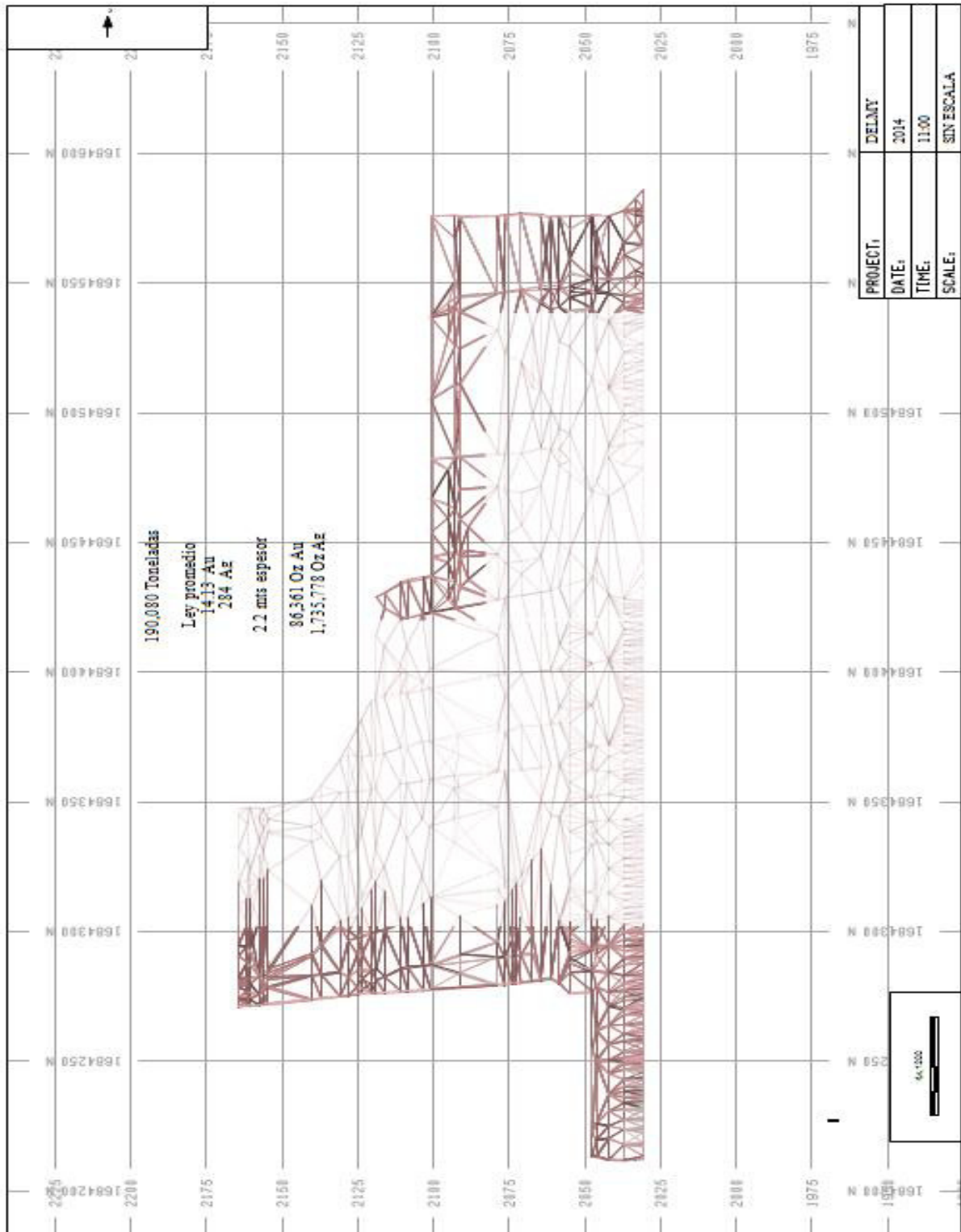


Figura 4.4 Cantidad (tonelaje) y Calidad (ley promedio) en la veta Delmy

4.4 Propiedades Geo-mecánicas.

Las propiedades geo-mecánicas de las rocas contenidas dentro y alrededor del depósito son factores clave en la selección del método de minado, ya que ellas nos dirán si el método que aplicaremos será con soporte, sin soporte o algún método por hundimiento.

Se puede decir que el objetivo es proporcionar una evaluación geo-mecánica del macizo rocoso y de los parámetros de resistencia, a partir de observaciones en campo y ensayos sencillos.

La resistencia estructural tanto del mineral como de la roca encajonante, es una de las primeras características que deberá ser analizada antes de proceder a la excavación de las diferentes secciones del depósito, con objeto de determinar las dimensiones más adecuadas de las obras mineras que se requieran para una operación segura, el lapso de tiempo que estas podrán mantenerse abiertas con seguridad y el tipo de soporte que requerirán.

La estabilidad estructural de la masa mineralizada en particular y del macizo rocoso en general, dependerá no solo de la resistencia inherente a la propia roca, si no también dependerá de la existencia de fracturas o planos de debilidad y de su arreglo geométrico, así como del factor tiempo. Un bloque pequeño de roca, con textura y estructura uniforme y que no presente discontinuidades ocasionadas por fractura o juntas es, invariablemente, una unidad estructural más resistente que una masa rocosa carente de uniformidad y cortada por planos de discontinuidad, sin embargo, pilares muy grandes pueden mostrar mayor resistencia estructural en el terreno que los núcleos o probetas estudiados en el laboratorio (esto debido al efecto de confinamiento en el núcleo central de la muestra), a pesar de que exista algún fracturamiento y variación en sus propiedades. El arreglo y la distancia entre fracturas y otras discontinuidades tendrán un profundo efecto en la resistencia de la roca. Por ejemplo, si una serie de juntas o planos estratigráficos tienden en la misma dirección, es decir, si son sensiblemente paralelos, la masa puede debilitarse en su resistencia a la tensión en una dirección.

Algunas rocas con frecuencia son resistentes (lutitas, arcillas y otras), pero después de que han sido expuestas a la acción meteórica por un tiempo, pueden absorber la humedad del medio ambiente y volverse lodosas o expandirse, haciéndose difíciles de soportar. En otros casos la resistencia impuesta en un arco de roca competente puede debilitarse gradualmente hasta que esta se desplome, por lo que se deduce que las condiciones variantes o elementos que actúan sobre la roca a lo largo del tiempo tienen gran importancia en relación con los efectos químicos y mecánicos de los soportes en las obras subterráneas.

Asimismo es importante determinar la resistencia del mineral y de la roca encajonante, en relación con el tamaño del depósito, particularmente con la dimensión del área horizontal. Por ejemplo, un método de hundimiento no podrá ser empleado en un yacimiento, si su área es muy pequeña en proporción a la fuerza resistente de la masa rocosa que lo rodea, es decir, que el bloque de mineral no se podrá hundir cuando se socave la parte inferior de él. Por otra parte, proporcionar soporte temporal o permanente a dicho bloque, aun en un cuerpo mineral firme y de gran extensión horizontal, se vuelve extremadamente difícil a medida que el rebaje crece, de tal manera que se hará necesario el empleo de algún otro tipo de soporte como pilares, madera o relleno.

Puesto que el relleno en seco (tepetate) a menudo proporcionara soporte lateral a las tablas y dado que este no puede ser colocado de forma tal que asegure un soporte firme cercano al techo, la dimensión lateral de la porción posterior del rebaje, (la que debe permanecer sin afectarse sobre una excavación rellena) estará limitada por la resistencia de las rocas sueltas del relleno que la cubren. Mientras más grande sea el área, menor será la probabilidad de que el relleno proporcione un soporte adecuado, por ejemplo, cuadros conjugados con relleno que soportan una porción de un rebaje vaciado, son mucho más efectivos que únicamente el relleno o los cuadros conjugados solos, usados independientemente. Además, cabe hacer notar que el relleno hidráulico o relleno con arenas de jal es mucho más efectivo que el relleno con tepetate o relleno seco.

A continuación se muestran algunos valores tomados de los diferentes sectores de trabajo de la mina.

- En Marlin, se evaluó en CM 52
- En West Vero, se evaluó en Nivel 1671
- En Delmy 3 N, se evaluó en CM 21
- En Delmy 3 S, se evaluó en CM 18 NP

Tabla 4.2 Clasificación geo-mecánica del sector Delmy

Sector	UCS (Resistencia a la compresión) (MPa)	RMR	Q	Profundidad (m)
Marlin	90	48	2.6	560
West Vero	126	56	7	450
Delmy Norte (bajo)	28	34	0.1	150
Delmy Sur (alto)	45	40	0.3	150
Delmy 4	135	55	5	300
Veta Delmy (superior)	<10	20	0.01	150

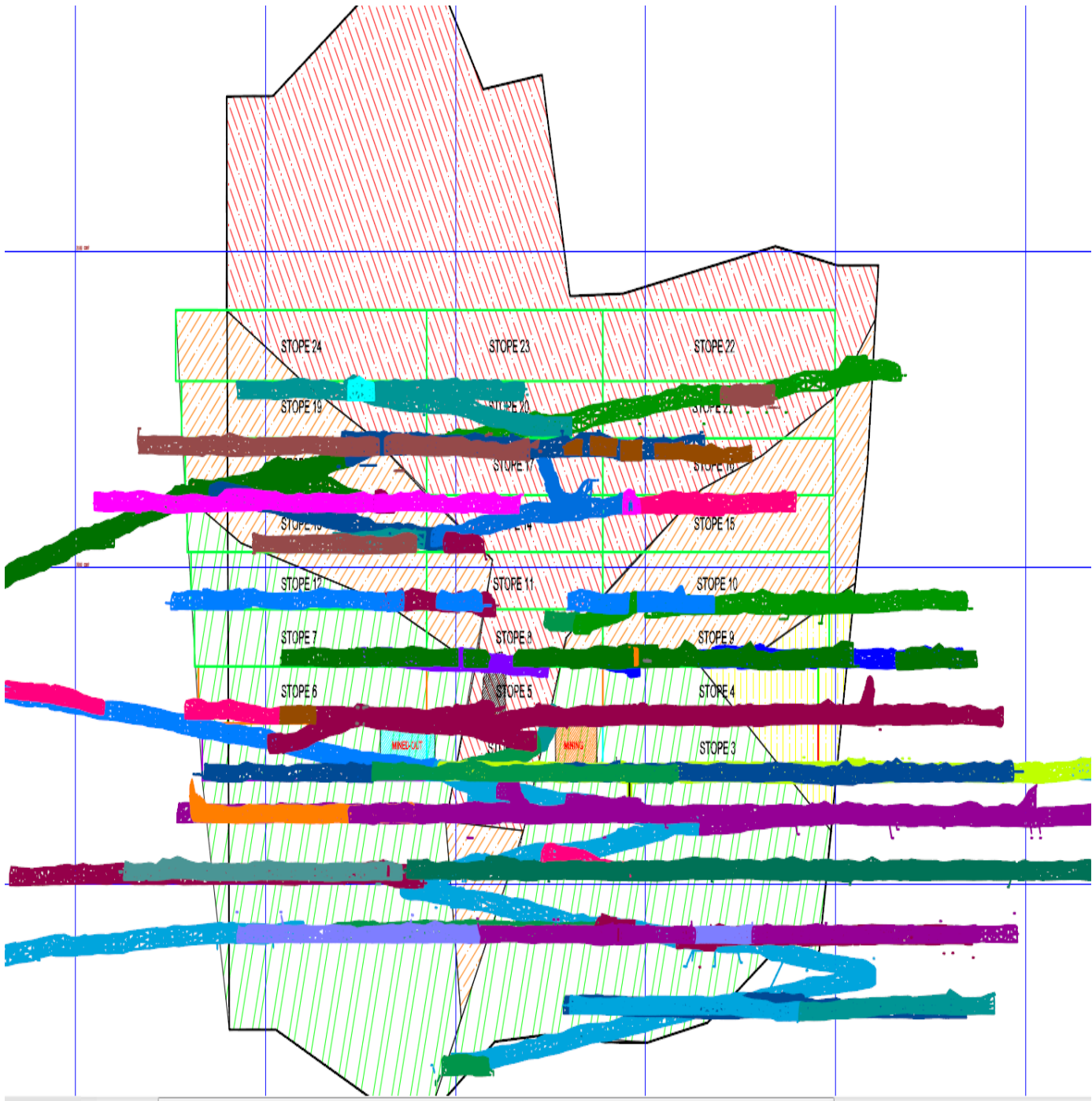


Figura 4.5 Zonas de la clasificación geomecanica del sector Delmy.

Tabla 4.3 Clasificación Geomecánica en base a RQD y RMR

RQD (%)	<25	25-50	50-75	75-90	RQD > 90
RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	RMR 81-100
Calidad de la masa rocosa	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena

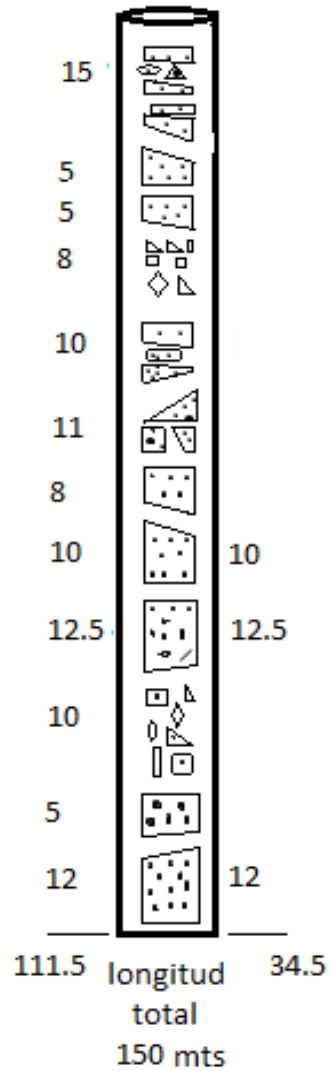
Para ejemplificar la obtención de datos, se descifraron los valores obtenidos en Delmy norte, cámara 21.

Dónde:

RQD (Rock Quality Designation) es la designación de la calidad de la roca y se basa en la recuperación modificada del testigo de un sondeo, la cual se expresa en porcentaje y depende indirectamente del número de fracturas y del grado de alteración del macizo rocoso.

Se contarán fragmentos iguales o superiores a 10 centímetros de longitud y el diámetro del testigo será igual o superior a 57.4 mm.

$$\text{RQD} = \frac{\sum (\text{Longitud de fragmentos} \geq 0.10 \text{ m}) \times 100}{\text{Longitud total perforada (m)}}$$



Longitud de testigo recuperado = 111.5 m

Recuperación modificada = 34.5 m

Recuperación de testigo = $111.5 \div 150 = 74.3\%$

RQD = $(34.5 \div 150) \times 100 = 23\%$

Clasificación de Bieniawski, Rock Mass Rating (RMR).

Se valorara una serie de parámetros:

- | | |
|--|------------------|
| (1) Resistencia del material intacto
(Ensayo carga puntual o compresión simple) | valor máximo= 15 |
| (2) RQD | valor máximo= 20 |
| (3) Distancia entre las discontinuidades | valor máximo= 20 |
| (4) Condición de las discontinuidades | valor máximo= 30 |
| (5) Agua subterránea | valor máximo= 15 |

RMR= (1)+(2)+(3)+(4)+(5)

Tabla 4.4 Clasificación RMR (Bieniawski, oscila entre 0 y 100)

Clase	Calidad de Roca	RMR
I	Muy buena	81-100
II	Buena	61-80
III	Regular	41-60
IV	Mala	21-40
V	Muy mala	0-20

Las tabla 4.3 y 4.4 , muestra los rangos de valores para cada parámetro solicitado en el cálculo del RMR.

Los valores donde se ubican los parámetros de la veta Delmy en estudio, se identifican en la tabla marcados en el recuadro verde.

Por lo tanto:

$$RMR = 4 + 3 + 10 + 10 + 7$$

$$\mathbf{RMR = 34}$$

Tabla 4.5 Parámetros del Rock Mass Rating (Bieniawski 1979)

Parametro		RANGO DE VALORES							
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa			
		Compresion Simple	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90 - 100 %	75 - 90 %	50 - 75 %	25 - 50 %	< 25 %			
	valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	6 - 20 cm	< 6 cm			
	valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		valor	6	5	4	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	4	2	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	4	2	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno Duro < 5 mm	Relleno Duro > 5 mm	Relleno Blando < 5 mm	Relleno Blando > 5 mm		
		valor	6	5	4	2	0		
		Alteracion	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		valor	6	5	4	2	0		
5	Flujo de agua en las juntas	Relacion Pagua/Pprinc	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones Generales	Completamente Secas	Ligeramente Secas	Humedas	Goteando	Agua Fjuyendo		
	Valor	15	10	7	4	0			

Capítulo 5

Clasificación de Sistemas de Minado

Sistema: Es el conjunto de modos de trabajo orientados hacia la obtención de un objetivo principal, donde los recursos humanos (personal), físicos (equipo) y naturales (yacimientos) se complementan para integrar la modalidad de minado.

Método: Es el proceso planificado de maneras de minar un yacimiento mineral, es decir, el modo de como efectuar la perforación, voladura y acarreo para lograr el objetivo de extraer el mineral.

En minería se puede hacer la siguiente diferencia:

5.1 Sistema de minado Superficial

Excavación a cielo abierto empleada para la extracción de minerales metálicos y no metálicos de cuerpos minerales localizados a profundidades menores. Los tamaños de los depósitos podrán variar desde algunos cientos de toneladas, hasta yacimientos de más de 100 millones de toneladas.

El minado superficial permite una gran flexibilidad en producción lo cual incluye la habilidad para minar selectivamente con un potencial de 100% de extracción, dentro de los límites de excavación. Se requiere poco personal para la operación, dado que el alto grado de mecanización permite una alta productividad por hombre-turno, así como los límites de seguridad más altos comparados con los sistemas de minado subterráneo.

Los problemas más comunes relacionados con el minado superficial, incluye climas adversos en algunas localidades (nieve, grandes precipitaciones pluviales, tormentas eléctricas, etc.), problemas ambientales indeseables tales como la generación de polvo, ruido, vibraciones causadas por el uso de explosivos y disponibilidad de grandes áreas para el almacenamiento de los desperdicios generados por las operaciones de explotación y beneficio.

a) Sistemas de Minado a Tajo abierto (cielo abierto): Este es empleado en cualquier tipo de depósito mineral en cualquier tipo de roca, localizado en la superficie del terreno o cercano a él. Estos métodos son altamente recomendables para la explotación de yacimientos de baja ley, con dimensiones substancialmente grandes, de tal manera que su magnitud permita la extracción económica de depósito mediante la remoción de grandes volúmenes de mineral a bajo costo.

- Banco individual
- Bancos múltiples
- Descapote de mantos
- Explotación de canteras

b) Minado de placeres: Se efectúa concentrando minerales pesados (generalmente en su forma nativa) a partir de materiales detríticos, mediante una concentración gravimétrica selectiva en un medio acuoso o neumático en movimiento. Esta operación minera requiere que el depósito se encuentre en o cerca de agua y cercano a superficie.

- Bateas y canalones
- Minado hidráulico
- Dragado

5.2 Sistemas de minado subterráneo.

Explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno. Para la selección de este método se deben de considerar varios factores como resistencia del mineral y de la roca encajonante; tamaño, forma, profundidad, ángulo de buzamiento y posición del depósito; continuidad de la mineralización, etc.

a) Rebajes naturalmente soportados: También conocidos como aberturas auto soportadas, son excavaciones soportadas en las cuales las cargas dinámicas ejercidas por el macizo rocoso circundante sobre las aberturas, son soportadas por las paredes de la obra o por pilares labrados sobre la misma roca. Estos rebajes pueden ser excavados en cualquier roca de características estructurales, con excepción de los depósitos de placer. Las dimensiones de un rebaje auto soportado dependerán del

espaciamiento y la resistencia a través de los efectos mecánicos en el material rocoso y de la profundidad y orientación de la abertura.

- Cuartos y pilares
- Tumbe por subniveles
- Tumbe sobre carga
- Rebajes abiertos con trancas horizontales

b) Rebajes artificialmente soportados: Obra en la cual una parte significativa de la carga o del peso de la roca circundante, es sostenida por algún soporte artificial (puntales, marcos, rellenos, etc.).

- Corte y relleno
- Marcos
- Paredes largas
- Rebanadas descendentes

c) Rebajes de hundimiento: Aplicables a depósitos minerales de tipo masivo (mantos muy potentes, vetas masivas o muy anchas) con grandes desarrollos horizontales susceptible de colapsarse para seguir el hundimiento conforme sea removido y extraído el mineral. Para la aplicación de estos métodos de minado, la consistencia del mineral debe de ser débil, pero si se presenta muy duro y consistente, deberá ser fracturado y separado de sus contactos, mediante el uso de explosivos.

- Hundimiento de subniveles
- Hundimiento de bloques y paneles

5.3 Métodos especiales.

Sistemas que emplean técnicas de disolución de los valores contenidos en el yacimiento, no es necesario penetrar físicamente en el yacimiento para la extracción. El

minado por soluciones se usa en depósitos tipo masivo, mantos estratificados, lenticulares o bolsas mineralizadas, donde el material rocoso se presenta en forma laminar, masiva o fracturada y el mineral que se va a recuperar es soluble en algún tipo de medio acuoso. Algunos de los minerales que son susceptibles a ser recuperados por estos sistemas son: sal, potasa, azufre, cobre, uranio y oro. La roca encajonante que rodea el mineral que se va a minar debe ser relativamente impermeable, con un escape lo suficientemente competente como para evitar hundimiento o cavitación durante el proceso.

Posteriormente las soluciones enriquecidas se recuperan por algún medio natural o mecánico para proceder a la extracción química del metal (generalmente por precipitación), en una planta de tratamiento metalúrgico.

- Proceso Frasch
- Disolución con agua caliente
- Lixiviación

Será importante considerar en la decisión de explotar una mina por métodos subterráneos o superficiales las actividades de barrenación, voladura, cargado y transporte de material rocoso objeto de la explotación, incluyendo la trituración del mineral. También se deberá tomar en cuenta las pérdidas en recuperación de mineral ya que son mayores en el minado subterráneo que en el superficial, afectando la vida productiva de una mina.

Capítulo 6

Metodología para la Selección del Método

Para el procedimiento en la selección del método de minado nos vamos a basar en tablas con contenidos y clasificaciones acerca de los diferentes tipos de minado, además se harán esquemas numéricos (de los cuales autores como Hartman y Nicholas han realizado profundas investigaciones) que nos ayudaran a determinar el método definitivo. El procedimiento sería de la siguiente manera:

6.1 Identificación

Para identificar los mejores métodos candidatos, el depósito es descrito en términos de sus propiedades geométricas, distribución de leyes y características geomecánicas. Estas descripciones se harán en base a los conceptos que nos da el Método UBC para las diferentes características del depósito mineral.

Posteriormente, tres o cuatro factores de cada propiedad son evaluados numéricamente (aquellas que dadas las características del depósito tengan mayor peso) para cada método de minado; utilizando cuatro categorías y asignando pesos mediante un número según se muestra:

- Preferido 3-4
- Probable 1-2
- Indistinto 0
- No posible - 49

Estos valores se determinaron para obtener respuestas definitivas, un valor de "0" indica claramente que esta característica hace que la técnica de minado sea menos atractiva, el valor de "1 o 2" indica que una característica no debería tener un impacto negativo sobre un método, un valor de "3 o 4" indica una característica muy favorable para ese método

de minado en particular, mientras que no posible con su valor de -49 asegura la eliminación del método, aun cuando otros factores hayan indicado preferido. Con el método UBC un valor, -10, se introdujo para descontar fuertemente valor a un método sin eliminar totalmente. Una tabla de clasificación debe prepararse para todos los métodos a considerar, cualquier método que de esta etapa resulte con valores negativos se eliminara y los restantes serán reacomodados de acuerdo a sus características.

6.2 Clasificación

Estos métodos son clasificados considerando costos, seguridad, productividad, y consideraciones ambientales, entre otras características propias del mismo método, para revelar el más atractivo.

Para realizar esta clasificación, nos basaremos en tablas ya establecidas por el autor Hartman, donde indica los métodos de minado con sus diferentes características.

Capítulo 7

Selección del Método de Minado

Se describirán las características de la veta Delmy basándonos en los criterios del método de selección British Columbia (UBC), los cuales nos dicen que:

Tabla 7.1 Selección del Método de Minado: UBC

1) Forma general / anchura	
Masivo	Todas las dimensiones están sobre el mismo orden de magnitud.
Tabular o Plano	Dos dimensiones son muchas veces el espesor, las cuales no superan los 35 m.
Irregular	Dimensiones varían en distancias cortas.
2) Espesor de mineral	
Muy angosto	< 3m
Angosto	3-10 m
Intermedio	10 -30 m
Grueso	30 – 100 m
Muy grueso	>100 m
3) Inclinación	

Horizontal	< 20 grados
Intermedio	20– 55 grados
Vertical	>55 grados
4) Profundidad debajo de la superficie	
Superficial	0 - 100 m
Intermedio	100 – 600 m
Profundo	>600 m
5) Distribución de ley	
Uniforme	La ley en cualquier punto en el depósito no varía significativamente de la ley media.
Gradual	Los valores de la ley tienen características zonales, y cambian gradualmente de una a otra.
Erráticos	Los valores de ley cambian radicalmente en distancias cortas y no muestran ningún patrón discernible en sus cambios.
6) Calificaciones del macizo rocoso (RMR)	
Muy Mala	0 – 20
Mala	21 – 40
Regular	41 – 60
Buena	61 – 80
Muy Buena	81 – 100

7) RSS (resistencia uniaxial / tensión principal)	
Muy Mala	<5
Mala	5 – 10
Regular	10 – 15
Buena	>15

Además, el método de selección UBC tiene sus propias clasificaciones para las características de mecánica de rocas, la geometría y distribución de leyes en diferentes métodos de minado.

Tabla 7.2 Selección del Método de Minado: UBC en base a su geometría

METODO DE MINADO	FORMA GENERAL ^a			ESPESOR DEL DEPOSITO ^b					ECHADO DEL DEPOSITO ^c			DISTRIBUCION DE LA LEY ^d			PROFUNDIDAD ^e		
	M	T/L	Y	MA	A	I	G	MG	H	I	V	U	G	E	S	I	P
Cielo abierto	4	2	3	1	2	3	4	4	3	3	1	3	3	2	4	0	-49
Hundimiento por bloques	4	2	0	-49	-49	0	3	4	3	2	4	3	2	2	2	3	3
Tumbe por subniveles	3	4	1	-10	1	3	4	3	2	1	4	4	4	3	3	4	2
Hundimiento por subniveles	3	4	1	-49	-49	0	4	4	1	1	4	3	2	2	3	2	2
Paredes Largas	-49	4	-49	4	3	0	-49	-49	4	0	-49	4	1	0	2	2	3
Cuartos y pilares	0	4	2	4	3	1	-49	-49	4	0	-49	4	2	0	3	3	2
Tumbe sobre carga	0	4	2	4	4	0	-49	-49	-49	0	4	3	2	2	3	3	2
Corte y relleno	1	4	4	3	4	4	1	0	1	3	4	2	3	4	2	3	4
Tramos horizontales	1	2	0	1	1	0	2	1	4	2	0	2	1	1	2	1	1
Marcos	0	1	4	4	3	2	0	0	2	3	2	0	1	3	1	1	2

^a M = Masivo, T/L = Tabular o laminado, Y = Irregular

^b MA = Muy Angosto A = Angosto, I = Intermedio, G = Grueso, MG = Muy Grueso

^c H = Horizontal, I = Intermedio, V = Vertical

^d U = Uniforme, G = Gradacional, E = Erratica

^e S = Superficial, I = Intermedio, P = Profundo

Tabla 7.3 Selección del Método de Minado: UBC en base a su clasificación geomecánicas Rock Mass Rating (RMR)

Rock Mass Ratings

METODO DE MINADO	MINERAL					TABLA DE ALTO					TABLA DE BAJO				
	MM	M	R	B	MB	MM	M	R	B	MB	MM	M	R	B	MB
Cielo abierto	3	3	3	3	3	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
Hundimiento por bloques	4	3	2	0	-49	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2
Tumbe por subniveles	1	3	4	4	4	-49	0	3	4	4	0	0	2	3	3
Hundimiento por subniveles	3	4	3	1	0	4	4	3	2	2	1	2	3	3	3
Paredes Largas	6	6	4	2	2	6	5	4	3	3	-	-	-	-	-
Cuartos y pilares	-49	0	3	5	6	-49	0	3	5	6	-	-	-	-	-
Tumbe sobre carga	0	1	3	3	3	0	0	2	4	4	0	0	2	3	3
Corte y relleno	0	1	2	3	3	3	5	4	3	3	3	3	2	2	2
Tramos horizontales	3	2	1	1	0	0	0	2	3	3	0	0	1	2	2
Marcos	4	4	1	0	0	4	4	1	0	0	3	1	0	0	0

MM = Muy Mala

B = Buena

M = Mala

MB = Muy Buena

R = Regular

Tabla 7.4 Selección del Método de Minado: UBC en base a su clasificación geo-mecánicas Rock Substance Strength (RMS)

METODO DE MINADO	MINERAL				TABLA DE ALTO				TABLA DE BAJO			
	MM	M	R	B	MM	M	R	B	MM	M	R	B
Cielo abierto	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4
Hundimiento por bloques	4	2	1	0	4	3	2	0	4	3	2	1
Tumbe por subniveles	0	2	4	4	0	1	4	5	0	1	3	3
Hundimiento por subniveles	2	3	3	2	4	3	2	1	1	2	2	2
Paredes Largas	6	5	2	1	6	5	2	2	-	-	-	-
Cuartos y pilares	0	0	3	6	0	0	2	6	-	-	-	-
Tumbe sobre carga	0	1	3	4	0	1	3	4	0	2	3	3
Corte y relleno	0	1	3	3	3	5	4	2	1	3	2	2
Tramos horizontales	3	2	1	0	3	2	2	2	2	2	1	1
Marcos	4	3	1	0	4	2	1	0	3	2	0	0

A continuación se describirán las características geométricas, distribución de leyes y geo-mecánicas de la veta Delmy, para posteriormente hacer la evaluación en la selección del método de minado.

7.1 Selección mediante método UBC.

Datos:

Forma general del deposito	Veta	Tabular
Espesor del mineral	2.2 metros	Muy angosto
Inclinacion	70°	Vertical
Distribucion de mineral	Au 14.13-Ag 284.5	Gradual
Profundidad	150 metros	Intermedio

Zona de mineral:

RMR	20	Muy mala
Resistencia uniaxial	10 Mpa	
Tension principal	8.8MPa	
RSS	1.1	Muy mala

Tabla del alto:

RMR	40	Mala
Resistencia uniaxial	45 Mpa	
Tension principal	8.8 Mpa	
RSS	5.1	Mala

Tabla del bajo:

RMR	34%	Mala
Resistencia uniaxial	28 MPa	
Tension principal	8.8 MPa	
RSS	3.2	Muy mala

Usando los datos anteriores se usara el método UBC para la selección del método de minado.

CA= Cielo Abierto

CP= Cuartos y Pilares

HB= Hundimiento de Bloques

TSC= Tumbe sobre carga

TSB= Tumbe por Subniveles

CR= Corte y Relleno

HSB= Hundimiento por subniveles

TH= Tramos Horizontales

PL= Paredes largas

M= Marcos

7.2 Ponderación del Método UBC aplicado al Yacimiento

Geometría/Distribución de ley		Evaluación del método de minado									
		CA	HB	TSB	HSB	PL	CP	TSC	CR	TH	M
Forma general	Tabular	2	2	4	4	4	4	4	4	2	1
Espesor de mineral	Muy angosto	1	-49	-10	-49	4	4	4	3	1	4
Inclinación	Vertical	1	4	4	4	-49	-49	4	4	0	2
Distribución de ley	Gradual	3	2	4	2	1	2	2	3	1	1
Profundidad	Intermedio	0	3	4	2	2	3	3	3	1	1
	Valor Total	7	-38	6	-37	-38	-36	15	17	5	9

		Evaluación del método de minado									
Características Geomecánicas Rock Mass Rating (RMR)		CA	HB	TSB	HSB	PL	CP	TSC	CR	TH	M
Zona de mineral	Muy mala	3	4	1	3	6	-49	0	0	3	4
Tabla del alto	Mala	3	3	0	4	5	0	0	5	0	4
Tabla del bajo	Mala	3	3	0	2	-	-	0	3	0	1
Valor Total		9	10	1	9	11	-49	0	8	3	9

		Evaluación del método de minado									
Características Geomecánicas Rock substance strength (RSS)		CA	HB	TSB	HSB	PL	CP	TSC	CR	TH	M
Zona de mineral	Muy mala	4	4	0	2	6	0	0	0	3	4
Tabla del alto	Mala	3	3	1	3	5	0	1	5	2	2
Tabla del bajo	Muy Mala	3	4	0	1	-	-	0	1	2	2
Valor Total		10	11	1	6	11	0	1	6	7	8

Obteniendo la valoración de todos los métodos de minado, tenemos que los cuatro superiores son:

Método de Minado	CA	HB	TSB	HSB	PL	CP	TSC	CR	TH	M
Valor Total	26	-17	8	-22	-16	-85	16	31	15	26

- **Corte y relleno= 31**
- **Marcos= 26**
- **Cielo abierto= 26**
- **Tumbe sobre carga= 16**

El método de cielo abierto queda descartado en esta preselección, debido a las cercanías con las comunidades, los daños ambientales que se pudieran generar tales como, generación de polvo, ruido, vibraciones causadas por el uso de explosivos y disponibilidad de grandes áreas para el almacenamiento de tepetate. Además que esto generaría climas adversos entre las comunidades y la compañía.

A esto se le puede sumar que la proyección de la veta, se encuentra muy cerca de los límites de propiedad y de carreteras municipales.

7.3 Clasificación de los métodos candidatos a Selección

Tabla 4.5 Clasificación de los métodos candidatos de acuerdo a sus características (Hartman).

CARACTERISTICAS	TUMBE SOBRE CARGA	CORTE Y RELLENO	MARCOS
1.- Costo de minado	50%	60%	100%
2.- Capacidad de producción	Moderada	Moderada	Pequeña
3.- Productividad	Baja	Moderada	Baja
4.- Inversión de capital	Baja	Moderada	Baja
5.- Velocidad de desarrollo	Rápido	Moderada	Lenta
6.- Capacidad en profundidad	Limitada	Moderada	Limitada
7.- Selectividad	Moderada	Alta	Alta
8.- Recuperación	Alta	Alta	La Mayor
9.- Dilución	Baja	Baja	La Menor
10.- Flexibilidad	Moderada	Moderada	Alta
11.- Estabilidad de las aberturas	Alta	Alta	Alta
12.- Subsistencia	Baja	Baja	Baja
13.- Seguridad y Salud	Buena	Moderada	Pobre
14.- otros	Flujo por gravedad en el rebaje, mano de obra intensa	Mecanizada, requiere relleno	Mano de obra intensa, alto costo de madera

De acuerdo a las características y a la valoración más alta obtenida por el método UBC, el método más atractivo para ser usado es el **Corte y Relleno** debido a que:

- ✓ Tiene capacidad de producción moderada y pronta disponibilidad del mineral.
- ✓ Es un método productivo.
- ✓ Se puede profundizar la mina con el método.
- ✓ Alta selectividad de minado.
- ✓ Baja dilución, debido a los controles propios del método.
- ✓ Alta estabilidad de obras, producto del relleno.
- ✓ Baja subsidencia, ya que el propio relleno ayuda a disminuir las presiones.
- ✓ Método flexible a ser mecanizado.
- ✓ Se adecua a yacimientos con propiedades físico-mecánicas incompetentes.
- ✓ Es un método seguro.
- ✓ No requiere mano de obra intensa.

Capítulo 8

Conclusiones

- ✓ La regla principal para la explotación de una mina es seleccionar un método de minado que mejor se apegue a las características únicas del depósito mineral.
- ✓ Los métodos de explotación constituyen un capítulo muy especial en la minería y dan respuesta a exigencias locales de acuerdo con las capacidades económicas, montos de producción y efectos ambientales, pero siempre guardando las normas de seguridad y buscando rentabilidad en su ejecución.
- ✓ Cabe mencionar, que la evaluación del macizo rocoso nos ayuda a determinar qué tipo de método de minado utilizar, si es con soporte, sin soporte o algún método por hundimiento.
- ✓ Dadas las condiciones de la veta Delmy, como la geología, la mineralización y las propiedades geo-mecánicas del terreno, nos dicen que el método de minado por corte y relleno nos brindara condiciones de máxima seguridad, estabilidad en las obras, un buen ritmo de producción y por lo tanto una buena tasa de retorno de la inversión.
- ✓ Es importante la selección correcta del método de minado, ya que una vez iniciado el desarrollo, la preparación y la explotación, es extremadamente difícil alterar los planes o cambiar el método de explotación.
- ✓ La belleza de un procedimiento de selección cuantitativa es que permite, por si misma, una rápida evaluación manual con unos pocos factores.

- ✓ En la selección del método de explotación se consideró la influencia de ciertos factores, para que en el análisis final trate de minimizar o eliminar aquellos de menor importancia e influencia, con objeto de satisfacer los requerimientos.

Bibliografía

- Víctor Manuel López Aburto. Manual para la selección de Métodos de Explotación de Minas. Facultad de Ingeniería, UNAM 1994. Pág. 9-57.
- L. Miller-Tait, R. Pakalnis, R. Poulin. UBC Mining Method Selection. University of British Columbia. 1995. Pág. 163-168.
- Hartman, H.L., Mutmansky, J.M. Introductory Mining Engineering. 2002.
- David E. Nicholas. Selection Method Techniques. In SME Mining Engineering Handbook, second edition. 1992. Pág. 2092-2105.
- Bieniawski, Z.T., Geomechanics Classification of Rock Masses and the Applications in Tunnelling. 1974. Pág. 27-32.