

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DEL PIQUE
CENTRAL Y PIQUE MASCOTA EN LA MINA YAURICOCHA, 2022**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR EL BACHILLER: PERLACIOS QUISPE JESÚS EDWARD

ASESOR:

MG. ING. JOSÉ AGUSTÍN ESPARTA SANCHEZ

AYACUCHO - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres por cada día motivarme a ser
mejor.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por compartir conmigo este logro.

A mi alma mater, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por volcar en mi la sabiduría de sus aulas.

A la compañía minera Yauricocha por haberme permitido realizar dentro de sus ambientes este trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad explicar de qué manera influye la aplicación del análisis geomecánico para determinar la estabilidad del pique central y pique mascota en la mina Yauricocha, 2022. Para lo cual, se empleó una metodología aplicada de nivel explicativo. Así, se obtuvo las siguientes conclusiones: El castillo del pique central presenta deformación, en los cuadros del pique central se observa la falta de mantenimiento adecuado (programado y preventivo), el análisis del inclinómetro 01 señala que la excavación del pique mascota se deformó 5.21 cm en 599 días, y el análisis del inclinómetro 02 señala que la excavación del pique central se deformó 7.21 cm en 599 días.

Índice

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Importancia.....	4
1.6. Hipótesis	4
1.6.1. Hipótesis General	4
1.6.2. Hipótesis Específico.....	4
1.7. Variables e Indicadores	4
1.7.1. Variable Dependiente.....	4

1.7.2. Variable Independiente	5
Capítulo II	6
2.1. Datos de la Unidad Minera	6
2.1.1. Ubicación y Accesos	6
2.2. Antecedentes de la Investigación	8
2.3. Bases Teóricas	10
2.3.1. Parámetros geomecánicos ;Error! Marcador no definido.	
2.4. Definiciones conceptuales	30
Capítulo III	31
3.1. Tipo de Investigación	31
3.2. Nivel de Investigación	31
3.3. Diseño de Investigación.....	31
3.4. Población	32
3.5. Muestra	32
3.6. Muestreo	32
3.7. Metodología.....	32
3.8. Unidad de análisis.....	33
3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
Capítulo IV	34
4.1. Generalidades	34

4.2. Inspección del pique central – condición actual.....	37
4.2.1. Nivel cero – superficie	38
4.2.2. De Nivel cero – Nivel 300	38
4.2.3. De Nivel 300 a Nivel 360	39
4.2.4. De Nivel 360 a Nivel 410.....	40
4.2.5. De Nivel 410 a Nivel 465.....	40
4.2.6. De Nivel 465 a Nivel 520.....	42
4.3. Caracterización geomecánica del entorno al pique	43
4.3.1. Celda de mapeo Geomecánico (01)	44
4.3.2. Celda de mapeo Geomecánico (02)	45
4.3.3. Celda de mapeo Geomecánico (03)	46
4.3.4. Celda de mapeo Geomecánico (04).....	46
4.3.5. Celda de mapeo Geomecánico (05).....	47
4.3.6. Celda de mapeo Geomecánico (06).....	47
4.3.7. Celda de mapeo Geomecánico (07).....	48
4.3.8. Aspectos estructurales	48
4.3.9. Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	49
4.3.10. Zonificación geomecánica del macizo rocoso	50
4.3.11. Propiedades físicas, constante elásticas y compresión triaxial de la roca ...	51
Capítulo V	54

5.1. Control de deflexión del pique con los inclinómetros 01 y 02	54
5.1.1. Valor del error total para los inclinómetros en Pique Central y Mascota	55
5.1.2. Reportes de deflexión con los inclinómetros 01 y 02.	56
5.2. Control de deformación del pique con robot leica tm50 - monitoreo de subsidencia superficial	61
5.2.1. Desplazamiento acumulado de 03 setiembre 2017 a 26 enero 2018.	62
5.2.2. Desplazamiento acumulado de 26 enero 2018 a 20 junio 2018.....	63
5.2.4. Desplazamiento acumulado del 21 setiembre 2018 a 25 de enero 2019.	65
5.2.5. Desplazamiento acumulado del 25 enero 2019 a 27 de abril 2019.....	67
5.2.6. Desplazamiento acumulado del 27 abril 2019 a 30 de julio 2019	69
5.3. Conos de subsidencia y sus efectos en los piques	73
Conclusiones	78
Recomendaciones.....	81
Bibliografía.....	94

Índice de figuras

Figura 1. Vista longitudinal de los piques Central y Mascota que atraviesan a lo largo del Intrusivo y Caliza.....	35
Figura 2. Vista longitudinal del pique Central donde atraviesa el contacto (Brecha).....	36
Figura 3. Vista longitudinal del pique mascota donde atraviesa el contacto (Brecha).	37
Figura 4. Se observa desviación de los cables en los dos compartimientos, pese que la jaula se encuentra en nivel cero.....	38
Figura 5. No se observa deformación, pero si existe postes con rajaduras por deterior natural. ..	38
Figura 6. No se observa deformación tampoco deterioro de los cuadros del pique.....	39
Figura 7. No se observa deformación salvo rajaduras en los postes de los cuadros del pique	39
Figura 8. No se observa deformación salvo rajaduras en los postes de los cuadros del pique	40
Figura 9. Del cuadro 088, 089 y 090 se observa deformación alta, cuadros que choca con la jaula.	41
Figura 10. Detrás de los bloques de concreto la Brecha se ha abierto presionando a los cuadros y bloques de concreto.....	41
Figura 11. Brecha abierta presionando a los cuadros (cuadros 097 y 098).....	42
Figura 12. Cuadros deteriorados por el tiempo y uso (hasta Cdros 118).....	42
Figura 13. Cuadros deteriorados por el tiempo y uso desde el Nivel 465 al 520.....	43
Figura 14. En el nivel 520 Se verificó la ubicación de los cables cuando la jaula está en el nivel cero y el skip en nivel en 970.....	43
Figura 15. Celdas de Mapeo Geomecánico de los puntos de afloramiento de macizo rocoso (caliza e Intrusivo) en el Tajo principal de superficie y los piques Central – Mascota.	44
Figura 16. Celdas de Mapeo Geomecánico 01: Caliza de calidad regular.....	45

Figura 17. Celdas de Mapeo Geomecánico 02: Caliza con Intrusivo de calidad regular.....	45
Figura 18. Celdas de Mapeo Geomecánico 03: Caliza de calidad regular.....	46
Figura 19. Celdas de Mapeo Geomecánico 04: Intrusivo alterado, limos.	46
Figura 20. Celdas de Mapeo Geomecánico 05: Limos Oxidados (intrusivo intemperizado).	47
Figura 21. Celdas de Mapeo Geomecánico 06: Intrusivo alterado con óxidos de limo.....	47
Figura 22. Celdas de Mapeo Geomecánico 07: Intrusivo fracturado con relleno de material argilizado.....	48
Figura 23. Ubicación de los inclinómetros 01 y 02 de 200mt cada uno.	54
Figura 24. Deflexión del inclinómetro 01 en eje A.....	57
Figura 25. Deflexión del inclinómetro 01 en eje B.....	58
Figura 26. Deflexión del inclinómetro 02 en eje A.....	60
Figura 27. Deflexión del inclinómetro 02 en eje B.....	60
Figura 28. Deformación horizontal acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 26 Ene 18.....	63
Figura 29. Deformación horizontal acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 20 Jun 18.	64
Figura 30. Deformación total acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 25 Ene 19.....	66
Figura 31. Rangos de criticidad donde se encontraba las deformaciones hasta el 25 Ene 19.....	67
Figura 32. Rango de criticidad acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 y EM8 al 25 Ene 19.....	69
Figura 33. Relleno del tajo desde febrero hasta el 30 de julio 2019 (cota 4586 msnm).	70
Figura 34. Deformación total acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 y EM8 al 30 Jul 19.	70

Figura 35. Rangos de criticidad acumulado hasta el 30 Jul 19 (efecto del relleno en el tajo).	71
Figura 36. Deformación de la parte superficial (subsistencia) desde 03 setiembre 2017 hasta 30 de julio 2019.....	72
Figura 37. Trayectoria de la deformación de todos los Hitos e inclinómetros adyacentes a los piques.	73
Figura 38. Conos de subsistencia (Oct-2015 y Jun 2019), interpolado en función del levantamiento de fracturas producto de la explotación hasta junio 2019.	74
Figura 39. Conos de subsistencia (Oct-2015 y Jun 2019) en 3D.....	74
Figura 40. Conos de subsistencia (Oct-2015 y Jun 2019) Vs la distancia al pique en 3D.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de la calidad de la masa rocosa en RMR presente en el área de estudio.	50
Tabla 2. Resumen del dominio estructural para el área de estudio.	50
Tabla 3. Resumen de las propiedades físicas de la roca Intacta.	51
Tabla 4. Resumen de las propiedades elásticas de la roca Intacta	52
Tabla 5. Resumen de las propiedades elásticas de la roca Intacta	52
Tabla 6. Resumen de las propiedades de compresión triaxial de la roca Intacta.	53
Tabla 7. Resumen de las deflexiones del inclinómetro 01 (pique mascota).	57
Tabla 8. Resumen de las deflexiones del inclinómetro 02 (pique central).	59
Tabla 9. Resumen de los Hitos monitoreados con leica TM50 adyacentes a los piques.	62
Tabla 10. Resultado de las deformaciones desde 03 setiembre 2017 hasta el 26 enero 2018.	62
Tabla 11. Resultado de las deformaciones desde 26 enero 2018 hasta 20 junio 2018.	63
Tabla 12. Resultado de las deformaciones desde 20 junio 2018 hasta 21 setiembre 2018.	64
Tabla 13. Deformación horizontal acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 21 Set 18.	65
Tabla 14. Resultado de las deformaciones desde 21 setiembre 2018 hasta 25 enero 2019.	66
Tabla 15. Resultado de las deformaciones desde 25 enero 2019 hasta 27 abril 2019.	67
Tabla 16. Relleno del tajo desde febrero hasta abril 2019.	68
Tabla 17. Deformación total acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 y EM8 al 27 Abr 19.	68

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo explicar de qué manera influye la aplicación del análisis geomecánico para determinar la estabilidad del pique central y pique mascota en la mina Yauricocha, 2022. Es así, que el trabajo para un adecuado estudio y presentación se ha estructurado en cinco capítulos que se describen a continuación:

“El capítulo I se realiza la descripción problemática, se formulan los problemas generales y específicos, se plantean los objetivos y las justificaciones del proyecto”.

“El capítulo II hace una revisión literaria de los antecedentes referentes al tema a tratar, así mismo se detalla la conceptualización de los aspectos generales de los parámetros a utilizar en el desarrollo del proyecto”.

El capítulo III explica los aspectos que involucran las metodologías utilizadas en el presente proyecto.

El capítulo IV muestran los procedimientos de cálculo para resolver las condiciones que requiere el proyecto.

El capítulo V muestra los resultados obtenidos.

Finalmente, en “Conclusiones y Recomendaciones” se reseñan las principales conclusiones y recomendaciones logradas en la presente tesis.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

A escala global, en las minas subterráneas, las operaciones de apoyo son muy importantes ya que ayudan a alcanzar los objetivos operativos y aseguran la continuidad de las operaciones mineras. La industria minera de Perú ha sido durante mucho tiempo la mayor fuente de divisas del país. Por lo tanto, para ser competitiva en el mercado internacional, la industria minera necesita modernizar sus operaciones en todas las etapas, lo que incrementará el volumen de producción y reducirá los costos, permitiendo la extracción de minerales de baja calidad.

Por ello, la construcción de piques en la mina Yauricocha dependen de un análisis técnico económico en comparación de los beneficios de otras alternativas; ya que ello les permitirá acceder a niveles inferiores con la finalidad de explotar los yacimientos mineros. Asimismo, el análisis geomecánico de la estabilidad de los piques permitirá optimizar y garantizar su continuidad de minado considerando la seguridad del personal y de los equipos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera influye la aplicación del análisis geomecánico para determinar la estabilidad del pique central y pique mascota en la mina Yauricocha, 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

PE1. ¿Cuáles son las características de los cuadros del pique central en la mina Yauricocha?

PE2. ¿Cuáles son los resultados del análisis del inclinómetro 01 en la excavación del pique mascota en la mina Yauricocha?

PE3. ¿Cuáles son los resultados del análisis del inclinómetro 02 en la excavación del pique central en la mina Yauricocha?

PE4. ¿Cuál es la deformación y rango de criticidad del pique central y el pique mascota en la mina Yauricocha?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Explicar de qué manera influye la aplicación del análisis geomecánico para determinar la estabilidad del pique central y pique mascota en la mina Yauricocha, 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

OE1. Determinar las características de los cuadros del pique central en la mina Yauricocha.

OE2. Determinar los resultados del análisis del inclinómetro 01 en la excavación del pique mascota en la mina Yauricocha.

OE3. Determinar los resultados del análisis del inclinómetro 02 en la excavación del pique central en la mina Yauricocha.

OE4. Determinar la deformación y rango de criticidad del pique central y el pique mascota en la mina Yauricocha.

1.4. Justificación

La seguridad del personal y de los equipos en el minado subterráneo son de prioridad. Es así, que la estabilidad del pique principal busca el soporte y seguridad durante la operación minera. Es por esta razón, que el presente trabajo busca la estabilidad del pique central a partir del análisis geomecánico de la mina Yauricocha. Todo ello con la finalidad de recuperar el mineral y establecer un ambiente de trabajo seguro.

1.5. Importancia

La importancia de esta investigación radica en que contribuirá de manera significativa en el análisis geomecánico de los piques dentro de las minas. Asimismo, servirá como referencia para otros proyectos semejantes.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

El análisis geomecánico influye significativamente en la estabilidad del pique central y pique mascota en la mina Yauricocha.

1.6.2. Hipótesis Específico

HE1. Las características de los cuadros del pique central son desfavorables para la continuidad de la explotación en la mina Yauricocha.

HE2. Los resultados del análisis del inclinómetro 01 son negativos para la excavación del pique mascota en la mina Yauricocha.

HE3. Los resultados del análisis del inclinómetro 02 son negativos para la excavación del pique central en la mina Yauricocha.

HE4. La deformación y el rango de criticidad del pique central y el pique mascota son desfavorables para la continuidad de la explotación en la mina Yauricocha.

1.7. Variables e Indicadores

1.7.1. Variable Dependiente

Estabilidad del pique central y pique mascota.

Indicadores:

Deformaciones

Rango de criticidad

Características de los cuadros

1.7.2. Variable Independiente

Análisis geomecánico

Indicadores:

Discontinuidades

Calidad geomecánica del macizo rocoso

Propiedades geomecánicas de la masa rocosa

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Datos de la Unidad Minera

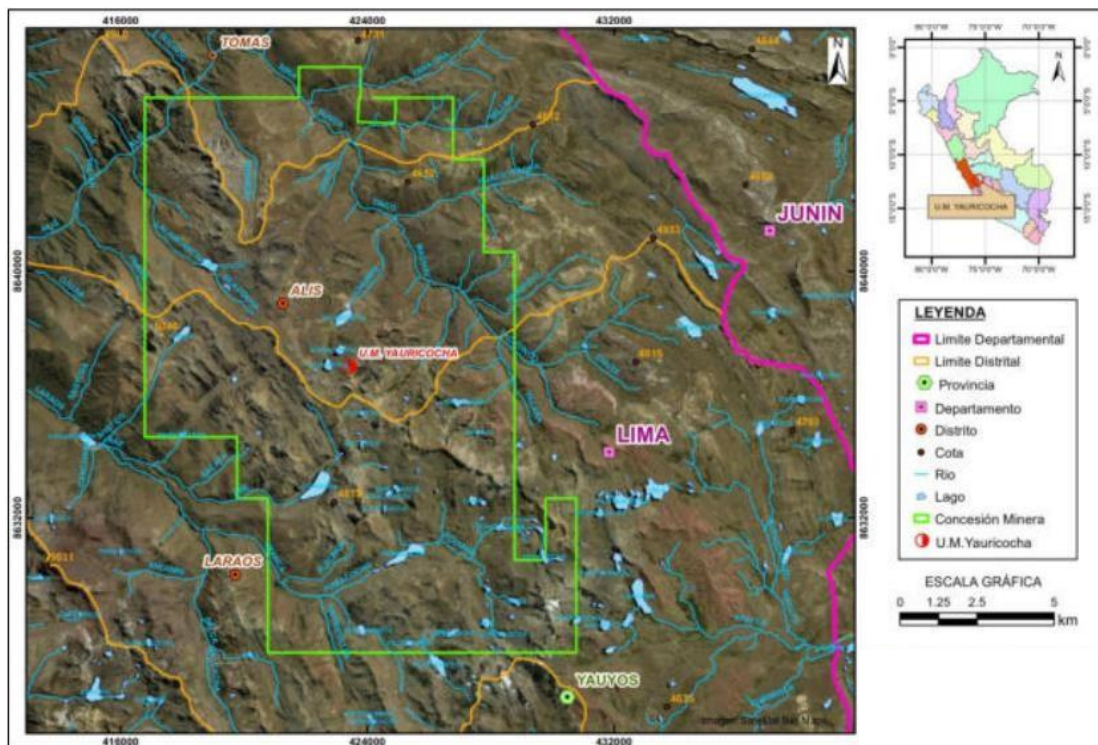
2.1.1. Ubicación y Accesos

La mina Yauricocha políticamente se ubica en la Cordillera Occidental del Perú central (160 kilómetros al noreste de Lima) en el Distrito de Aris, Provincia de Jaujosa, Provincia de Lima, con una elevación promedio de 4.600 metros. Ubicada geográficamente en los altos Andes, muy cerca de la divisoria continental, sobre uno de los afluentes del río Cañete, que desemboca en el Océano Pacífico. El área de estudio está enmarcada por las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de la ubicación de la mina Yauricocha.

Coordenadas UTM WGS 84		
Zona y Banda	Este	Norte
18 L	417000	8644000
	424000	8644000
	424000	8635000
	417000	8635000

Figura 1. Ubicación de la mina.



La Unidad Operativa Yauricocha es accesible desde Lima a través de dos rutas:

Tabla 2. Rutas de acceso a la mina Yauricocha.

Vías de Acceso (terrestre)	Vía	Tipo de Acceso	Distancia (km)	Tiempos de traslado (horas)
1.-Lima – Huancayo - Yauricocha	Terrestre	Asfalto y afirmado	420	11
2.-Lima – Cañete - Yauricocha	Terrestre	Asfalto y afirmado	362	8

2.1.2. Clima y Vegetación

La región tiene un clima frío con dos estaciones bien diferenciadas, la estación lluviosa de noviembre a abril, la precipitación es principalmente de nieve y granizo, y el resto es estación seca con una temperatura promedio diurna de 15 °C y menor en la noche. 10 °C, alcanza

constantemente aproximadamente 10 °C. durante la temporada de lluvias, se alimentan los glaciares que luego forman arroyos que luego fluyen por las laderas y forman las lagunas. El área de Yauricocha tiene una vegetación predominantemente de tipo puna compuesta principalmente por ichu y paja, y la flora generalmente varía con especies de pastos, arbustos y algunos árboles.

2.2. Antecedentes de la Investigación

Tesis

Salazar (2020), en su tesis “Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha - Sociedad Minera Corona S. A.”, tuvo como objetivo determinar cómo influye la evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente, tajeo 0337, RP basculante, piso 0, nivel 1170, zona V, cuerpo mascota - Unidad Minera Yauricocha, 2018. Para ello, se empleó una investigación científica de tipo aplicada, de nivel descriptivo, y de diseño cuasiexperimental. Y como conclusión “se estableció que la evaluación geomecánica de tajeo 0337, conforme a la clasificación de Bieniawski, dieron como resultado que el tipo de sostenimiento aconsejado para la roca que se tomó como muestra es de valorización 74 puntos lo cual lo clasifica como macizo rocoso bueno clase II”.

Huaracha (2021), en su tesis “Construcción del pique inclinado Mercedes – NV 480 para mejorar la producción en la Unidad Minera San Juan de Arequipa”, tuvo como objetivo de desarrollar el proceso de diseño, construcción y evaluación económica del pique inclinado Mercedes con la finalidad de mejorar la productividad e incrementar las reservas de mineral de la zona Mercedes en la Unidad Minera San Juan de Arequipa. Para ello, se empleó una investigación

de tipo descriptivo. Y como conclusión se determinó que el pique inclinado Mercedes tendrá una longitud total de 235 m. entre los niveles 480 y 380, con una sección de 2.40 m. x 2.40 m. y una inclinación negativa de 30°. Y en base a indicadores como VAN y TIR se determinó la viabilidad del pique inclinado.

Zanabria (2021), en su tesis “Evaluación de la subsidencia inducida por la extracción de mineral para determinar la estabilidad del pique Mascota y Central en la U.M. Yauricocha”, tuvo como objetivo evaluar la subsidencia inducida por la extracción de mineral para determinar la estabilidad del pique mascota y central en la U.M. Yauricocha. Para ello, se empleó una investigación de tipo aplicada, de nivel explicativo. Y como conclusión se obtuvo que el estudio cumple con los requerimientos establecidos por Sierra Metals/Corona y entrega una base de ingeniería para responder con las recomendaciones vertidas por el equipo técnico de Osergmin, Perú, para establecer el efecto de subsidencia sobre la estabilidad de los Piques mascota y Central.

Hizo (2020), en su tesis “Evaluación geomecánica para la elección del tipo de sostenimiento en la rampa principal de la mina “Flor de Lirio” Sociedad Comercial Importadora y Exportadora Dicave Limitada – 2020”, tuvo como objetivo realizar la Evaluación Geomecánica para la elección del tipo de sostenimiento de la Rampa Principal en la mina “Flor de Lirio” de la Sociedad Comercial Importadora y Exportadora DICAVE Limitada – 2020. Para ello, empleó una investigación de tipo aplicada. Y como conclusión se obtuvo que la calidad de la roca es buena tipo III - B, con un RMR promedio de 53.

Torres (2020), en su tesis “Análisis geomecánico del macizo rocoso para el dimensionamiento y estabilidad de un pilar protección en la zona de extracción de una veta, en una mina subterránea en Ayacucho 2020”, tuvo como objetivo realizar el análisis de estabilidad del

macizo rocoso para el dimensionamiento de un pilar de protección en la zona de extracción de una veta de una mina subterránea en Ayacucho. Para ello, se empleó una investigación de tipo aplicada. Y se concluyó que para mantener la estabilidad y la continuidad del minado mediante Sub Level Stopping respecto a la influencia de las fallas mayores se debe dejar un pilar corrido en vertical de 6.0 m de ancho desde el límite de los niveles BA 3709 y BA 3809 hacia el BA 3708 y BA 3808 respectivamente.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Aspectos geomecánicos.

Rock Strengthening Systems reconoce que los factores que controlan la estabilidad de las excavaciones mineras subterráneas se pueden dividir en dos grupos: factores previos a la excavación (antes de la minería) y posteriores a la excavación (posteriores a la minería). Los factores previos a la extracción incluyen: características del macizo rocoso, depósito mineral (ambiente geológico), comportamiento mecánico del macizo rocoso y el campo de tensión in situ allí, y los factores posteriores a la extracción consisten en: lo siguiente: tensión de extracción, forma y tamaño y dirección de las excavaciones, que en su naturaleza son dinámicas debido a los desarrollos mineros.

Las consecuencias de las perturbaciones mineras son: la formación de estructuras rocosas y perturbaciones mecánicas en el entorno rocoso. En el caso de vacíos elementos de soporte naturales y/o artificiales h minerales residuales. Las perturbaciones mecánicas del un turno rocoso pueden

manifestarse como desplazamiento del macizo rocoso y tensiones contra los vacíos resultantes en un nuevo estado de tensión y deformación. acumular.

Con el fin de determinar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso en obras subterráneas, se desarrollaron mapas estructurales que permiten la identificación de cuñas potenciales, el tamaño y forma de las cuñas potenciales en el macizo rocoso alrededor de la apertura dependen principalmente del tamaño, forma y orientación. de la apertura y la dirección principal del sistema continuo.

Debido a su mayor aplicabilidad en este campo, presentamos aquí la correlación del criterio Rock Mass Evaluation (RMR) de Bieniawski (1989) y el RMR de Hook y Marinos (2000), el índice Q de Barton y el GSI (Índice de Fuerza Geológica) utilizando los mismos valores . determinado utilizando datos de mapeo geomecánico realizados en las paredes de la mina.

2.3.1.1. El criterio RMR de Bieniawski (1989).

La clasificación Geomecánica RMR (Rock Mass Rating), permite realizar una clasificación de las rocas 'in situ' en clases y/o grupos de determinada calidad con características comunes. Esta clasificación se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones, consta de un índice de calidad RMR independiente de la estructura y de un factor de corrección.

“El macizo rocoso consiste en interacciones entre el material rocoso, las fracturas existentes y el agua. Para comprender su comportamiento, se debe conocer el origen, la textura, la mineralogía y la naturaleza geotécnica del material rocoso, su origen, tipo y características descriptivas (orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, relleno, etc.)”.

En este contexto es interesante la proposición de Bieniawski sugiere que en una clasificación de rocas se debería:

- ❖ Dividir los macizos en grupos de comportamientos similares.
- ❖ Proveer una buena base para comprender las características de las rocas.
- ❖ Facilitar el planeamiento y diseño de estructuras en roca mediante los datos de terreno requeridos para la solución de problemas de ingeniería.
- ❖ Proveer una base común para una afectiva comunicación entre personas relacionadas con un problema geomecánico.

Para satisfacer estos requerimientos, Bieniawski propuso después de las experiencias prácticas que su clasificación debería incorporar los siguientes 5 parámetros:

Entonces el índice RMR es:

$$RMR = (RC + RQD + A + B + C)$$

Dónde:

RC: Valoración según la resistencia a la compresión del martillo de Smith. RQD :

Valoración según la calidad RQD.

A: Espaciamiento de discontinuidades. B: Condición de discontinuidades.

C: Agua subterránea.

Tabla 3. *Valor de índice RMR.*

RMR	Calidad del macizo rocoso	Clase
0 – 20	Roca muy mala	V
21 – 40	Roca mala	IV
41 – 60	Roca regular	III
61 – 80	Roca Buena	II
81 – 100	Roca muy Buena	I

Fuente: Bieniawski 1989.

a) La resistencia a la compresión de la roca intacta (RC).

Que puede ser determinado con golpes de picota o martillo de geólogo, martillo de Schmidt o con otros procedimientos como los ensayos de laboratorio.

b) El RQD (Rock Quality Designation).

El índice de calidad de la roca es el porcentaje de trozos de testigos recuperados de las perforaciones diamantinas mayores de 10 cm. de la longitud total del taladro. El RQD se calcula con la siguiente expresión:

Figura 2. Testigos de perforación diamantina.



Fuente: Manual de Geomecánica, conociendo a la roca.

$$RQD = \frac{\sum \text{Longitud} \geq 10\text{cm}}{\text{Longitud total}} * 100\%$$

Tabla 4. Valor de índice de RQD.

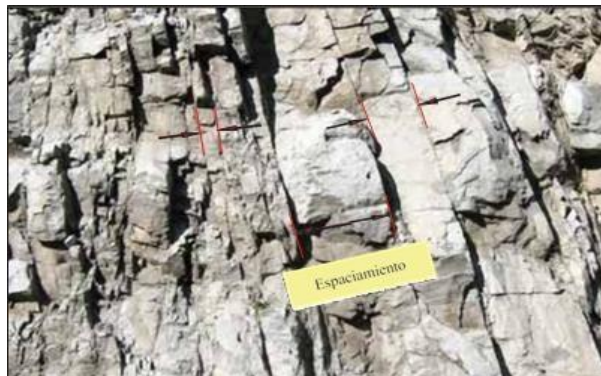
RQD %	Calidad del macizo rocoso
< 25	Roca muy mala
25 – 50	Roca mala
50 – 75	Roca regular
75 – 90	Roca Buena
90 – 100	Roca muy Buena

Fuente: Mecánica de rocas Stagg - Zienkiewicz.

c) El espaciamiento de las discontinuidades.

El espaciamiento de las discontinuidades es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes.

Figura 3. *Espaciado de una discontinuidad.*

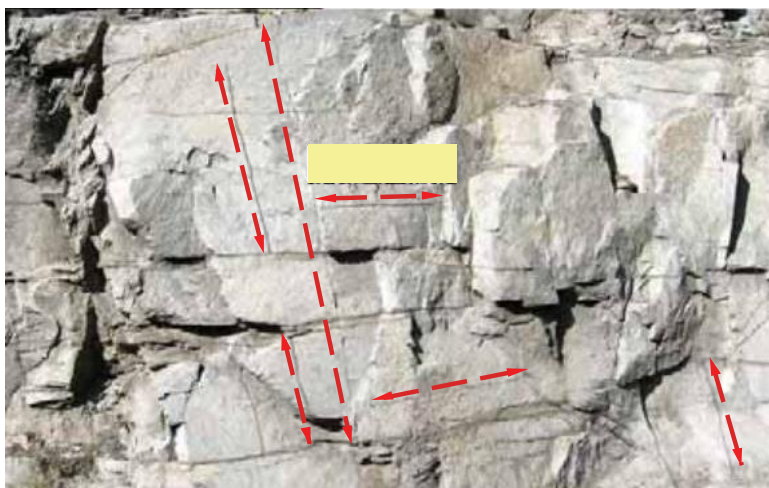


Fuente: Manual de Geomecánica, Conociendo a la roca.

d) La condición de las discontinuidades.

- ✓ **Persistencia.** - Es la extensión en área a tamaño de esta discontinuidad.

Figura 4. *Persistencia de discontinuidades.*



Fuente: Manual de Geomecánica, conociendo a la roca.

e) **Presencia de agua.**

La presencia del agua subterránea no tiene influencia significativa en rocas o levemente fracturadas, en rocas fracturadas o estratificadas, es importante considerar la influencia del agua en las fisuras, por que esta ejerce presión y actúa como lubricante, además puede lavar el relleno débil de las fracturas, complicando la situación de la excavación. En cambio, en las rocas intensamente fracturadas, la presencia del agua acelera el proceso de aflojamiento, especialmente en ambientes de altos esfuerzos donde el aflojamiento de la roca será muy rápido.

Figura 5. *Presencia de agua subterránea.*



Fuente: Manual de Geomecánica, conociendo a la roca.

2.3.1.2. Sistema Q de Barton.

El Tunnelling Quality Index, o sistema Q, fue desarrollado por Barton y sus colaboradores en 1974 que propuso junto a Lien y Lunde, un método práctico denominado sistema “Q”, para cuantificar el padrón Geomecánico de un macizo rocoso a partir de una compilación de un número

de datos de numerosas obras de excavaciones subterráneas y de testigos de sondaje, que utiliza los siguientes factores para determinar el resultado del macizo rocoso:

- ✓ RQD (Rock Quality Design).
- ✓ Número de familia de discontinuidades o juntas (Jn).
- ✓ Rugosidad de las juntas (Jr).
- ✓ Grado de alteración de las discontinuidades (Ja).
- ✓ Presencia de agua subterránea (Jw).
- ✓ Estado tensional de la roca, Stress Reduction Factor (SRF).

El valor de Q es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Q = (RQD / Jn) \times (Jr / Ja) \times (Jw / RSF)$$

El valor de Q oscila entre los valores de 0,001 para terrenos malos y 1000 para terrenos muy buenos, el cual se muestra en el cuadro N° 05. Una vez determinado el valor de Q, el sistema propone el sostenimiento a emplear a partir de la dimensión equivalente, que es un parámetro dependiente de las dimensiones del túnel.

Tabla 5. *Valor de índice de RQD.*

Q (Rock mass quality)	Valoración
0.001 - 0.01	Excepcionalmente mala
0.01 - 0.1	Extremadamente mala
0.1 - 1.0	Muy mala
1.0 - 4	Mala
4 - 10	Regular
10 - 40	Buena
40 - 100	Muy buena
100 - 400	Extremadamente buena
400 - 1000	Excepcionalmente buena

Fuente: *Mecánica de rocas Stagg - Zienkiewicz.*

La correlación entre los sistemas de clasificación (Índice RMR de Bieniawski, el índice Q y al GSI de Hoek y Marinos), fue propuesta por Bieniawski en 1976 mediante una regresión lineal, como se muestra a continuación:

$$RMR = 9 \text{ Ln } Q + 44$$

2.3.1.3. Clasificación según el índice de resistencia geológica (GSI).

Las observaciones se basan en la apariencia del macizo a nivel de condición de la superficie y a nivel de estructura. La correlación entre los sistemas de clasificación (Índice RMR de Bieniawski y el GSI de Hoek y Marinos), en caso de $RMR > 23$ y considerando condiciones secas se muestra a continuación:

$$GSI = RMR'89 - 5$$

2.3.1.4. Diseño geomecánico del método de minado.

2.3.1.4.1. Factores característicos del diseño geomecánico.

Los yacimientos se pueden explotar utilizando una variedad de métodos, por lo que el tipo y el diseño del método de minería subterránea deben adaptarse a las características del tipo yacimiento a) geometría (tamaño y forma), b) ubicación y orientación (profundidad, buzamiento y rumbo), c) tamaño (masivo, lámina) o veta), (d) propiedades geomecánicas (minerales y roca madre), (e) distribución de leyes (uniforme, variable, irregular), y (f) aspectos ambientales.

Asimismo, las propiedades geomecánicas de los minerales y rocas de revestimiento están influenciadas por: a) selección del método de extracción, b) dimensiones de las aberturas y soportes, c) mecanización de las operaciones de áridos, d) sistemas de soporte, e) diseño de la estructura de la mina, f) alcance de las tareas de desarrollo, preparación y producción, g) capacidad de producción, h) selección de equipos adecuados y f) control y manejo del balance de masas rocosas después de la extracción.

2.3.1.5. Consideraciones geomecánicas.

2.3.1.5.1. Efectos de la voladura en el macizo rocoso.

Si el proceso de perforación y voladura no se lleva a cabo correctamente, puede causar daños a la roca, lo que puede afectar negativamente la estabilidad del macizo rocoso. Así que aquí hay algunas sugerencias para minimizar el daño causado por la voladura del macizo rocoso:

- a) Es recomendable determinar el índice de volabilidad y el factor de potencia FP (kg/m³) del macizo rocoso para un explosivo determinado, mediante la evaluación de parámetros geomecánicos.
- b) Si por razones operativas se requiere un factor de potencia mayor, se debe tomar acciones para minimizar el posible daño en el macizo remanente.
- c) El conocer las propiedades del macizo rocoso, la resistencia a compresión de la roca, el espaciamiento y persistencia de los sistemas de discontinuidades y además considerar que la presencia de agua subterránea es un factor limitante en el rendimiento de la voladura.
- d) En excavaciones mayores es recomendable usar equipos de perforación auxiliado con programas de control automático del paralelismo, inclinación y desviación de los taladros.
- e) Considerar el cálculo adecuado de la carga lineal (kg/m) y el espaciamiento de los taladros perimetrales para emplear técnicas de voladuras amortiguadas como el recorte y pre corte.
- f) Etc.

2.3.1.5.2. Tamaño y geometría de excavaciones.

La forma, la orientación y la tensión del perímetro de la excavación afectan la estabilidad de la excavación subterránea. Algunas sugerencias para tallar figuras son:

- a) Para la estabilidad, las formas esquinadas son desfavorables, porque las esquinas en ángulo son lugares de alta concentración de esfuerzos.
- b) El efecto arco ayuda a lograr la estabilidad.
- c) Para conseguir excavaciones estables, la forma de la excavación deberá acomodarse a los rasgos estructurales del macizo rocoso.
- d) En rocas masivas y frágiles, la estabilidad está gobernada por la forma de la excavación.

Figura 6. La forma en arco de las excavaciones favorece la estabilidad y las formas esquinadas desfavorecen la estabilidad.

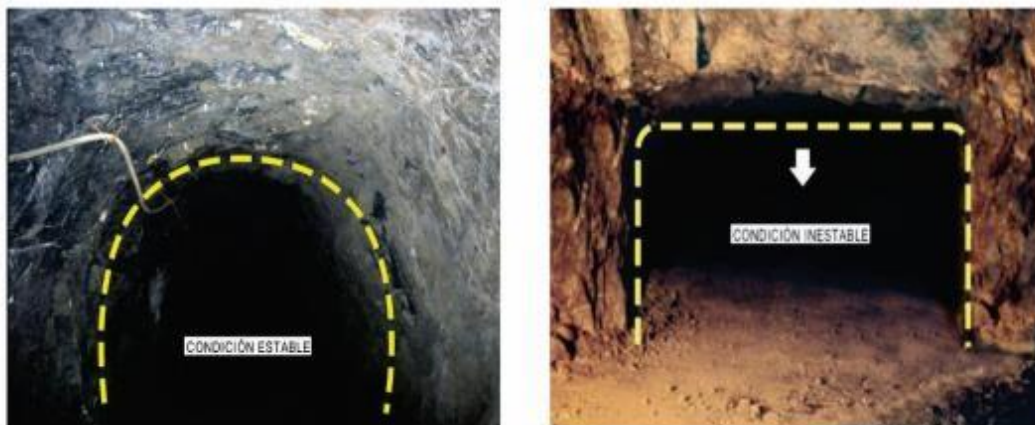
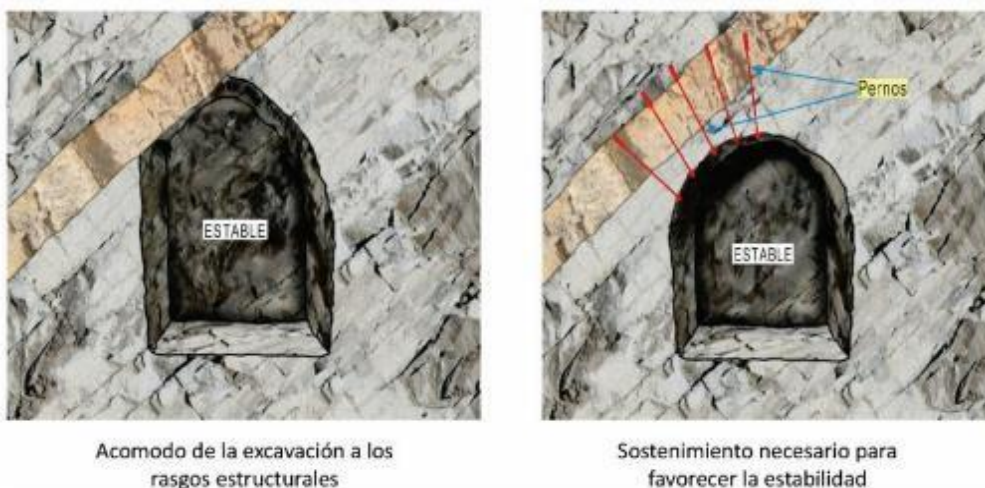


Figura 7. Formas de las excavaciones.



Asimismo, se brinda recomendaciones respecto a la orientación de las excavaciones:

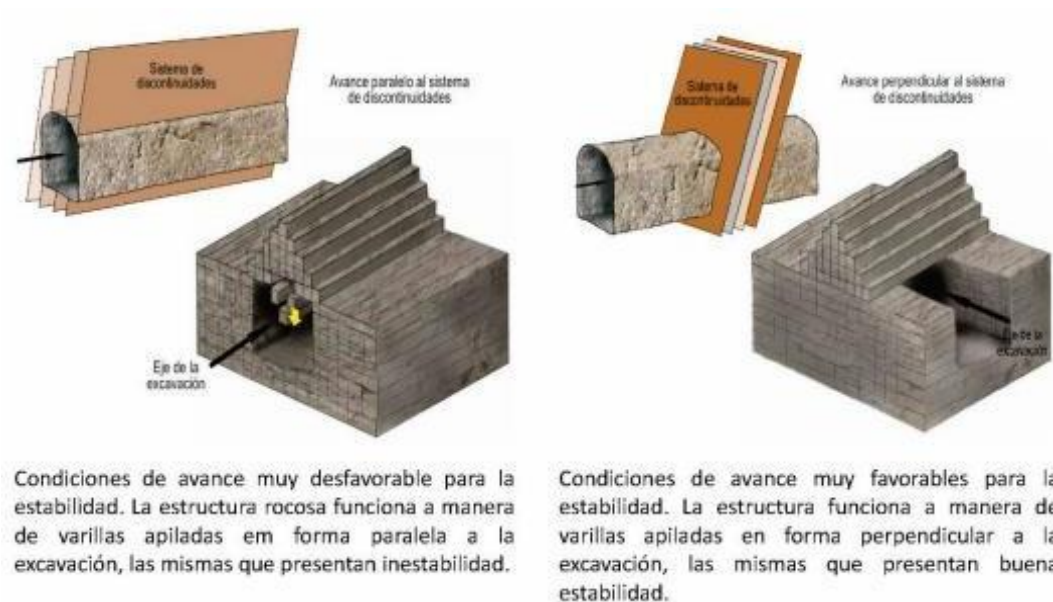
a) La orientación de la excavación, con respecto a rasgos estructurales como: fallas, diaclasas, etc. Tiene influencia en la estabilidad, por tanto, es mejor avanzar perpendicularmente a la discontinuidad o a las zonas de corte.

b) En ambientes de altos esfuerzos, no es adecuado avanzar cerca a fallas geológicas porque los esfuerzos se concentran entre la falla y la excavación.

c) En ambientes de altos esfuerzos, aún en rocas competentes pueden ocurrir reventazones y hasta estallido de rocas.

d) En condiciones de altos esfuerzos resulta adecuado avanzar o minar siguiendo la dirección del mayor esfuerzo principal horizontal. Se tendrán iguales consideraciones para la excavación de labores permanentes como: cámaras y talleres.

Figura 8. Orientación de la excavación con respecto a los rasgos estructurales.



Fuente: Osinergmin

Por otra parte, se brinda recomendaciones respecto al tamaño de excavaciones, las cuales son los siguientes:

- a) En roca de mala calidad no es recomendable ampliar las excavaciones porque se genera inestabilidad, siendo necesario adoptar medidas de control adecuadas.
- b) Considerar que un aumento en el tamaño de la excavación incrementa el peligro crece y genera que las rocas encajonantes se expongan a los rasgos estructurales.
- c) Tener cuidado con rocas intensamente fracturadas y débiles, porque el crecimiento de la excavación producirá su colapso.

Figura 9. A mayor tamaño de la excavación se favorece la inestabilidad.



Fuente: Osinergmin

2.3.1.5.3. *Desate de rocas*

La mayoría de los accidentes en las explotaciones subterráneas suceden por el desprendimiento de rocas del techo de las excavaciones subterráneas, que se fracturan debido a esfuerzos inducidos. Es así, que para crear un espacio seguro para los trabajadores se debe dejar caer dichas rocas sueltas de manera controlada.

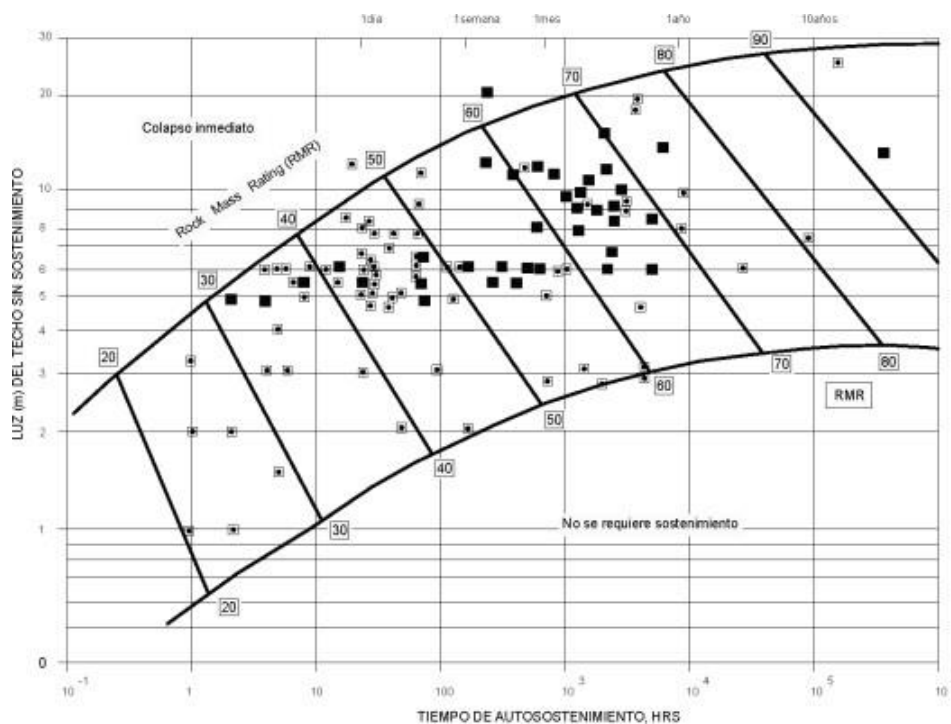
A continuación, se detalla algunas recomendaciones para el desate de rocas:

- a) Durante el desate se deberá poner suma atención a la identificación de las discontinuidades del macizo rocoso, los procedimientos de desate mecanizado y manual, así como los procedimientos para el desate de grandes bloques de roca.
- b) Se recomienda que para el desate los trabajadores apliquen el método “ROCA”, que significa: Razonar, Organizar, Clasificar y Actuar.
- c) Si existe roca débil se deberá aplicar el principio de “labor avanzada, labor sostenida”.

2.3.1.5.4. *Tiempo de auto sostenimiento*

La clasificación de Bieniawski brinda una idea realista acerca del tiempo que permanecerá autoestable una excavación sin sostenimiento. Es así, que el sistema propuesto por Bieniawski correlaciona el ancho de la excavación con el tiempo del autosostenimiento.

Figura 10. Tiempo de auto sostenimiento de acuerdo al RMR (Bieniawski 1989).



Fuente: Osinergmin

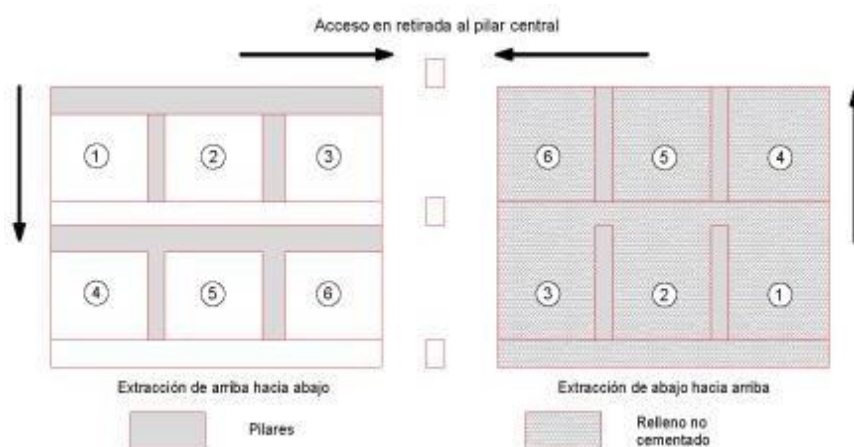
2.3.1.5.5. *Secuencia de explotación*

La secuencia de explotación se refiere “al orden de minado de los diferentes tajeos planificados y diseñados” (Osinergrmin, 2017, p. 80). Asimismo, la secuencia de minado tiene influencias en la estabilidad global de la mina, ya que afecta el reacomodo de los esfuerzos en cada tajeo extraído. Por otra parte, la secuencia de minado está determinado por los requerimientos de ley de mineral, características del cuerpo mineralizado y las consideraciones de los esfuerzos inducidos.

Algunos de las secuencias de minado son los siguientes:

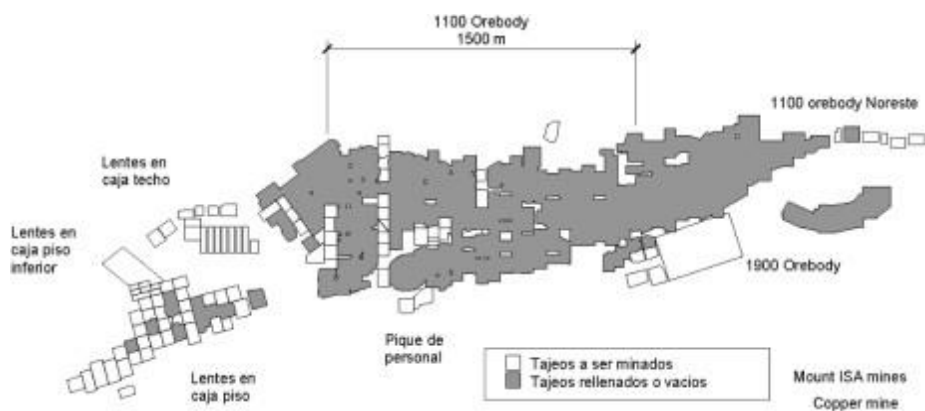
- a) Secuencia de arriba hacia abajo, donde es indispensable el uso de relleno.

Figura 11. Secuencia de minado de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba.



- b) Secuencia de minado de norte a sur, donde en un primer instante de debe determinar la secuencia de minado y seguir sistemáticamente.

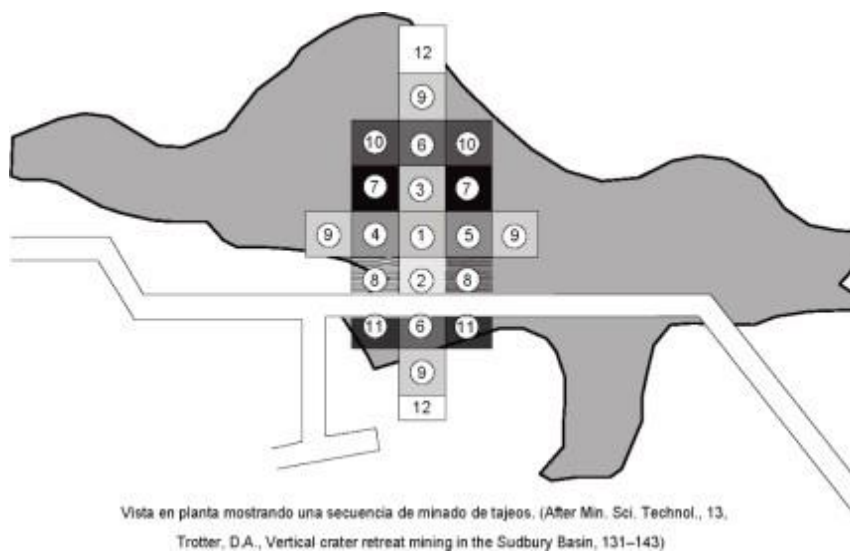
Figura 12. Secuencia de minado de norte a sur.



Fuente: Osinergmin

c) Secuencia tipo damero, donde se extraen los tajeos de manera intercalada, utilizando relleno en pasta.

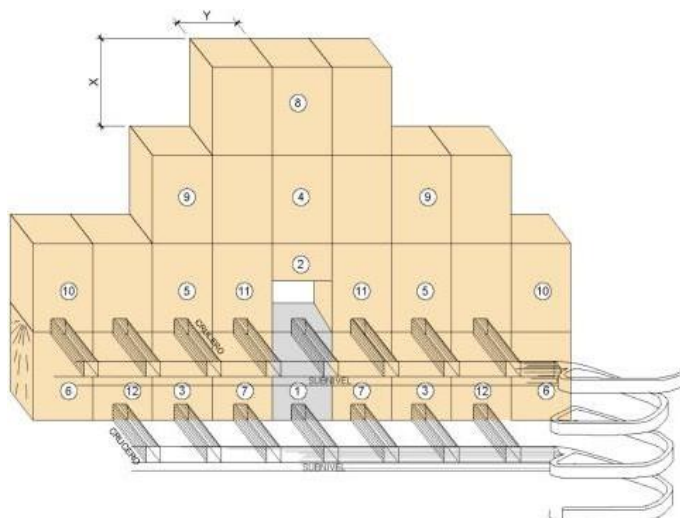
Figura 13. Secuencia tipo damero en cuerpos masivos.



Fuente: Osinergmin

d) Secuencia de minado en pirámide, donde se utiliza relleno cementado en los tajeos primarios.

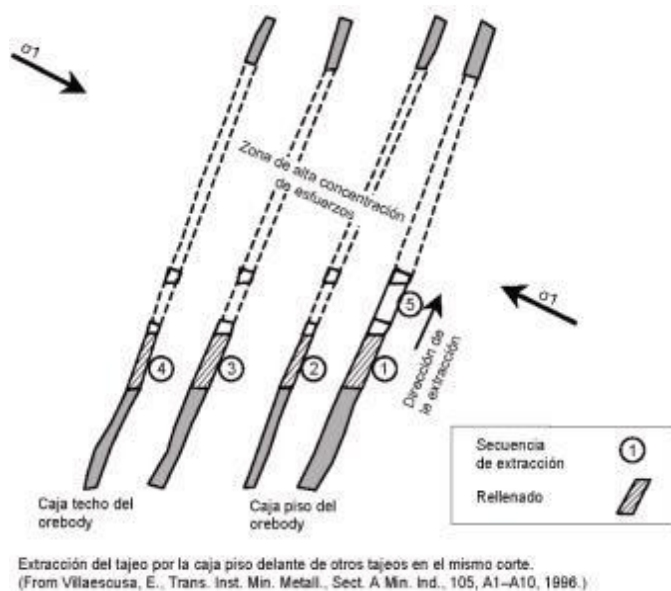
Figura 14. Secuencia de minado en pirámide.



Fuente: Osinergmin

e) Secuencia de minado de piso a techo, se emplea para minimizar las deformaciones en la caja techo utilizando una secuencia desde la caja piso hacia la caja techo.

Figura 15. Secuencia de minado de piso a techo.



Fuente: Osinergmin

2.3.1.6. Sostenimiento de excavaciones.

2.3.1.6.1. *Diseño de sostenimiento.*

Para el diseño de sostenimiento se considera los siguientes aspectos: las características del macizo rocoso, la influencia de esfuerzos naturales e inducidos, la dirección de la excavación con relación los rasgos estructurales, la forma y las dimensiones de la excavación, y la deformabilidad del macizo rocoso y de los elementos de sostenimiento. Asimismo, los sostenimientos pueden ser pasivos y activos. Los pasivos actúan en la superficie de la excavación o en su interior, y requieren que la roca se desplace o deforme para actuar. Los activos actúan en el interior del macizo rocoso, y son capaces de proporcionar refuerzo a la roca desde el momento de su instalación.

2.3.1.6.2. *Tipos de sostenimiento de mina subterránea.*

Existen diversos tipos de sostenimiento de mina subterránea que pueden utilizarse de manera individual o de forma conjunta para estabilizar las excavaciones. Entre estos se encuentran los siguientes:

- **Pernos de anclaje**

Los pernos “proporcionan esfuerzos a la roca desde el instante mismo de su colocación, logrando que sea partícipe del sostenimiento” (Osinergmin, 2017, p. 95). Asimismo, existen diversos tipos de pernos que se diferencian por la característica del anclaje o por su capacidad de deformarse. Es así, que el tipo de perno a emplearse se determinará de acuerdo a las características del macizo rocoso.

Figura 16. Características de pernos de anclaje.

Propiedades de los pernos de anclaje		
Tipo de perno	Resistencia del límite elástico (ton)	Resistencia a la ruptura (ton)
5/8" perno mecánico	6.1	10.2 (grado 690MPa)
Split set (ss-33)	8.5	10.6
Split set (ss-39)	12.7	14
Swellex estándar	N/A	11
Swellex deformable	N/A	9.5
Super Swellex	N/A	22
20mm barra (#6)	12.4	18.5
22mm barra (#6)	16	23
25mm barra (#6)	20.5	30.8
#6 Dywidag	11.9	18
#7 Dywidag	16.3	24.5
#8 Dywidag	21.5	32.3
#9 Dywidag	27.2	40.9
#10 Dywidag	34.6	52
1/2" Cable bolt	15.9	18.8
5/8" Cable bolt	21.6	25.5
1/4"x4" Strap(MS)	25	39

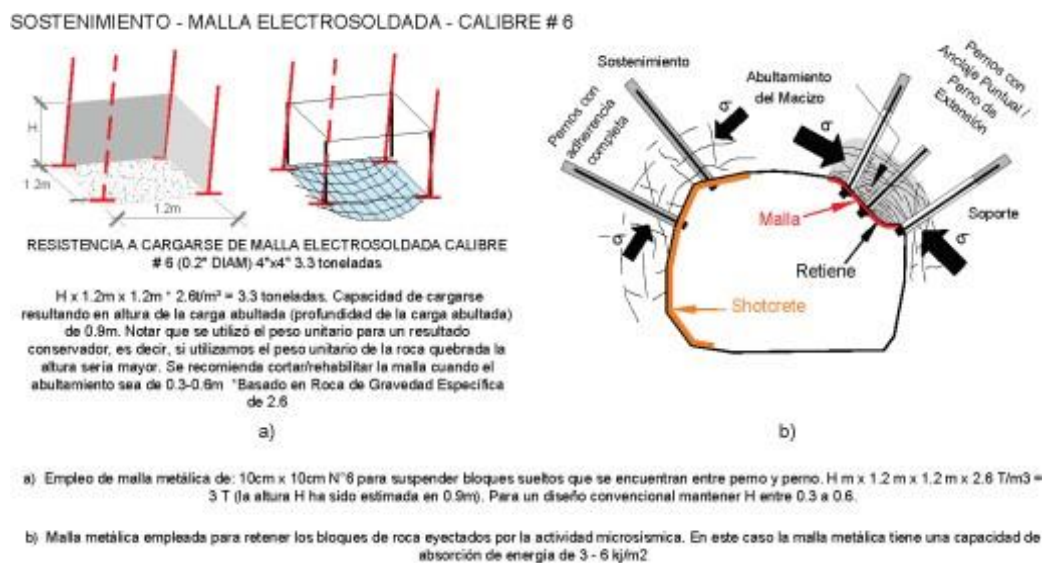
#6 relacionado a 6/8", #7 relacionado a 7/8" de diámetro

Fuente: Osinergmin

- **Malla metálica**

La malla metálica es un sostenimiento de seguridad que deberá ser “capaz de soportar los fragmentos de roca (pequeños) que se pueden desprender entre un perno a otro, es muy efectiva y económica comparada con otros sistemas de retención de rocas sueltas” (Osinergmin, 2017, p. 98). Asimismo, existen tres tipos de mallas: malla no metálica, malla de alambre tejido (es muy flexible y se emplea para contener de la caída de rocas del techo de la mina) y malla electro soldada (es más rígida).

Figura 17. Capacidad de la malla metálica para retener rocas sueltas entre pernos.



Fuente: Osinergmin

Figura 18. Capacidad de la malla metálica para retener rocas sueltas entre pernos.

MALLA – RESISTENCIA AL ABULTAMIENTO	
DISTRIBUCIÓN 1.2 m x 1.2 m	
4x4 "Malla Electro soldada (Calibre 4)	Resistencia Abultamiento = 3.6 toneladas
4x4 "Malla Electro soldada (Calibre 6)	Resistencia Abultamiento = 3.3 toneladas
4x4 "Malla Electro soldada (Calibre 9)	Resistencia Abultamiento = 1.9 toneladas
4x4 "Malla Electro soldada (Calibre 12)	Resistencia Abultamiento = 1.4 toneladas
2" Malla de Eslabones (Calibre 11 metal desnudo)	Resistencia Abultamiento = 2.9 toneladas
2" Malla de Eslabones (Calibre 11 galvanizado)	Resistencia Abultamiento = 1.7 toneladas
2" Malla de Eslabones (Calibre 9 metal desnudo)	Resistencia Abultamiento = 3.7 toneladas
2" Malla de Eslabones (Calibre 9 metal desnudo)	Resistencia Abultamiento = 3.2 toneladas
Calibre 4 =0.23" diámetro. Calibre 6=0.20" diámetro. Calibre 9=0.16" diámetro. Calibre 11=0.125" diámetro. Calibre 12=0.11" diámetro. Resistencia al Corte del Shotcrete = 2 MPa=200 toneladas/m ²	

Fuente: Osinergmin

- **Concreto lanzado**

El concreto lanzado es un “mortero que es transportado a través de mangueras y lanzado neumáticamente sobre la superficie a recubrir, fraguando, endureciendo y adquiriendo considerable resistencia” (Osinermin, 2017, p. 99). Asimismo, el concreto lanzado tiene dos efectos marcados en la roca: a) sella la superficie de la roca cerrando las fracturas y b) evita la descompresión y la alteración de la roca. Y actualmente se suele emplear concreto reforzado con fibras de acero y sintéticas.

Figura 19. Mezcla referencial de concreto lanzado reforzado con fibra metálica y micro sílice.

Componentes	Mezcla seca		Mezcla húmeda	
	kg/m ³	% materiales secos	kg/m ³	% materiales Húmedos
Cemento	420	19	420	18.2
Aditivo de sílice	50	2.2	40	1.7
Mezcla de agregados	1670	75.8	1600	69.2
Fibras de acero	50	2.2	50	2.2
Acelerante	13	0.6	13	0.6
Superplastificante	-	-	6 litros	0.2
Reductor de agua	-	-	2 litros	0.08
Incorporador de aire	-	-	si requiere	
Agua	controlado a la boquilla		180	7.8
Total	2203	100	2311	100

Fuente: Osinergmin

- **Cable bolting**

Los cables bolting “son elementos de reforzamiento, hechos normalmente de alambres de acero trenzados, los cuales son fijados con cemento dentro del taladro en la masa rocosa” (Conde, 2019, p. 28). Asimismo, existen diferentes tipos de cables bolting como efecto jaula simple, bulbo simple y jaula tuerca.

2.4. Definiciones conceptuales

Perforación

Acción o proceso de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico (eléctrico o hidráulico).

Discontinuidad

Cambio abrupto en las propiedades físicas de materiales adyacentes en el interior de la Tierra.

Estabilidad

Resistencia de una estructura, un talud o un muro de contención, a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales, para las que fue diseñado.

Seguridad industrial

Conjunto de actividades dedicadas a identificación, evaluación y control de los factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo.

Capítulo III

Metodología de la Investigación

3.1. Tipo de Investigación

Es tipo de investigación aplicativo que “tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo” (Lozada, 2014, p. 35). Es así, que en esta investigación se busca aplicar el análisis geomecánico para determinar la estabilidad del pique central y el pique mascota en la mina Yauricocha.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es explicativo, ya que “intenta ir más allá de la investigación exploratoria y descriptiva para identificar las causas reales de un problema” (Abreu, 2012, p. 194). Por ello, en esta investigación se trata de explicar el análisis geomecánico para la estabilidad del pique central y el pique mascota en la mina Yauricocha.

3.3. Diseño de Investigación

Es una investigación experimental de tipo cuasi experimental, que tiene como objetivo “poner a prueba una hipótesis causal manipulando (al menos) una variable independiente donde por razones logísticas o éticas no se puede asignar las unidades de investigación aleatoriamente a los grupos” (Fernández et al., 2014, p. 756). Es así, que en esta investigación la aplicación del

análisis geomecánico va generar efectos en la estabilidad del pique central y el pique mascota en la mina Yauricocha.

3.4. Población

La población de estudio “es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados” (Arias et al., 2016, p. 201). La población de esta investigación es la mina Yauricocha.

3.5. Muestra

La muestra es “un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación” (López, 2004, p. 69). La muestra de esta investigación es el pique central y el pique mascota.

3.6. Muestreo

El muestreo es “el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra del total de la población” (López, 2004, p. 69). De esta manera, el muestreo empleado en esta investigación es no probabilístico de tipo intencional.

3.7. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se ha realizado trabajos de campo y gabinete consistente en lo siguiente:

3.1.1. Recopilación de datos y planeación del trabajo de campo

En esta fase se hizo una descripción de los aspectos generales relacionados a la mina y operación, como ubicación, geomorfología, el ambiente donde se desenvuelve el minado y los recursos disponibles en la zona.

3.1.2. Fase de campo

En esta fase se recolectó datos sobre la situación actual de minado y tecnología usada en las operaciones unitarias propias de la explotación y la tecnología usada en el relleno.

3.1.3. Fase posterior al trabajo de campo

Y en esta tercera fase se evalúa las deformaciones y el rango de criticidad del pique central y el pique mascota.

3.8. Unidad de análisis

La unidad de análisis de esta investigación son las deformaciones presentes en el pique central y en el pique mascota.

3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Observación:** Esta técnica se empleó para describir aspectos generales relacionados a la mina y el nivel de operación.
- **Registro de datos de campo:** Al tener la muestra seleccionada se toman datos de campo usando fichas de bases de datos. Para ello, se empleó el Robot Leica TM50, Google eart y Geo5
- **Análisis de datos:** Se realiza el análisis de los aspectos geomecánicos que intervienen en el diseño de los cables cementados. Para ello, se empleó el Microsoft Excel.

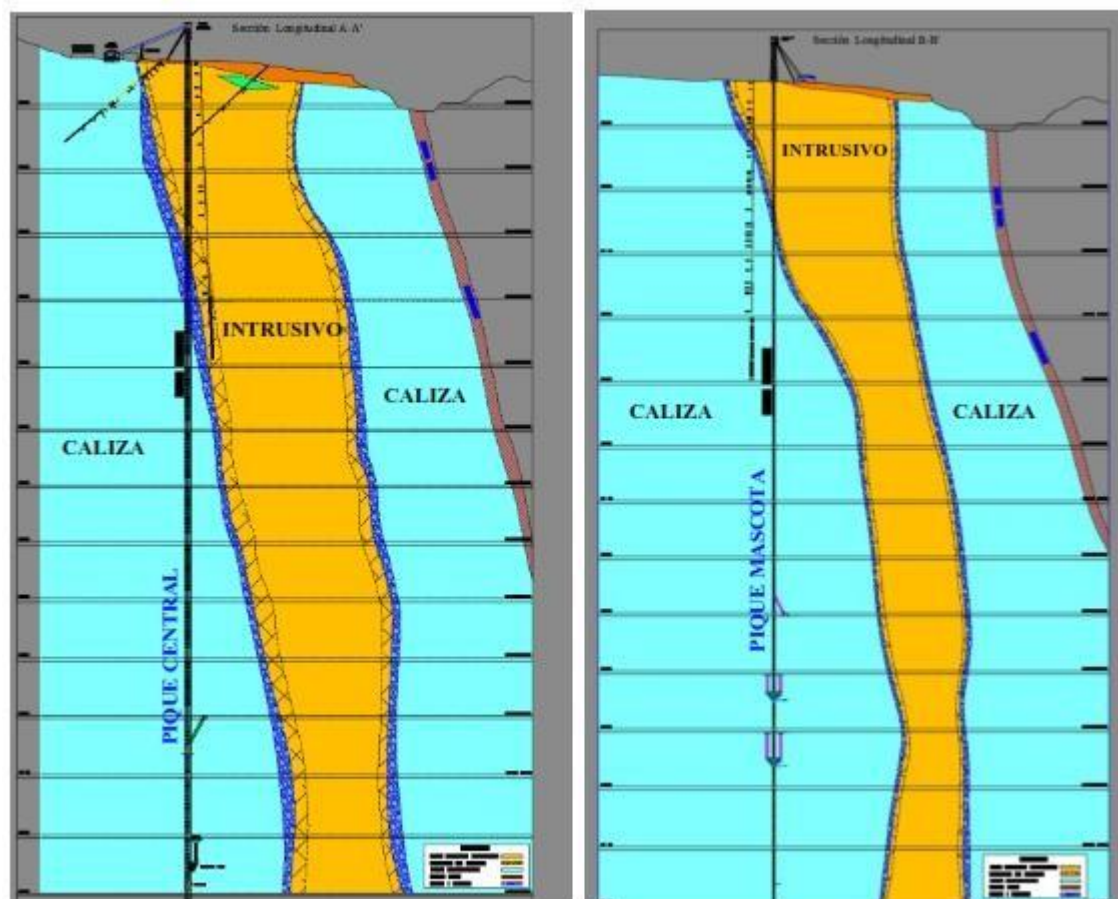
Capítulo IV

Recolección de datos y procedimiento experimental

4.1. Generalidades

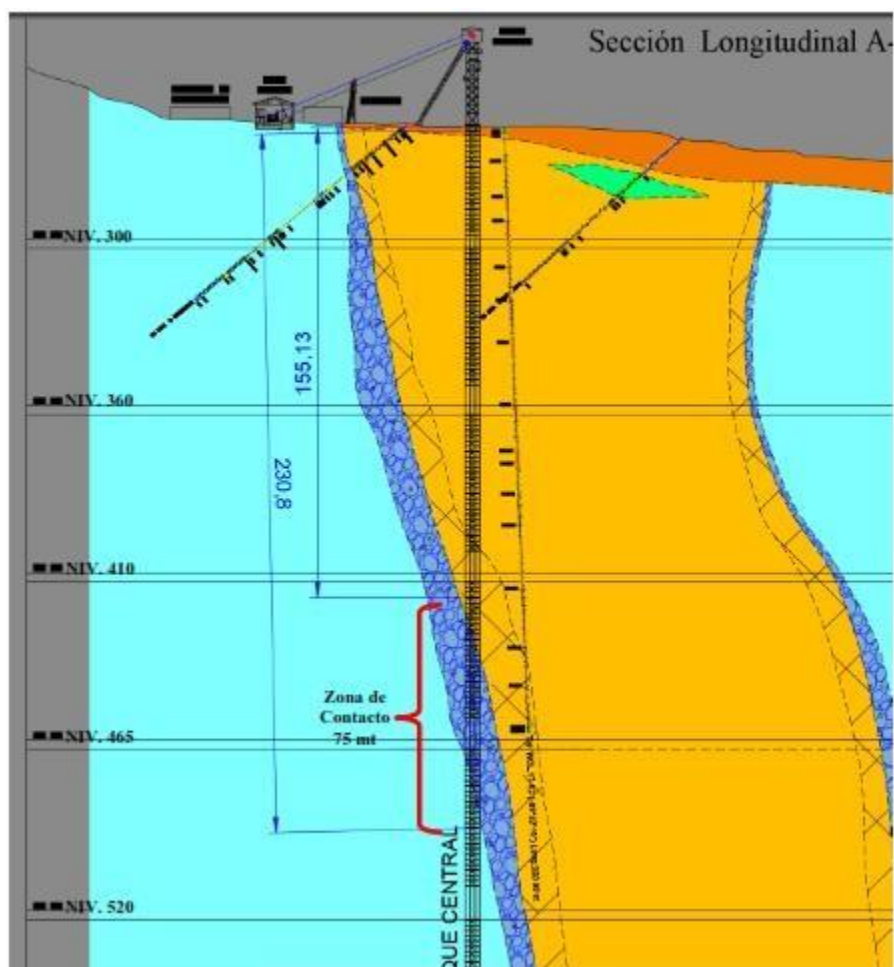
Sociedad Minera Corona S.A. (SMCSA), tiene dos piques Central y Mascota de los cuales el Central es la que se usa para el traslado de personal a los diferentes niveles de la mina. Mascota está clausurada temporalmente hasta el nivel 720.

Figura 20. Vista longitudinal de los piques Central y Mascota que atraviesan a lo largo del Intrusivo y Caliza.



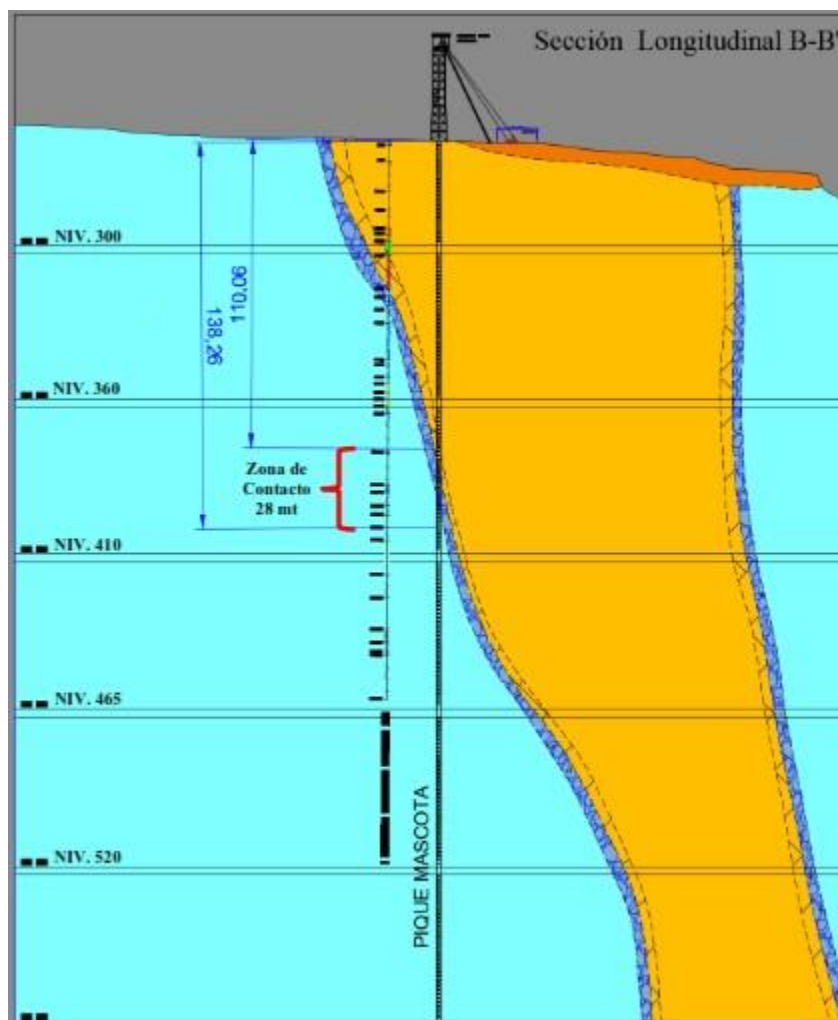
El Pique Central y Mascota se encuentra dentro del dominio litológico de Caliza, sin embargo, atraviesan ambos una zona de brecha (Contacto de caliza e intrusivo). El pique central atraviesa el contacto entre la profundidad de 155m a 230m (Niv. 415 – Niv. 495), mientras el pique mascota atraviesa el contacto entre la profundidad de 110m a 138m (Niv. 377 – Niv. 400).

Figura 21. Vista longitudinal del pique Central donde atraviesa el contacto (Brecha).



De acuerdo al historial del pique central, se hizo trabajos de reparación y mantenimiento del mismo el año 2010 (Información de personal de pique) consistiendo en reemplazo de cuadros y reforzamiento con anillos de concreto en las zonas de contacto (brecha), trabajos que demandó aproximadamente 7 meses de rehabilitación desde el nivel cero (superficie) hasta el nivel 465. Por consiguiente, a la fecha podemos confirmar que el pique central tuvo una vida remanente de 9 años más hasta la fecha (agosto 2022).

Figura 22. Vista longitudinal del pique mascota donde atraviesa el contacto (Brecha).



4.2. Inspección del pique central – condición actual

El día 22 de agosto 2019 se realizó una inspección multidisciplinario al pique central con la finalidad de evaluar la condición actual a los tramos comprendidos Niv. Cero al Nivel 575, sectores con problemas de inestabilidad acorde a los reportes geomecánicos y controles geotécnicos (monitoreo de subsidencia y deformaciones con el inclinómetro).

4.2.1. Nivel cero – superficie

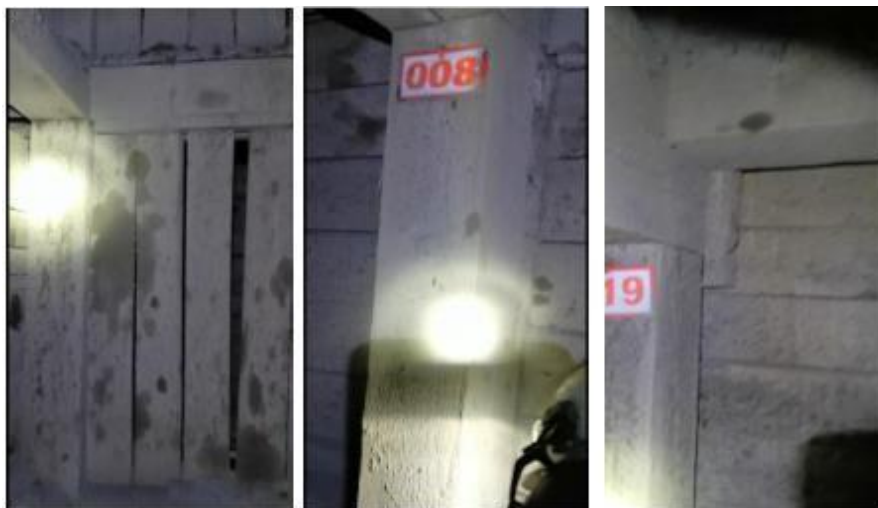
Figura 23. Se observa desviación de los cables en los dos compartimientos, pese que la jaula se encuentra en nivel cero.



4.2.2. De Nivel cero – Nivel 300

Del Nivel cero (superficie) hasta el Nivel 300, los cuadros de los compartimientos se encuentran en condiciones aceptables. A simple vista no se observa deformaciones ni presiones, sin embargo, la jaula se pone a vibrar desde el cuadro 19 hasta el 20. Existe postes rajados por deterioro del mismo que necesita cambio.

Figura 24. No se observa deformación, pero si existe postes con rajaduras por deterioro natural.



4.2.3. De Nivel 300 a Nivel 360

Del Nivel 300 al nivel 360, los cuadros de los compartimientos se encuentran en condiciones aceptables. A simple vista no se observa deformaciones ni presiones, sin embargo, la jaula se pone a vibrar en los cuadros 033 a 035. Así mismo existe postes rajados por deterioro del mismo que necesita cambiar.

Figura 25. No se observa deformación tampoco deterioro de los cuadros del pique.



Figura 26. No se observa deformación salvo rajaduras en los postes de los cuadros del pique.



La vibración de la jaula aumente fuertemente desde el cuadro 050 hasta el 054 (nivel 360), la abertura del compartimiento 02 mide 53 pulgadas debe ser 54 pulgadas.

4.2.4. De Nivel 360 a Nivel 410

Del Nivel 360 al nivel 410, los cuadros de los compartimientos se encuentran en condiciones aceptables. A simple vista no se observa deformaciones ni presiones, sin embargo, existe postes rajados por deterioro del mismo que necesita cambiar.

Figura 27. No se observa deformación salvo rajaduras en los postes de los cuadros del pique.



4.2.5. De Nivel 410 a Nivel 465

Del Nivel 410 al nivel 465, los cuadros de los compartimientos se encuentran con altas deformaciones y anillos de concreto reventados originando presiones a los cuadros de madera.

Figura 28. Del cuadro 088, 089 y 090 se observa deformación alta, cuadros que choca con la jaula.



Figura 29. Detrás de los bloques de concreto la Brecha se ha abierto presionando a los cuadros y bloques de concreto.



Figura 30. Brecha abierta presionando a los cuadros (cuadros 097 y 098).



Figura 31. Cuadros deteriorados por el tiempo y uso (hasta Cdros 118).



4.2.6. De Nivel 465 a Nivel 520

Del Nivel 465 al nivel 520, todos los cuadros de los compartimientos se encuentran deterioradas por el uso, necesita mantenimiento constante y periódico para que la madera dure. Así mismo, Empezando el nivel 465 la jaula vibra fuerte debido a que las guías están cerradas.

Figura 32. Cuadros deteriorados por el tiempo y uso desde el Nivel 465 al 520.



Figura 33. En el nivel 520 Se verificó la ubicación de los cables cuando la jaula está en el nivel cero y el skip en nivel en 970.



4.3. Caracterización geomecánica del entorno al pique

Con la finalidad de analizar la incidencia del relleno del tajo principal de superficie a las obras principales adyacentes como son los Piques (Central y Mascota), se realizó la caracterización geomecánica del macizo rocoso con el método RMR de Bieniawski1989 y la obtención de parámetros de resistencia de la roca a través del criterio de Hoek Brown, parámetros que se

incorpora al modelo geomecánico con la ayuda del Software de elementos finitos de Rocscience (PHASES), obteniendo así las deformaciones máximas (plastificación de las paredes de roca) del tajo con y sin relleno, consecuentemente se obtiene también la estabilidad física de los piques.

Figura 34. Celdas de Mapeo Geomecánico de los puntos de afloramiento de macizo rocoso (caliza e Intrusivo) en el Tajo principal de superficie y los piques Central – Mascota.



4.3.1. Celda de mapeo Geomecánico (01)

La celda de mapeo 01, presenta un afloramiento de roca caliza de calidad regular que atraviesa todo el eje principal del túnel de acceso a los piques central y mascota, pero con intercalaciones de roca intrusiva (contacto).

Figura 35. Celdas de Mapeo Geomecánico 01: Caliza de calidad regular.



4.3.2. Celda de mapeo Geomecánico (02)

La celda de mapeo 02, presenta un afloramiento de roca caliza en contacto con Intrusivo oxidado de calidad regular que atraviesa todo el eje principal del túnel de acceso a los piques central y mascota.

Figura 36. Celdas de Mapeo Geomecánico 02: Caliza con Intrusivo de calidad regular.



4.3.3. Celda de mapeo Geomecánico (03)

La celda de mapeo 03, presenta un afloramiento de roca caliza de calidad regular que atraviesa entre el medio de roca intrusiva y que es parte del tajo principal de superficie.

Figura 37. Celdas de Mapeo Geomecánico 03: Caliza de calidad regular.



4.3.4. Celda de mapeo Geomecánico (04)

La celda de mapeo 04, presenta un afloramiento de roca intrusiva alterada por estar en contacto con roca caliza – zona mineralizada, adyacente a la falla principal de Yauricocha.

Figura 38. Celdas de Mapeo Geomecánico 04: Intrusivo alterado, limos.



4.3.5. Celda de mapeo Geomecánico (05)

La celda de mapeo 05, presenta un afloramiento de limos oxidados, producto del intemperismo del intrusivo.

Figura 39. Celdas de Mapeo Geomecánico 05: Limos Oxidados (intrusivo intemperizado).



4.3.6. Celda de mapeo Geomecánico (06)

La celda de mapeo 06, presenta un afloramiento de roca intrusiva alterada por estar en contacto con roca caliza – zona mineralizada, adyacente a la falla principal de Yauricocha.

Figura 40. Celdas de Mapeo Geomecánico 06: Intrusivo alterado con óxidos de limo.



4.3.7. Celda de mapeo Geomecánico (07)

La celda de mapeo 07, presenta un afloramiento de roca intrusiva fracturada con rellenos de material argilizado (roca triturada).

Figura 41. Celdas de Mapeo Geomecánico 07: Intrusivo fracturado con relleno de material argilizado.



4.3.8. Aspectos estructurales

Las características estructurales de las discontinuidades se establecieron después de la inspección visual. Según esto, las siguientes son las principales características estructurales de las discontinuidades tanto mayores como menores:

- **Fallas**

Las fallas tienen espaciamientos por lo general de más de 20 m y persistencia de decenas a centenas de metros. Estas fallas se ubican generalmente paralelas a la falla Yauricocha (Imagen N° 008 – Cap III). Las fallas presentan relleno de materiales de arcilla, panizo, materiales brechosos y oxidados, los espesores varían de 10 a 50 cm. Las aperturas son menores a 5 mm; las superficies de las caras son lisas con espejos de fallas. Estas fallas constituyen conductos para el transporte del agua subterránea.

- **Estratos**

Sus características estructurales son: espaciamiento entre 6 a 20 y 20 a 60 cm, la persistencia es mayor a 10 m, apertura menor a 1 mm salvo en algunos lugares debido al movimiento del terreno pueden ser hasta 5 mm, con paredes ligeramente rugosas, el relleno es suave con presencia de arcilla, calcita y óxidos con espesores de hasta 2 mm, las paredes de los estratos están moderadas a ligeramente alteradas, con presencia de humedad mayormente.

- **Diaclasas**

Sus características estructurales son: espaciamiento por lo general está entre 6 a 20 cm y de 20 a 60 cm, persistencia de 3 a 10 m, apertura variable menor a 1 mm, con paredes ligeramente rugosas, el relleno es suave con presencia de arcilla, calcita y óxidos, las paredes de las discontinuidades están moderadamente a ligeramente alteradas a sanas, con presencia de humedad y encontrándose en algunos casos superficies mojadas y goteo esporádico.

4.3.9. Clasificación geomecánica del macizo rocoso

La clasificación geomecánica de la masa rocosa se realizó utilizando el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa). Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta fueron obtenidos de los informes existentes en la unidad (SRK del 27 octubre 2015, PUC 22 de marzo 2012) puesto que actualmente se mantiene la misma litología y dominio de la roca intacta.

Un resumen de los mismos se presenta en el Cuadro N° 001, en donde se dan los rangos de valores de calidad de la masa rocosa (expresado en RMR) por tipos de rocas presentes en el área de estudio y la valoración de la calidad de France Chert, se recopila de estudios anteriores realizados por DCR Ingenieros abril 2012 ya que esas labores cercanas a superficie ya no son accesibles.

Tabla 6. Resumen de la calidad de la masa rocosa en RMR presente en el área de estudio.

LITOLOGIA	RANGO "RMR"	CALIDAD DE LA MASA ROCOSA
Caliza	40 - 55	IIIB - IIIA
Mineral	< 20	IV B
Intrusivo	45 - 55	IIIB - IIIA
Intrusivo Contacto	20 - 30	IVB - IVA
France chert	39	IVA

4.3.10. Zonificación geomecánica del macizo rocoso

Para los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, es necesario que la masa rocosa esté dividida en áreas de características estructurales y mecánicas similares. Por ello, se delimitó el área de estudio en zonas geomecánicas o dominios estructurales.

Tabla 7. Resumen del dominio estructural para el área de estudio.

Litología	RMR promedio	Dominio estructural
Caliza	48	DE-IIIB
Caliza	45	DE-IIIB
Caliza	35	DE-IVA
Intrusivo	45	DE-IIIB
Intrusivo	35	DE-IVA
Intrusivo	25	DE-IVB
France chert	35	DE-IVA
France chert	25	DE-IVB
Mineral	20	DE-V

- Los principales cuerpos mineralizados como Mascota, Catas, Antacaca, Rosaura y Antacaca Sur, en los cuales se aplican el método de minado SLC, tienen calidad Muy Mala, conforman el dominio estructural DE-V.
- La caliza de las cajas en el contacto con el mineral tiene calidad Mala A (DEIVA), esta calidad mejora a medida que se aleja del contacto conformando calidad Regular B (DE-IIIB) y hasta en ciertos casos Regular A (DE-IIIA).
- El intrusivo que se presenta dentro de la caliza generalmente es de calidad Mala A (DE-IVA), localmente aparecen rocas de calidad Regular B (DE-IIIB). En el contacto con la

caliza la calidad observada baja hasta Mala B (DE-IVB). Se estima que esta calidad también se da en el contacto con la falla Yauricocha.

- En el “france chert” la calidad de la masa rocosa está en el rango de Mala A (DE-IVA) y Mala B (DE-IVB).

En resumen, de manera generalizada se puede mencionar que, entre el contacto del intrusivo con la caliza, la calidad de ambas es menor y mejora a medida que se alejan del contacto.

Similarmente en el contacto de la caliza con el france chert, el comportamiento es el mismo, cabe indicar que la calidad del france chert es menor que el intrusivo y este es menor al de la caliza. La roca mineralizada es la peor roca en lo que a calidad se refiere.

4.3.11. *Propiedades físicas, constante elásticas y compresión triaxial de la roca*

Uno de los parámetros más importantes para evaluar el comportamiento mecánico de la masa rocosa es la resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta (σ_c) o denominada también UCS. Los valores de este y otras propiedades necesarias para el cálculo Geomecánico de estabilidad, fueron obtenidos de ensayos hechos en laboratorios como GEOMECH (Grupo Geomecánica Latina S.A) y Laboratorio de mecánica de rocas Pontificia Universidad de la Católica:

Tabla 8. Resumen de las propiedades físicas de la roca Intacta.

LITOLÓGIA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN/m ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	POROSIDAD APARENTE (%)
SKARN	6.26	3.01	2.71	2.73	26.77	0.83	2.30
		3.03	2.69	2.71	26.62	0.79	2.18
		3.02	3.14	3.15	30.91	0.48	1.54
Promedio			2.85	2.87	28.10	0.70	2.01
CALIZA RECRISTALIZADA	4.72	2.38	2.68	2.69	26.37	0.27	0.75
		2.32	2.69	2.69	26.38	0.18	0.53
		2.37	2.68	2.68	26.30	0.18	0.52
Promedio			2.68	2.69	26.35	0.21	0.60
INTRUSIVO DIORÍTICO	4.73	2.45	2.62	2.64	25.85	0.79	2.12
		2.27	2.62	2.64	25.84	0.48	1.29
		2.34	2.64	2.66	26.04	0.55	1.49
Promedio			2.63	2.64	25.91	0.61	1.63

Tabla 9. Resumen de las propiedades elásticas de la roca Intacta.

LITOLOGÍA	DIÁMETRO "d" (mm)	ALTURA "h" (mm)	CARGA (kN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL – UCS(d) (MPa)	MÓDULO DE YOUNG "E" (GPa) (*) (Transductores)	MÓDULO DE YOUNG "E" (GPa) (**) (Strain Gauges)	RELACIÓN DE POISSON "ν" (Strain Gauges)
SKARN	62.7	125.0	267.61	86.67	21.86	23.33	0.18
CALIZA RECRISTALIZADA	47.2	93.8	92.05	52.61	18.44	18.25	0.27
INTRUSIVO DIORÍTICO	47.3	94.0	206.66	117.61	25.67	23.93	0.20

Tabla 10. Resumen de las propiedades elásticas de la roca Intacta.

Muestra	Probeta	Litología	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resist. a la Compresión Uniaxial (MPa)	Módulo de Young "E" (GPa)	Relación de Poisson "ν"
M-1	1	Intrusivo	4.41	8.81	149.8	19.62	0.21
M-1	2	Intrusivo	4.41	8.88	174.7	23.24	0.21
M-1	3	Intrusivo	4.41	8.85	190.2	22.06	0.20
M-1	4	Intrusivo	4.41	8.89	192.5	24.12	0.19
M-1	5	Intrusivo	4.42	8.89	150.3	19.71	0.22
M-2	1	Caliza marmolizada	4.43	8.90	52.6	15.05	0.25
M-2	2	Caliza marmolizada	4.43	8.88	55.4	15.02	0.24
M-2	3	Caliza marmolizada	4.43	6.82	49.8	11.54	0.27
M-3	1	Caliza grano fino	4.41	8.84	51.9	12.85	0.24
M-3	2	Caliza grano fino	4.40	8.80	54.6	17.35	0.25
M-3	3	Caliza grano fino	4.41	8.85	55.3	17.37	0.25
M-3	4	Caliza grano fino	4.41	8.85	58.2	18.29	0.24
M-3	5	Caliza grano fino	4.42	8.97	44.6	12.30	0.27
M-4	1	Caliza recristalizada	4.43	8.95	66.7	20.48	0.23
M-4	2	Caliza recristalizada	4.42	8.96	61.0	20.60	0.23
M-4	3	Caliza recristalizada	4.43	8.97	57.3	15.17	0.25
M-4	4	Caliza recristalizada	4.42	8.82	73.9	17.68	0.23
M-4	5	Caliza recristalizada	4.42	8.91	53.9	15.14	0.24
M-5	1	Caliza grano grueso	4.42	8.93	48.1	14.54	0.26
M-5	2	Caliza grano grueso	4.41	8.88	34.8	10.56	0.27
M-5	3	Caliza grano grueso	4.42	8.88	47.4	12.85	0.26
M-5	4	Caliza grano grueso	4.41	8.89	64.1	17.45	0.24
M-5	5	Caliza grano grueso	4.41	8.76	66.9	17.19	0.24
M-10	1	Brecha calcárea	4.45	9.02	21.5	5.80	0.32
M-10	2	Brecha calcárea	4.45	8.92	34.1	8.49	0.30

Tabla 11. Resumen de las propiedades de compresión triaxial de la roca Intacta.

Muestra	Litología	Diám. (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ_1 (MPa)	Resisten. Compres. Uniaxial (MPa)	Constante "m"	Cohesión (MPa)	Ang. de Fricción Interno (°)
M-1	Intrusivo	4.42	8.99	1.2	179.34	164.33	32.27	29.37	34.61
		4.42	9.25	2.5	190.77				
		4.43	9.20	5	243.12				
		4.43	8.96	8	293.60				
		4.44	9.00	16	349.48				
M-3	Caliza grano fino	4.41	8.94	1.2	47.48	43.92	11.95	13.23	36.15
		4.41	9.02	2.5	63.16				
		4.41	9.02	5	66.04				
		4.44	8.89	8	93.73				
		4.44	8.87	16	127.02				
M-4	Caliza recristalizada	4.41	8.86	2.5	76.77	45.67	13.94	13.12	38.51
		4.41	8.97	5	81.15				
		4.41	8.93	8	88.85				
		4.41	8.97	16	127.41				
		4.41	7.68	25	158.05				
M-5	Caliza grano grueso	4.44	8.94	1.2	54.10	41.22	12.21	11.75	37.19
		4.44	9.00	2.5	58.16				
		4.44	8.98	5	61.38				
		4.44	8.92	8	81.81				
		4.44	8.96	16	115.61				
M-6	Mármol	4.45	8.84	1.2	52.49	46.07	19.16	12.68	42.32
		4.45	8.91	2.5	72.54				
		4.45	8.92	5	93.71				
		4.45	9.00	8	100.12				
		4.45	8.98	16	135.17				
		4.45	8.66	25	185.56				

Capítulo V

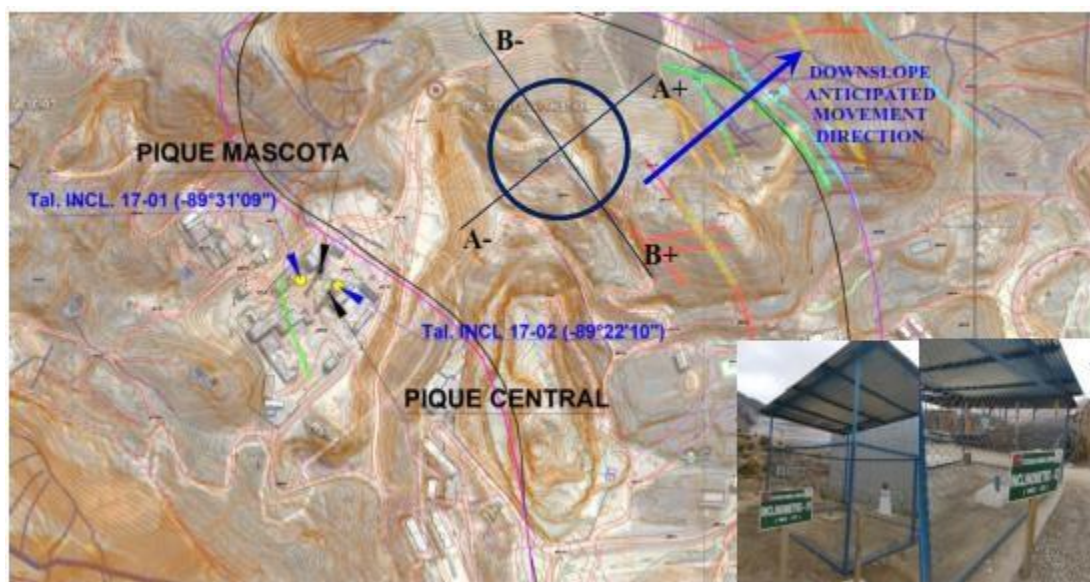
Análisis de datos

5.1. Control de deflexión del pique con los inclinómetros 01 y 02

Con el objeto principal de comprobar que el comportamiento del terreno adyacente a las excavaciones verticales (pique central y mascota) está en concordancia con los estudios de estabilidad realizados en la fase de diseño, se instaló entre diciembre 2017 y enero 2018 dos inclinómetros de 200 mt cada uno, las cuales se viene monitoreando de manera periódica para detectar de forma que se puedan tomar cuando sea necesario, las medidas oportunas para garantizar su seguridad.

La instrumentación mediante inclinometría permite localizar y medir los desplazamientos laterales y deformaciones del terreno. La metodología para la medida de los inclinómetros es la recomendada por la norma ASTM D6230-13 (2013): “Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe-Type Inclinerometers”, para la instrumentación del terreno mediante inclinómetros.

Figura 42. Ubicación de los inclinómetros 01 y 02 de 200mt cada uno.



5.1.1. Valor del error total para los inclinómetros en Pique Central y Mascota

En el artículo “*Advances in Inclinometer Data Analysis*” (Symposium on Field Measurements in Geomechanics, FMGM 2003, Oslo, Norway, September), el consultor Mikkelsen resume los resultados de un trabajo de campo realizado a mediados de los años 70 en el que se estudió la precisión de las medidas inclinométricas y donde se obtuvo de manera empírica un valor del error total de ± 7.8 mm para un inclinómetro de 30 m de profundidad.

Este error se puede considerar como un valor conservativo y es la suma del error aleatorio y el error sistemático.

El error aleatorio, que típicamente no supera los ± 0.16 mm para una lectura individual, se acumula en una ratio igual a la raíz cuadrada del número de medidas (el intervalo de las medidas es 0.5 m). El sistemático, en cambio, se acumula aritméticamente.

Error total = Error aleatorio + Error sistemático

$$\text{Error total} = (0.16 \times \sqrt{n}) + (0.11 \times n)$$

Donde:

“n” es el número de medidas en el inclinómetro total.

Intervalo de las medidas son cada 0.50m.

El Valor de 0.11, se corrige de acuerdo a la precisión del equipo a usarse, en este caso es ± 3 mm / 30m (Geokon, fabricación USA).

$$\text{Error total} = (0.16 \times \sqrt{n}) + (Z \times n) = \pm 3\text{mm}$$

$$\text{“n”} = 30/0.5 = 60,$$

Reemplazando el “n” se tiene:

$$3 = (0.16 \times \sqrt{60}) + (Z \times 60)$$

$$Z = 0.0293$$

Para el Pique Central y Mascota que tiene inclinómetro de 200 m y el equipo Geokon inc, se usará el algoritmo corregido para medir el error de desviación total:

$$\text{Error total} = (0.16 \times \sqrt{n}) + (0.0293 \times n)$$

$$n = 200/0.5 = 400 \text{ medidas que se ejecuta.}$$

Por lo tanto,

$$\text{Error Total} = (0.16 \times \sqrt{400}) + (0.0293 \times 400) = +/- 14.92 \text{ mm}$$

5.1.2. Reportes de deflexión con los inclinómetros 01 y 02.

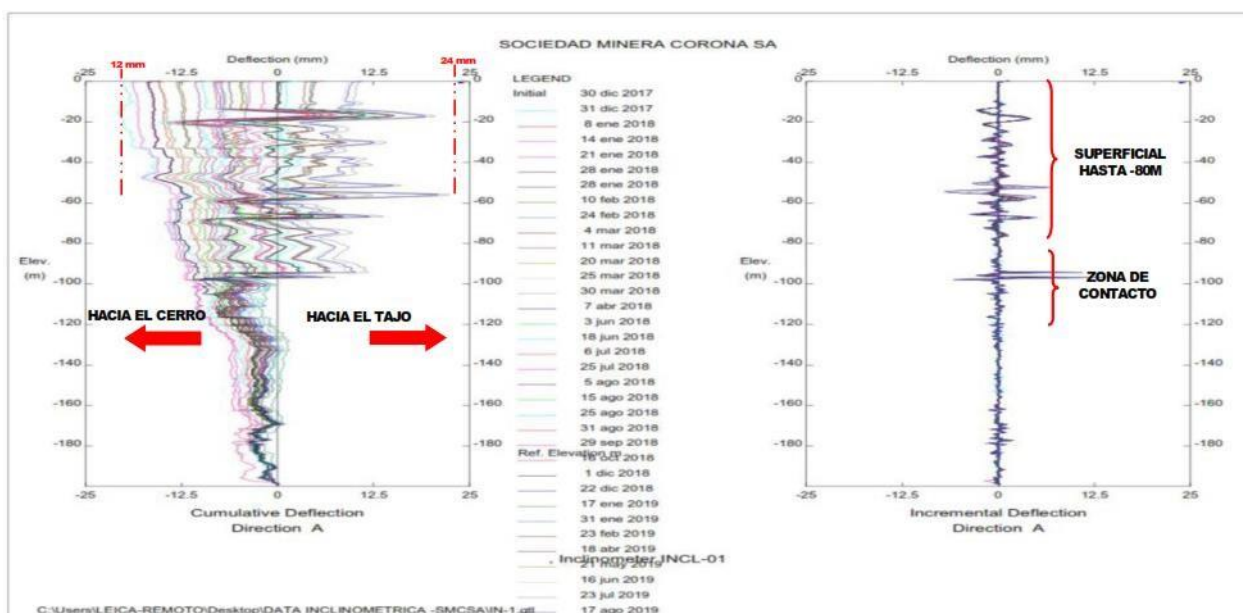
a. El inclinómetro 01

Mide las deformaciones y/o deflexiones del pique mascota desde diciembre 2017 hasta 17 de agosto 2019, las cuales han registrado un desplazamiento acumulado de 67mm en la dirección B-, descontando el error de desviación que es 14.92mm sería equivalente a 52.08mm (5.2 cm en 599 días = 0.087 mm/día).

Tabla 12. Resumen de las deflexiones del inclinómetro 01 (pique mascota).

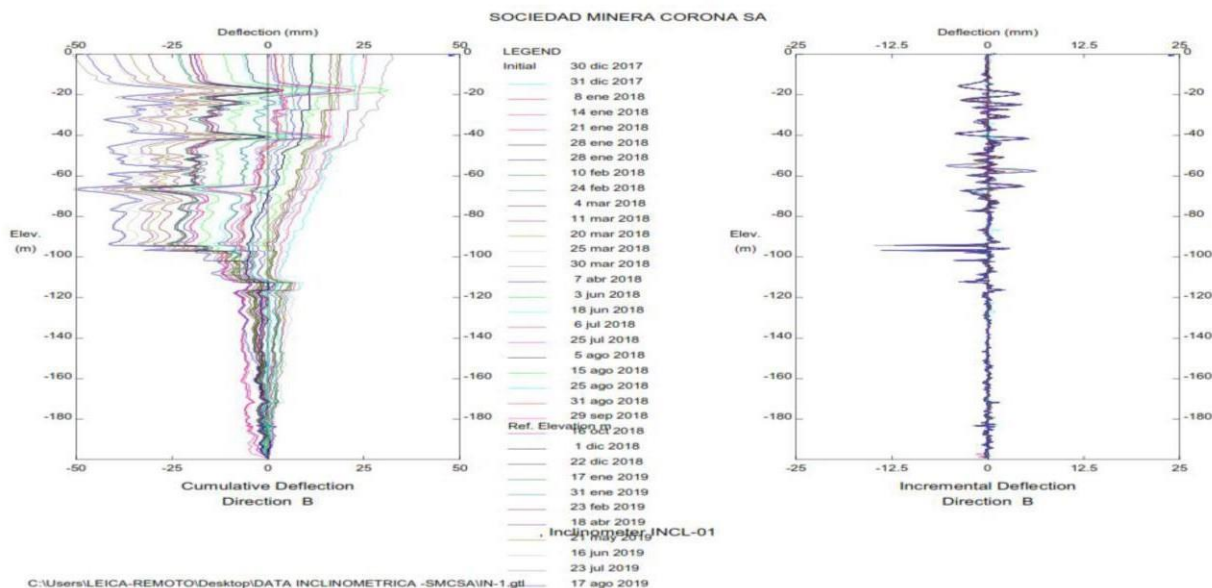
ANÁLISIS DEL INCLINÓMETRO 1 - JULIO 2019									
Fecha de monitoreo	Parámetros	Con dirección hacia el SE		Con dirección hacia el NW		Con dirección hacia el SW		Con dirección al flanco NE	
		A+		A-		B+		B-	
		Profundidad	Lectura	Profundidad	Lectura	Profundidad	Lectura	Profundidad	Lectura
31/12/2017	Inicio de monitoreo		0.0000 mm		0.0000 mm		0.0000 mm		0.0000 mm
3/05/2018	Fecha que presentó deformación		24.7574 mm		6.8378 mm		8.6545 mm		19.3714 mm
	Deformación con respecto al eje inicial de monitoreo								
	Deformación relativa*	16.44 m	1.577 mm	20.00 m	-1.4645 mm	17.44 m	-7.8880 mm	66.02 m	4.9599 mm
	N° de días		37.0 días		37.0 días		37.0 días		37.0 días
21/05/2019	Fecha del monitoreo del mes anterior		0.0426 mm/día		-0.0396 mm/día		-0.2132 mm/día		0.1341 mm/día
	Velocidad relativa								
16/06/2019	Fecha último monitoreo		41.3610 mm		12.0574 mm		23.7401 mm		66.6049 mm
	Deformación acumulada								
	N° de días acumulados		569.0 días		569.0 días		569.0 días		569.0 días
	Velocidad acumulada		0.0727 mm/día		0.0212 mm/día		0.0417 mm/día		0.1171 mm/día

Figura 43. Deflexión del inclinómetro 01 en eje A.



La deflexión total del pique mascota hacia el Tajo (cono de subsidencia) es de 24.7574mm, descontando los 14.92mm de desviación estándar sería 9.84mm de deflexión real en 599 días (0.016mm/día), deflexión media a baja.

Figura 44. Deflexión del inclinómetro 01 en eje B.



La deflexión total del pique mascota hacia el flanco (paralelo al cono de subsidencia) es de 67 mm, descontando los 14.92mm de desviación estándar sería 52.08mm de deflexión real en 599 días (0.087 mm/día), deflexión media.

Como deflexión resultante se considerará el de mayor deformación que es en la dirección B- (hacia el flanco, paralelo al cono de subsidencia) con una velocidad ponderada de 0.087mm/día.

Se tiene datos por experiencia que los cuadros de madera tienen una deformación admisible de entre 5 – 10 cm, sin embargo, la deformación para los piques no debe ser mayor a 1" (2.5cm = 25mm) por la luz que debe existir entre la madera y el lado de la jaula y/o skip. Lo que con lleva si en caso de repararse todos los cuadros del pique mascota hasta el nivel 520 se podría lograr una vida útil de 9.5 meses (25mm/0.087mm-día/30días-mes), siempre y cuando se reubique la casa de winche hacia el cerro. Si a esto, se adicionaría bloques de concreto estructural (bearing sets) cada 8.5mt en los primeros -50m ó en su defecto cables bolting de 10mt pretensado a 5 toneladas, luego

cada tres cuadros hasta el Nivel 420, se podría admitir una deformación aparente (sacrificio) de 10cm = 100mm equivalente a 3.1 años de vida útil (100mm/0.087mm-día/365días-año).

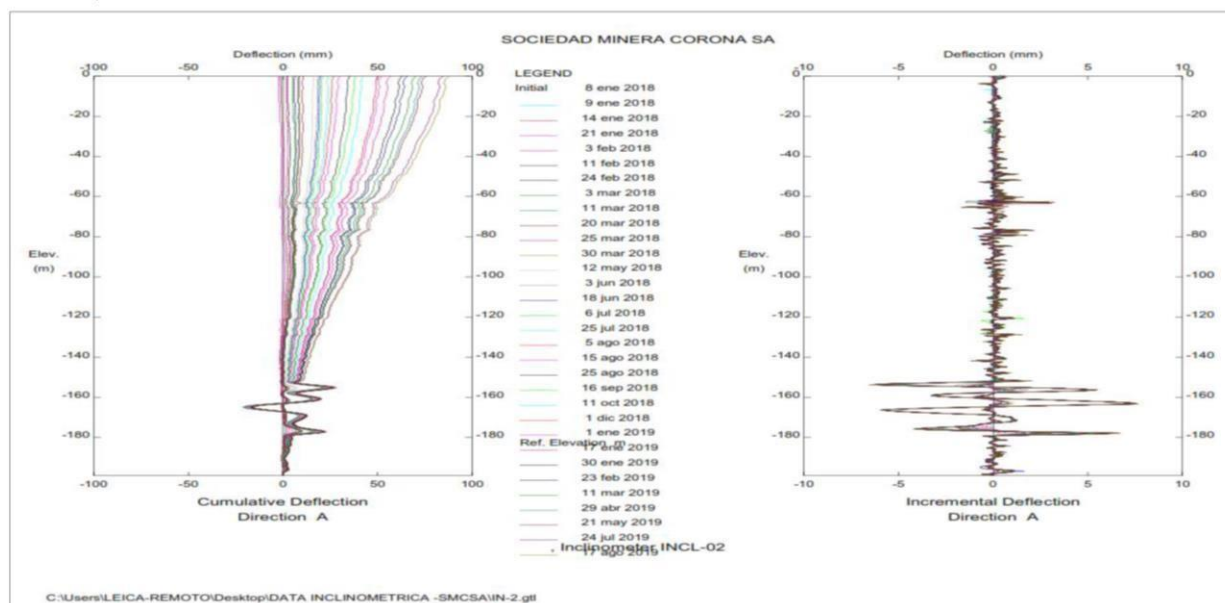
b. El inclinómetro 02

Mide las deformaciones y/o deflexiones del pique central desde enero 2018 hasta 17 de agosto 2019, las cuales han registrado un desplazamiento acumulado de 29 mm en la dirección A+ (hacia el tajo - cono de subsidencia), descontando el error de desviación que es 14.92mm sería equivalente a 14.08mm (1.41 cm en 599 días = 0.0235 mm/día).

Tabla 13. Resumen de las deflexiones del inclinómetro 02 (pique central).

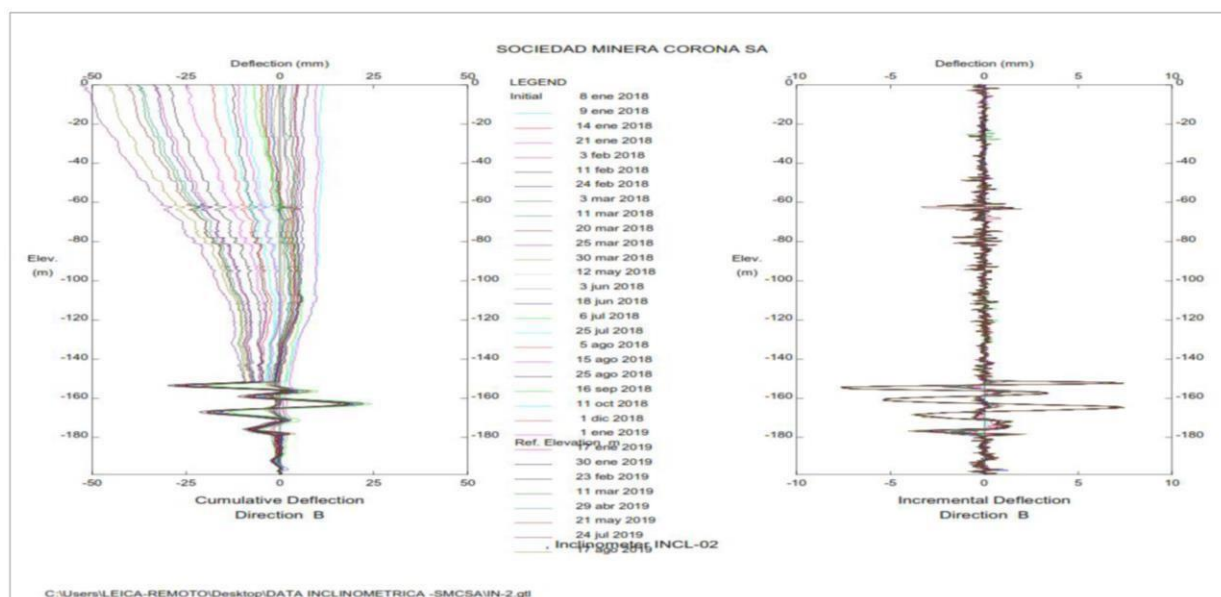
ANÁLISIS DEL INCLINÓMETRO 2 - JULIO 2019									
Fecha de monitoreo	Parámetros	Con dirección hacia el SW		Con dirección hacia el NE		Con dirección hacia el NW		Con dirección hacia el SE	
		A+		A-		B+		B-	
		Profundidad	Lectura	Profundidad	Lectura	Profundidad	Lectura	Profundidad	Lectura
9/01/2018	Inicio de monitoreo	154.88 m	0.0000 mm	164.93 m	0.0000 mm	163.08 m	0.0000 mm	166.96 m	0.0000 mm
18/06/2018			Deformación con respecto al eje inicial de monitoreo		21.7211 mm		21.2272 mm		23.4289 mm
Fecha que presentó deformación	Deformación relativa*				0.9079 mm		-0.9056 mm		-1.8136 mm
Fecha del monitoreo del mes anterior	N° de días		64.0 días		64.0 días		64.0 días		64.0 días
29/04/2019	Velocidad relativa		0.0142 mm/día		0.0142 mm/día		-0.0283 mm/día		0.0283 mm/día
Fecha último monitoreo	Deformación acumulada		28.4582 mm		15.300 mm		15.0386 mm		22.5406 mm
21/05/2019	N° de días acumulados		561.0 días		561.0 días		561.0 días		461.0 días
	Velocidad acumulada		0.0507 mm/día		0.0273 mm/día		0.0268 mm/día		0.0402 mm/día

Figura 45. Deflexión del inclinómetro 02 en eje A.



La deflexión total del pique central hacia el Tajo (cono de subsidencia) es de 87 mm en la parte superficial y 29 mm en la zona de contacto (brecha), descontando los 14.92mm de desviación estándar serían 72.08mm y 14.08mm respectivamente de deflexión real en 599 días (0.12mm/día y 0.0235mm/día), deflexión media a alta.

Figura 46. Deflexión del inclinómetro 02 en eje B.



La deflexión total del pique central hacia el flanco (paralelo al cono de subsidencia) es de 48mm en la parte superficial y 28mm en la zona de contacto (brecha), descontando los 14.92mm de desviación estándar serían 33.08mm y 13.08mm respectivamente de deflexión real en 599 días (0.055 mm/día y 0.022mm/día), deflexión media.

Como deflexión resultante se considerará el de mayor deformación que es en la dirección A+ (hacia el tajo – cono de subsidencia) con una velocidad ponderada de 0.12mm/día. Haciendo el mismo cálculo realizado para el inclinómetro 01 (pique mascota), al repararse todos los cuadros del pique central hasta el nivel 520 mascota se podría lograr una vida útil de 6.9 meses (25mm/0.12mm-día/30días-mes), si adicionamos los bloques de concreto estructural (bearing sets) cada 8.5mt hasta el Nivel 410 o en su defecto cables bolting de 10mt con 5 toneladas pretensado, luego colocar como intermedio entre los cuadros bloques de concreto (bearing sets) hasta el nivel 465 (área de contacto – brecha), finalmente bloques de concreto cada 8.45mt o cable bolting de 10mt pretensado a 5 toneladas hasta el nivel 520. Con ello se podría admitir una deformación aparente (sacrificio) de 12cm = 120mm equivalente a 2.7 años de vida útil (120mm/0.12mm-día/365días-año).

5.2. Control de deformación del pique con robot leica tm50 - monitoreo de subsidencia superficial

Similarmente a los inclinómetros y el objetivo de comprobar el comportamiento de la deformación del terreno superficial adyacente a las excavaciones verticales (pique central y mascota) se recopila la información registrada por el robot leica TM50 que monitorea desde una base cada medio segundo. Del total de 36 hitos en toda la superficie se escoge solo 06 hitos que están adyacentes a los dos piques central y mascota (EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8).

Tabla 14. Resumen de los Hitos monitoreados con leica TM50 adyacentes a los piques.

Tipo	Cantidad	Código/estación	Ubicación
Inclinómetro	2	INCL-01	Pique Mascota
		INCL-02	Pique Central
Hitos topográficos	9	EM1	Casa Winche - Pique Mascota
		EM2	
		EM3	
		EM4	
		EM7	Pique Mascota
		EM8	Pique Mascota
		EMR7	Pique Central
		EMR10	Pique Mascota
		EMR11	Pique Central

Fuente: Departamento de geomecánica de SMCSA

5.2.1. Desplazamiento acumulado de 03 setiembre 2017 a 26 enero 2018.

Los desplazamientos totales acumulados medidos entre el 03 de setiembre y 26 de enero del 2018 (145 días) están comprendidos entre 1.45 a 2.90 cm, con vectores de desplazamiento en dirección hacia el “NE” (tajo – cono de subsidencia).

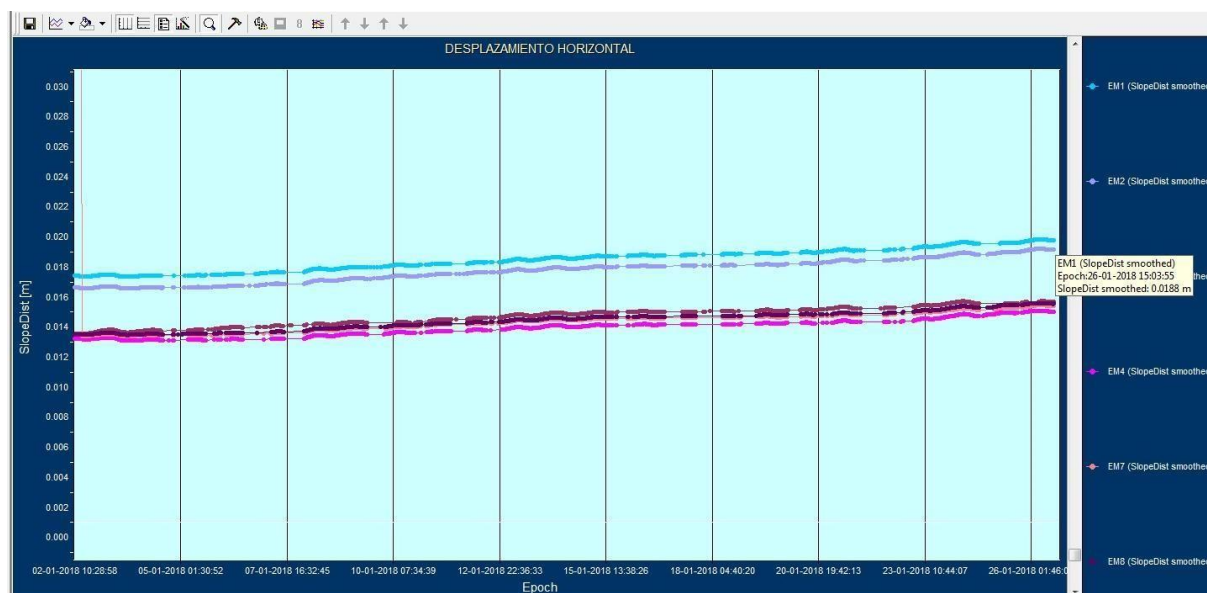
La velocidad de desplazamiento total acumulado promedio para estos puntos de control es de 5.70 cm/año (0.016cm/día = 0.16mm/día), ver Tabla 10:

Tabla 15. Resultado de las deformaciones desde 03 setiembre 2017 hasta el 26 enero 2018.

Punto	Fecha Inicial de Medicion	MOVIMIENTO RELATIVO								MOVIMIENTO ACUMULADO					Tendencia del despl.	
		Fecha Anterior de Medicion	Ultima Fecha de Medicion	N° dias de Medicion	Despl. Horiz. (cm)	Despl. Vert. (cm)	Vel. de despl. (cm/día)	Azimut (°)	Orientación	N° dias de Medicion	Despl. Horiz. (cm)	Despl. Vert. (cm)	Vel. de despl. (cm/día)	Azimut (°)		Orientación
EM1	03/sep/2017	01/ene/2018	26/ene/2018	25.00	1.96	-0.77	0.08	121	SE	145.00	1.88	-1.65	0.02	62	NE	Constante
EM2	03/sep/2017	01/ene/2018	26/ene/2018	25.00	0.21	0.21	0.01	59	NE	145.00	1.82	-1.83	0.02	64	NE	Constante
EM3	03/sep/2017	01/ene/2018	26/ene/2018	25.00	0.29	-0.21	0.01	90	E	145.00	1.47	-1.69	0.02	67	NE	Constante
EM4	03/sep/2017	01/ene/2018	26/ene/2018	25.00	0.88	-0.09	0.04	113	SE	145.00	1.40	-1.70	0.02	65	NE	Constante
EM7	03/sep/2017	01/ene/2018	26/ene/2018	25.00	1.07	0.50	0.05	100	SE	145.00	1.44	-1.54	0.01	35	NE	Constante
EM8	03/sep/2017	01/ene/2018	26/ene/2018	25.00	0.28	-0.11	0.01	116	SE	145.00	1.46	-1.31	0.01	62	NE	Constante
PROMEDIO					0.78 cm	-0.078 cm				100		1.58 cm	-1.62 cm			
					0.03 cm/día	-0.003 cm/día	0.03 cm/día					0.01 cm/día	-0.01 cm/día	0.016 cm/día	59	
					11.39 cm/año	-1.14 cm/año	12.46 cm/año					3.97 cm/año	-4.08 cm/año	5.70 cm/año		

Para las fechas del 26 de enero 2018, aún no se rellenaba el tajo en superficie con desmante de mina, siendo el botadero de esto la desmontera de shumpe.

Figura 47. Deformación horizontal acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 26 Ene 18.



5.2.2. Desplazamiento acumulado de 26 enero 2018 a 20 junio 2018.

Los desplazamientos horizontales acumulados medidos entre el 26 de enero del 2018 al 20 de junio 2018 (145 días) están comprendidos entre 2.465 a 3.19 cm, con vectores de desplazamiento en dirección hacia el “NE” (tajo – cono de subsidencia).

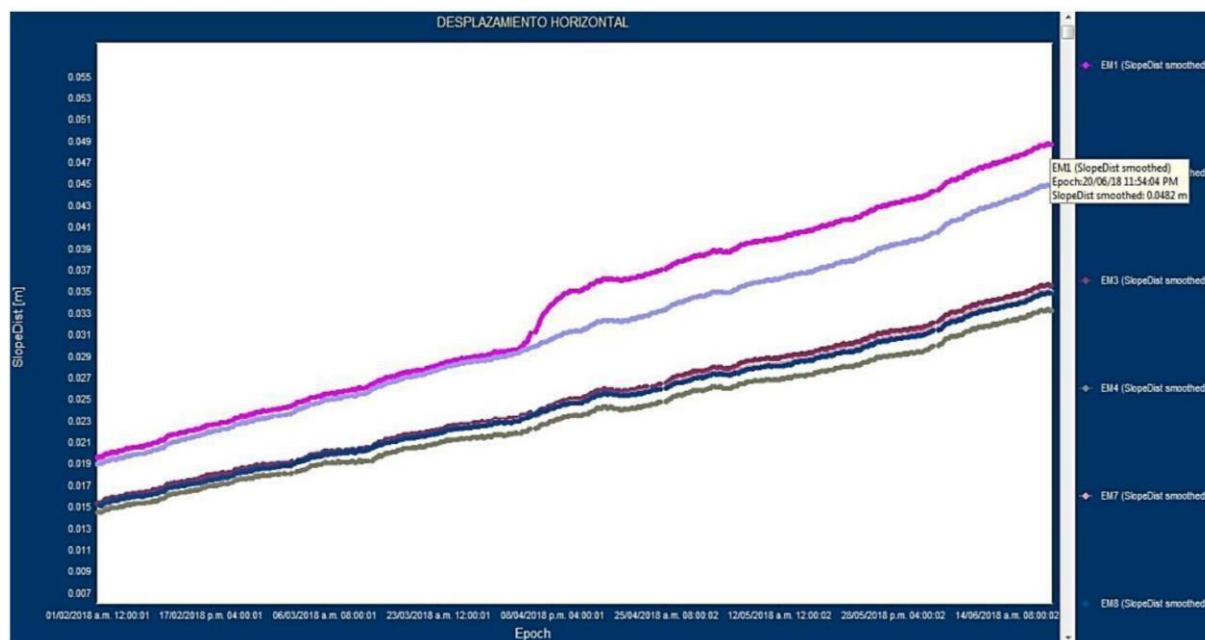
La velocidad de desplazamiento horizontal promedio para estos puntos de control es de 6.98 cm/año ($0.019\text{cm/día} = 0.19\text{mm/día}$), ver Tabla 11:

Tabla 16. Resultado de las deformaciones desde 26 enero 2018 hasta 20 junio 2018.

Punto	Fecha inicial de Medicion	MOVIMIENTO RELATIVO								MOVIMIENTO ACUMULADO					Tendencia del despl.	
		Fecha Anterior de Medicion	Ultima Fecha de Medicion	N° dias de Medicion	Despl. Horz. (cm)	Despl. Vert. (cm)	Vel. de despl. (cm/día)	Azimet (°)	Orientación	N° dias de Medicion	Despl. Horz. (cm)	Despl. Vert. (cm)	Vel. de despl. (cm/día)	Azimet (°)		Orientación
EM1	03/sep/2017	01/jun/2018	20/jun/2018	19.00	0.27	-0.45	0.030	51	NE	290.00	4.82	-4.35	0.022	68	NE	Constante
EM2	03/sep/2017	01/jun/2018	20/jun/2018	19.00	0.37	-0.40	0.030	69	NE	290.00	4.44	-4.20	0.021	44	NE	Constante
EM3	03/sep/2017	01/jun/2018	20/jun/2018	19.00	0.25	-0.40	0.020	75	NE	290.00	3.51	-4.10	0.019	42	NE	Constante
EM4	03/sep/2017	01/jun/2018	20/jun/2018	19.00	0.21	-0.45	0.030	76	NE	290.00	3.27	-4.12	0.018	60	NE	Constante
EM7	03/sep/2017	01/jun/2018	20/jun/2018	19.00	0.22	-0.39	0.020	68	NE	290.00	3.45	-3.83	0.018	42	NE	Constante
EM8	03/sep/2017	01/jun/2018	20/jun/2018	19.00	0.26	-0.42	0.030	78	NE	290.00	3.43	-3.43	0.017	71	NE	Constante
PROMEDIO					0.26 cm	-0.418 cm						3.82 cm	-4.01 cm			
					0.01 cm/día	0.022 cm/día	0.03 cm/día		69		290	0.01 cm/día	0.01 cm/día	0.019 cm/día	55	
					5.06 cm/año	8.04 cm/año	9.73 cm/año					4.81 cm/año	5.04 cm/año	6.98 cm/año		

Para las fechas del 20 de junio 2018, se rellenaba el tajo en superficie con desmante de mina de la parte superior únicamente como parte del plan de cierre.

Figura 48. Deformación horizontal acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 20 Jun 18.



5.2.3. Desplazamiento acumulado del 20 junio 2018 a 21 de setiembre 2018.

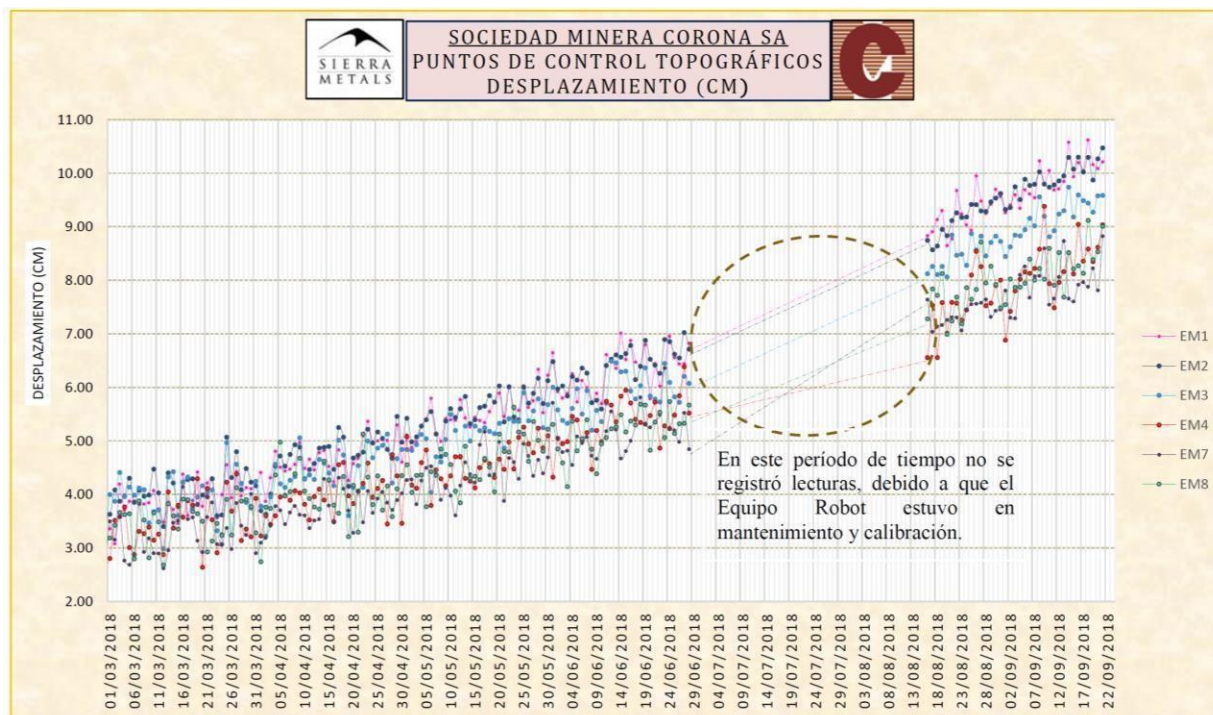
Los desplazamientos horizontales acumulados medidos entre el 20 de junio del 2018 al 21 de setiembre 2018 (92 días) están comprendidos entre 8.83 a 10.48 cm, con vectores de desplazamiento en dirección hacia el “NE” (tajo – cono de subsidencia). La velocidad de desplazamiento horizontal promedio para estos puntos de control es de 9.10 cm/año (0.025cm/día = 0.25mm/día), ver cuadro 011:

Tabla 17. Resultado de las deformaciones desde 20 junio 2018 hasta 21 setiembre 2018.

PUNTOS DE MONITOREO				ANÁLISIS DE MONITOREO												Nivel de alarma (cm/día)					
				RELATIVO						ACUMULADO											
CÓDIGO	Fecha inicial de medición	Fecha anterior de medición	Última fecha de medición	COORDENADAS			N° de días	Desplazamientos relativos (cm)			Velocidad instantánea (cm/día)	Aceleración (cm/día²)	N° de días acumulados	Desplazamientos Acumulados (cm)			Velocidad acumulada (cm/día)	Aceleración acumulada	Azimut (°)	Orientación	
				E	N	C		Dxy	Dz	Diferencia del espacio				Dxy	Dz	Dxyz					
EM1	04/09/2017 23:53	27/08/2018 23:57	21/09/2018 23:53	23693.788	15193.889	4643.973	24.997	0.210	0.000	0.210	0.18	-0.14	382.000	7.1	-7.3	10.22	0.03	0.0001	49°	NE	0.18
EM2	04/09/2017 23:53	27/08/2018 23:56	21/09/2018 23:53	23695.600	15177.980	4645.162	24.997	0.396	-0.080	0.404	0.16	0.09	382.000	8.1	-6.6	10.49	0.03	0.0001	53°	NE	0.16
EM3	04/09/2017 23:53	27/08/2018 23:57	21/09/2018 23:53	23676.369	15201.462	4644.349	24.997	0.081	-0.070	0.107	0.46	0.29	382.000	7.1	-6.4	9.59	0.03	0.0001	60°	NE	0.46
EM4	04/09/2017 23:53	27/08/2018 23:57	21/09/2018 23:53	23670.338	15189.093	4645.011	24.997	0.488	0.180	0.521	0.34	-0.37	382.000	6.4	-6.4	9.04	0.02	0.0001	61°	NE	0.34
EM7	04/09/2017 23:53	27/08/2018 23:57	21/09/2018 23:53	23695.998	15153.940	4645.591	24.998	1.908	-0.140	1.913	1.20	1.01	382.000	6.8	-5.6	8.83	0.02	0.0001	27°	NE	1.20
EM8	04/09/2017 23:53	27/08/2018 23:58	21/09/2018 23:53	23658.284	15157.309	4645.447	24.997	0.452	0.370	0.594	0.24	-0.56	382.000	5.2	-7.3	9.01	0.02	0.0001	56°	NE	0.24

Para las fechas del 21 de setiembre 2018, se continuaba rellenando el tajo en superficie con desmonte de mina de la parte superior únicamente como parte del plan de cierre.

Tabla 18. Deformación horizontal acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 21 Set 18.



5.2.4. Desplazamiento acumulado del 21 setiembre 2018 a 25 de enero 2019.

Los desplazamientos horizontales acumulados medidos entre el 21 de setiembre del 2018 al 25 de enero 2019 (125 días) están comprendidos entre 12.25 a 15.86 cm, con vectores de desplazamiento en dirección hacia el “NE” (tajo – cono de subsidencia).

La velocidad de desplazamiento horizontal promedio para estos puntos de control es de 9.85 cm/año ($0.027\text{cm/día} = 0.27\text{mm/día}$), ver cuadro 011:

Tabla 19. Resultado de las deformaciones desde 21 setiembre 2018 hasta 25 enero 2019.

PUNTOS DE MONITOREO							ANÁLISIS DE MONITOREO														
CÓDIGO	Fecha inicial de medición	Fecha anterior de medición	Última fecha de medición	COORDENADAS			N° de días	RELATIVO				ACUMULADO							Nivel de alarma (cm/día)		
				E	N	C		Desplazamientos relativos (cm)			Velocidad instantánea (cm/día)	Aceleración (cm/día ²)	N° de días acumulados	Desplazamientos Acumulados (cm)			Velocidad acumulada (cm/día)	Aceleración acumulada		Azimut (°)	Orientación
								Dxy	Dz	Diferencia del espacio Dxyz(cm)				Dxy	Dz	Dxyz					
EM1	04/09/2017 23:53	17/12/2018 23:53	25/01/2019 16:50	23693.808	15193.867	4643.933	38.706	0.198	-0.100	0.222	0.17	-0.05	507.706	11.1	-11.3	15.86	0.03	0.0001	47°	NE	0.37
EM2	04/09/2017 23:53	17/12/2018 23:53	25/01/2019 19:55	23695.634	15177.991	4645.122	38.834	0.216	0.660	0.694	0.48	0.38	507.835	11.7	-10.6	15.79	0.03	0.0001	47°	NE	0.46
EM3	04/09/2017 23:53	17/12/2018 23:53	25/01/2019 16:49	23676.407	15201.483	4644.314	38.706	0.680	-0.120	0.690	0.08	-0.08	507.706	10.9	-10.0	14.78	0.03	0.0001	61°	NE	0.08
EM4	04/09/2017 23:53	17/12/2018 23:53	25/01/2019 16:49	23670.362	15189.098	4645.565	38.706	0.798	-0.150	0.812	1.07	0.66	507.706	8.8	-10.1	13.36	0.03	0.0001	59°	NE	1.07
EM7	04/09/2017 23:53	17/12/2018 23:53	25/01/2019 16:23	23666.011	15153.950	4645.557	38.687	0.233	-0.330	0.404	1.01	1.04	507.687	8.2	-6.1	12.25	0.02	0.0000	22°	NE	1.01
EM8	04/09/2017 23:53	17/12/2018 23:53	25/01/2019 16:49	23658.290	15157.318	4645.427	38.706	0.603	0.390	0.718	0.13	-0.51	507.706	8.0	-9.3	12.32	0.02	0.0000	52°	NE	0.19

Para las fechas del 25 de enero 2019, se empieza a rellenar el tajo de superficie con desmonte de mina desde la parte inferior en forma creciente.

Las deformaciones por día superaban el umbral de criticidad Nivel 01, por presentar velocidades superiores a 0.1cm/día como se puede ver en la imagen 032.

Figura 49. Deformación total acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 al 25 Ene 19.

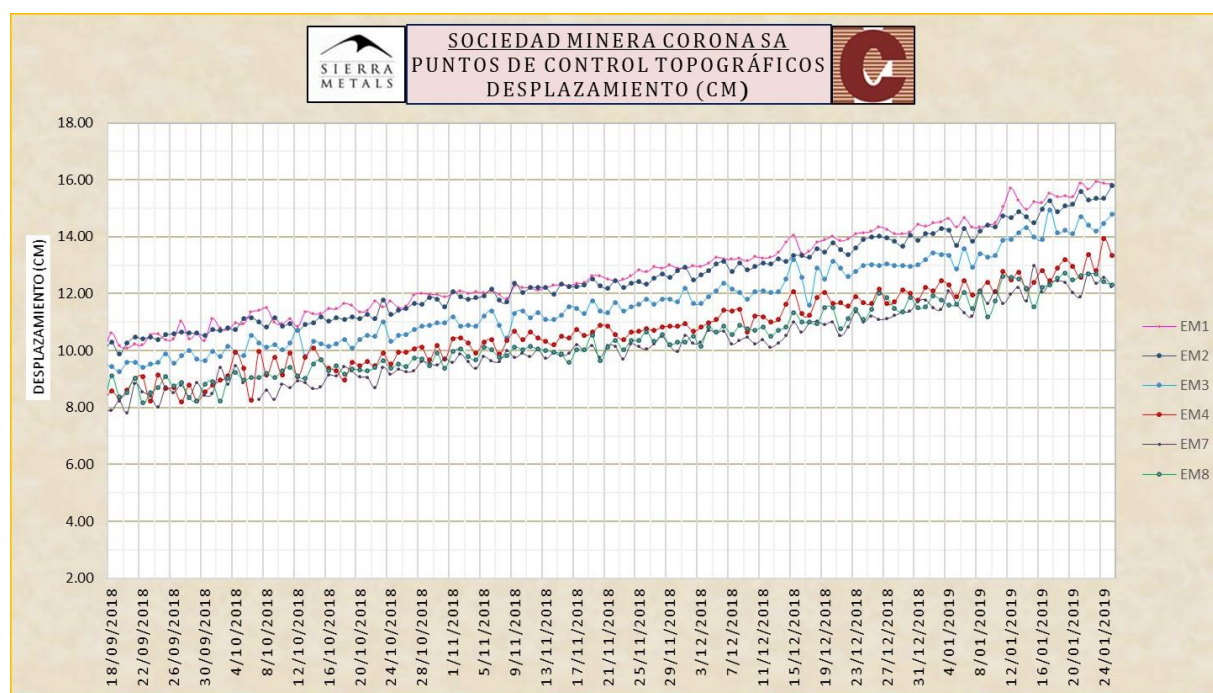
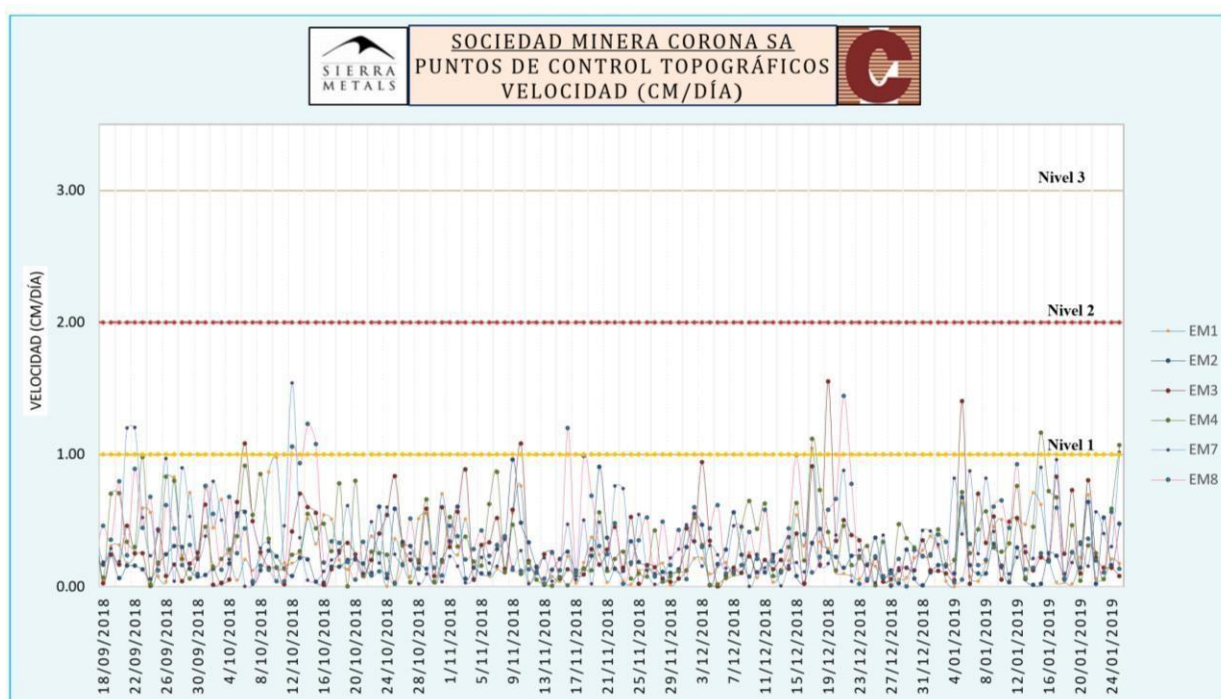


Figura 50. Rangos de criticidad donde se encontraba las deformaciones hasta el 25 Ene 19.



5.2.5. Desplazamiento acumulado del 25 enero 2019 a 27 de abril 2019.

Los desplazamientos horizontales acumulados medidos entre el 25 de enero del 2019 al 27 de abril 2019 (92 días) están comprendidos entre 14.55 a 18.59 cm, con vectores de desplazamiento en dirección hacia el “NE” (tajo – cono de subsidencia).

La velocidad de desplazamiento horizontal promedio para estos puntos de control es de **10.04 cm/año (0.0275cm/día = 0.275mm/día)**, ver cuadro 011:

Tabla 20. Resultado de las deformaciones desde 25 enero 2019 hasta 27 abril 2019.

PUNTOS DE MONITOREO				ANÁLISIS DE MONITOREO														
CÓDIGO	Fecha inicial de medición	Fecha anterior de medición	Última fecha de medición	N° de días	RELATIVO			Velocidad instantánea (cm/día)	Aceleración (cm/día ²)	N° de días acumulados	ACUMULADO			Velocidad acumulada (cm/día)	Aceleración acumulada	Azimut (°)	Orientación	Nivel de alarma (cm/día)
					Desplazamientos relativos (cm)						Desplazamientos Acumulados (cm)							
					Dxy	Dz	Diferencia del espacio Dxyz(cm)				Dxy	Dz	Dxyz					
EM1	04/09/2017 23:53	30/03/2019 23:59	27/04/2019 23:59	28	0.475	0.354	0.592	0.59	0.52	600	12.4	-13.9	18.59	0.03	0.0001	69°	NE	0.30
EM2	04/09/2017 23:53	30/03/2019 23:59	27/04/2019 23:59	28	0.116	0.125	0.170	0.14	0.14	600	13.8	-12.0	18.34	0.03	0.0001	74°	NE	0.14
EM3	04/09/2017 23:53	30/03/2019 23:59	27/04/2019 23:59	28	0.093	0.112	0.146	0.14	0.10	600	12.0	-12.2	17.13	0.03	0.0000	83°	NE	0.14
EM4	04/09/2017 23:53	30/03/2019 23:59	27/04/2019 23:59	28	0.093	0.081	0.111	0.08	0.06	600	10.2	-11.9	15.69	0.03	0.0000	82°	NE	0.08
EM7	04/09/2017 23:53	30/03/2019 23:59	27/04/2019 23:59	28	0.071	0.011	0.072	0.04	-0.01	600	9.7	-10.8	14.55	0.02	0.0000	77°	NE	0.04
EM8	04/09/2017 23:53	30/03/2019 23:59	27/04/2019 23:59	28	0.342	-0.013	0.343	0.30	0.23	600	9.3	-11.4	14.74	0.02	0.0000	76°	NE	0.30

Para las fechas del 27 de abril 2019, se cubre con relleno parte del tajo a la cota de 4586 msnm con desmonte de mina desde la parte inferior en forma creciente.

Tabla 21. Relleno del tajo desde febrero hasta abril 2019.



Las deformaciones por día superaban el umbral de criticidad Nivel 01 hasta el mes de marzo, luego disminuye la deformación ver en la imagen 035.

Tabla 22. Deformación total acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 y EM8 al 27 Abr 19.

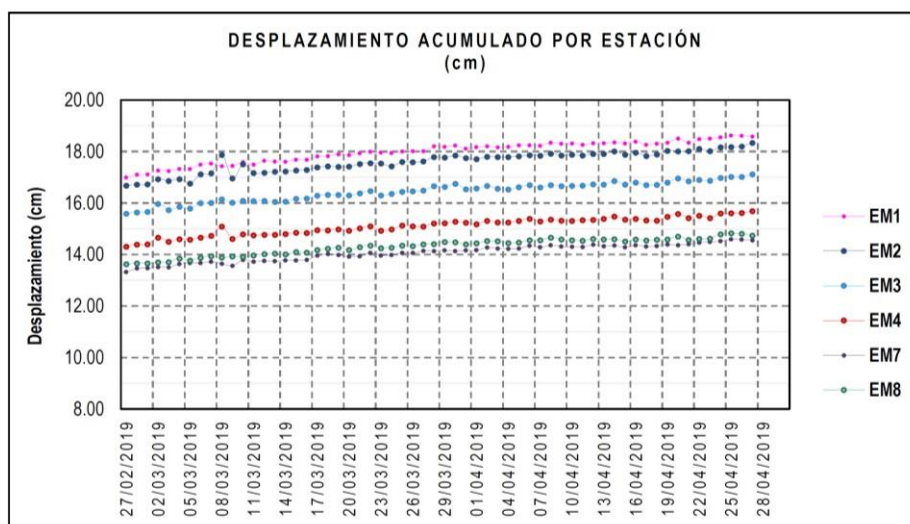
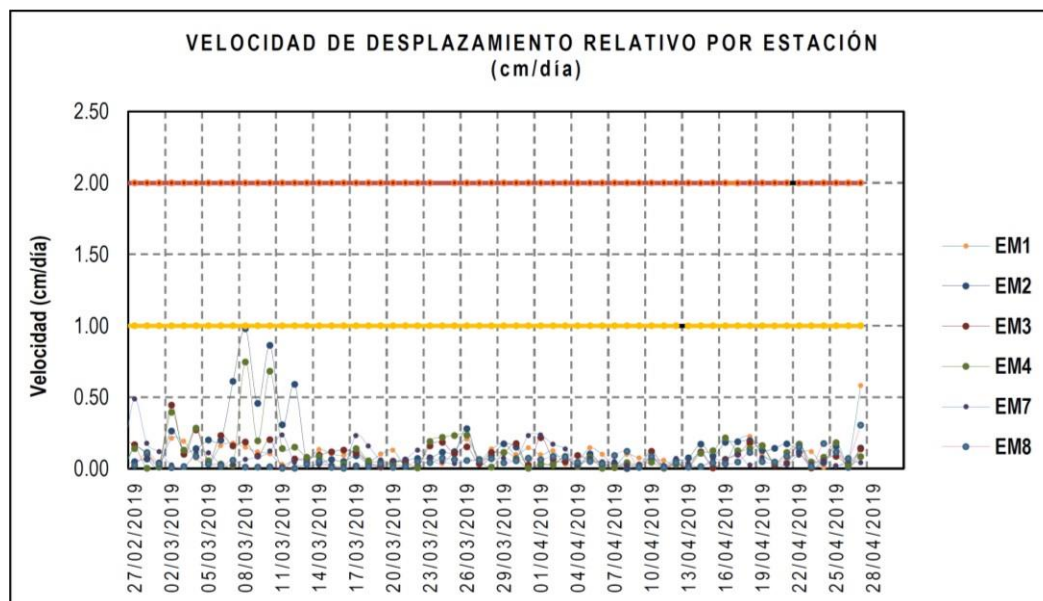


Figura 51. Rango de criticidad acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 y EM8 al 25 Ene 19.



5.2.6. Desplazamiento acumulado del 27 abril 2019 a 30 de julio 2019

Los desplazamientos horizontales acumulados medidos entre el 27 de abril del 2019 al 30 de julio 2019 (92 días) están comprendidos entre 17.25 a 22.30 cm, con vectores de desplazamiento en dirección hacia el “NE” (tajo – cono de subsidencia).

La velocidad de desplazamiento horizontal promedio para estos puntos de control es de 10.22 cm/año ($0.028\text{cm/día} = 0.28\text{mm/día}$).

Para las fechas del 30 de julio 2019, se cubre con relleno el nivel completo del tajo (cota de 4586 msnm) con desmante de mina.

Figura 52. Relleno del tajo desde febrero hasta el 30 de julio 2019 (cota 4586 msnm).



Las deformaciones por día no supera el umbral de criticidad Nivel 01 desde 27 de abril hasta el 30 de julio 2019 como se ve en la imagen 038. Esto se pudiera deducir al efecto del relleno en el tajo que ya copó la cota 4586 msnm.

Figura 53. Deformación total acumulado de los hitos EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 y EM8 al 30 Jul 19.

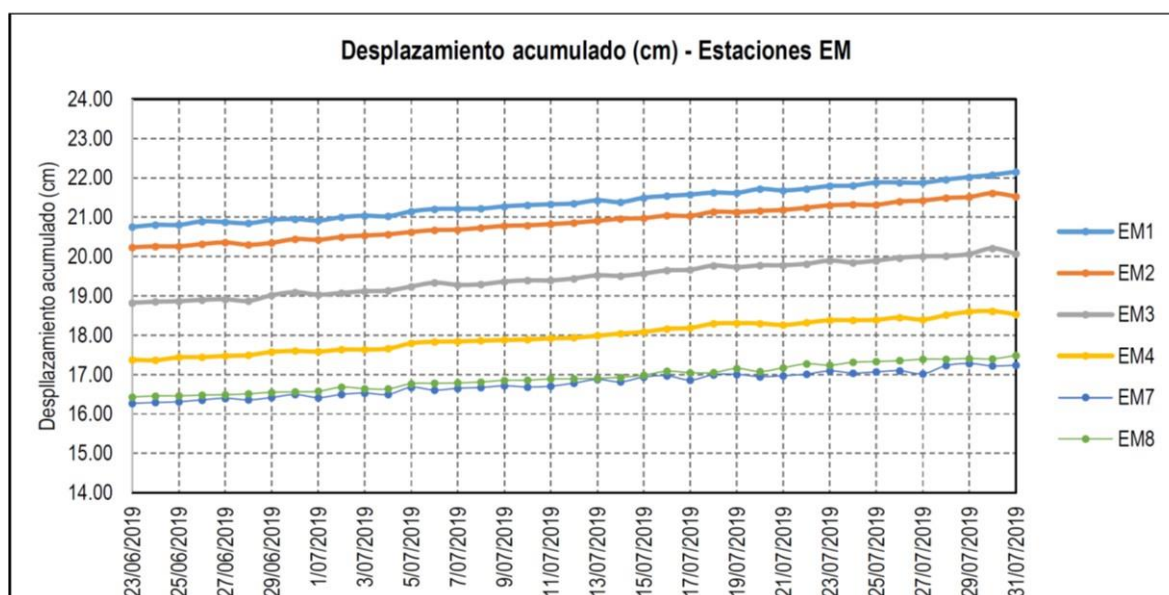
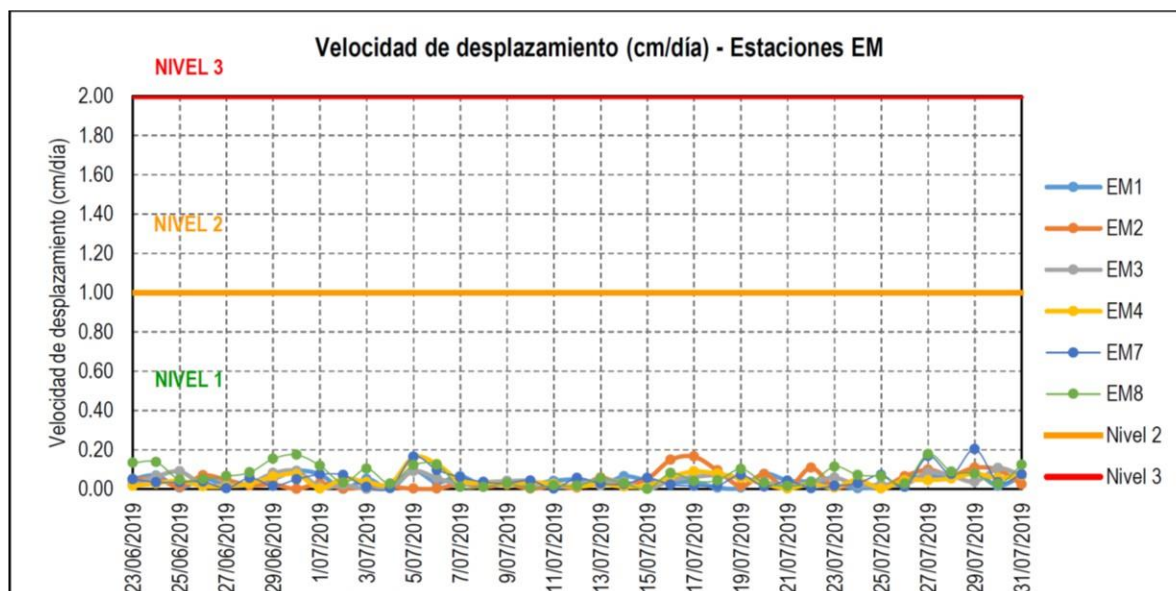
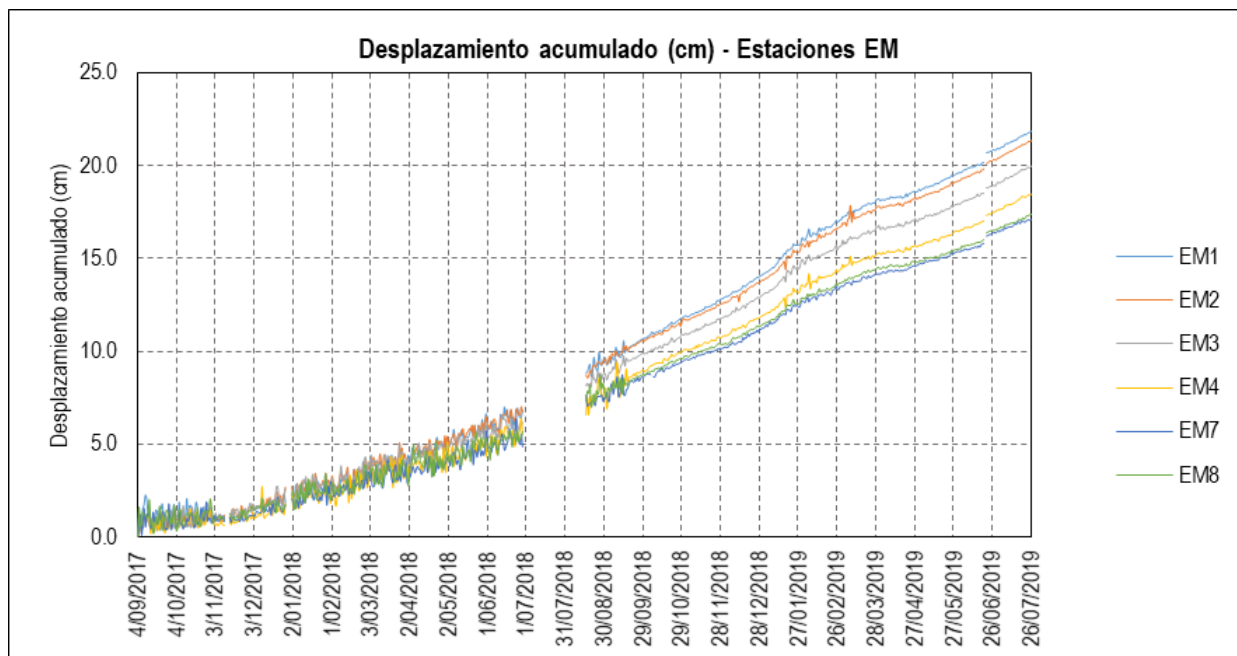


Figura 54. Rangos de criticidad acumulado hasta el 30 Jul 19 (efecto del relleno en el tajo).



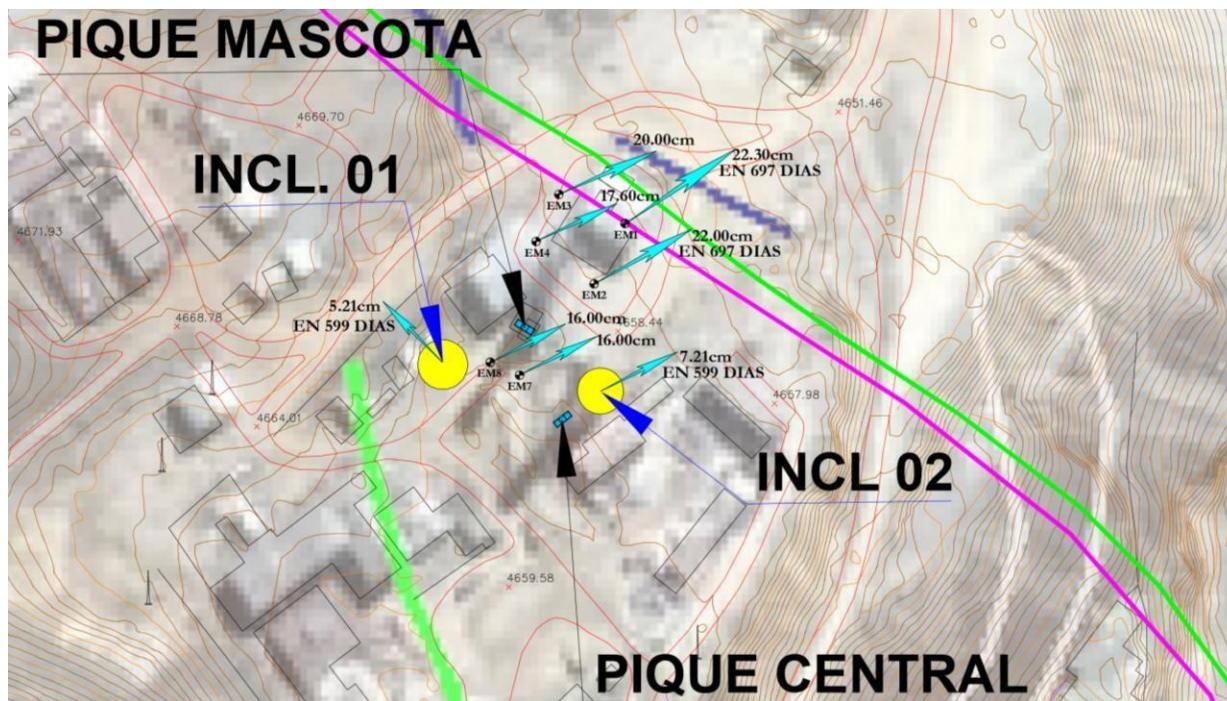
Como resumen general de todo el monitoreo de EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 se tuvo un desplazamiento total de 22.30 cm en 697 días acumulados (del 03 de setiembre 2017 hasta el 30 de julio 2019). Obteniéndose así la velocidad de desplazamiento promedio en razón de 10.22 cm/año ($0.028\text{cm/día} = 0.28\text{mm/día}$).

Figura 55. Deformación de la parte superficial (subsistencia) desde 03 setiembre 2017 hasta 30 de julio 2019.



La trayectoria de las deformaciones en todos los hitos soon de NE (hacia el Tajo – cono de subsidencia). Dentro del mismo cono de subsidencia, la deformación total oscila entre 20 – 25cm para 697 días (0.03 - 0.035cm/día), mientras tanto en el área del pique mascota y central la deformación oscila entre 15 – 17cm para 697 días (0.021 – 0.024 cm/día).

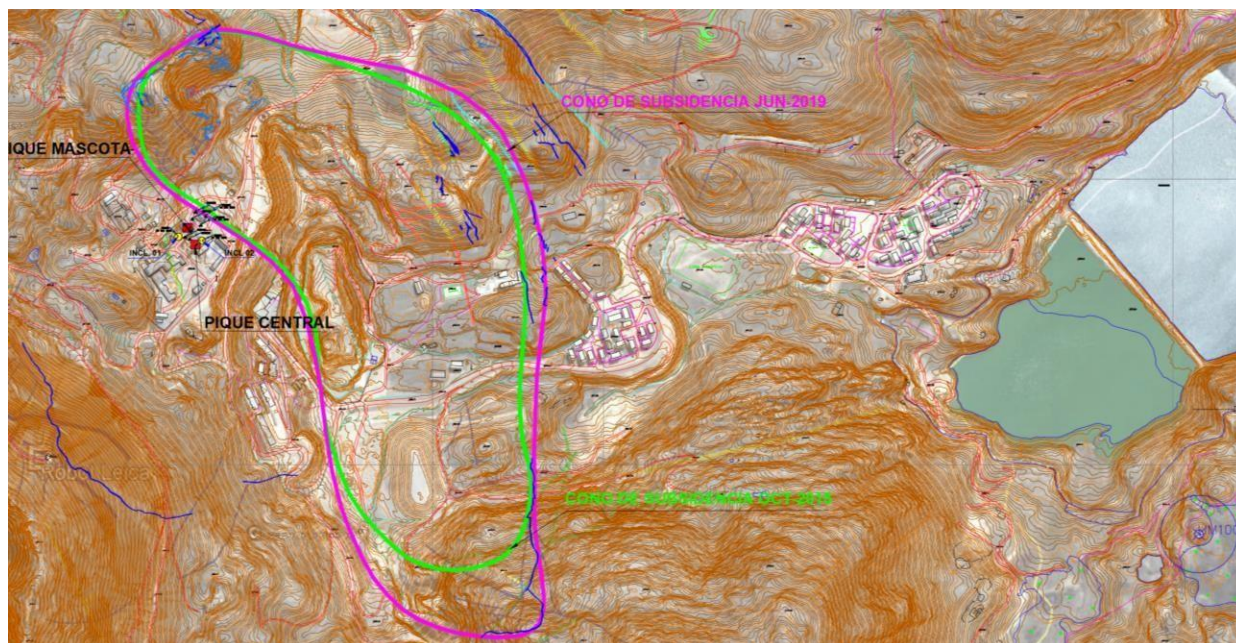
Figura 56. Trayectoria de la deformación de todos los Hitos e inclinómetros adyacentes a los piques.



5.3. Conos de subsidencia y sus efectos en los piques

Conjuntamente con el personal de la Empresa DCR Ingenieros y personal del área de Geomecánica de CIA Minera Corona S.A se realizó el levantamiento en campo de todas las fracturas existentes en superficie luego inventario de los daños ocasionados por el arrastre de la subsidencia en el interior de la mina en diferentes niveles como son 300, 360, 410, 465, 520, 575, 620, 670, 720, 770, 820, 870, 920, 970, 1020 y 1070. Con la información obtenida se reconstruye las envolventes de daño (cono de subsidencia).

Figura 57. Conos de subsidencia (Oct-2015 y Jun 2019), interpolado en función del levantamiento de fracturas producto de la explotación hasta junio 2019.



Interpolando todos los niveles se tiene el cono de subsidencia en 3D con referencia a los piques central y mascota.

Figura 58. Conos de subsidencia (Oct-2015 y Jun 2019) en 3D.

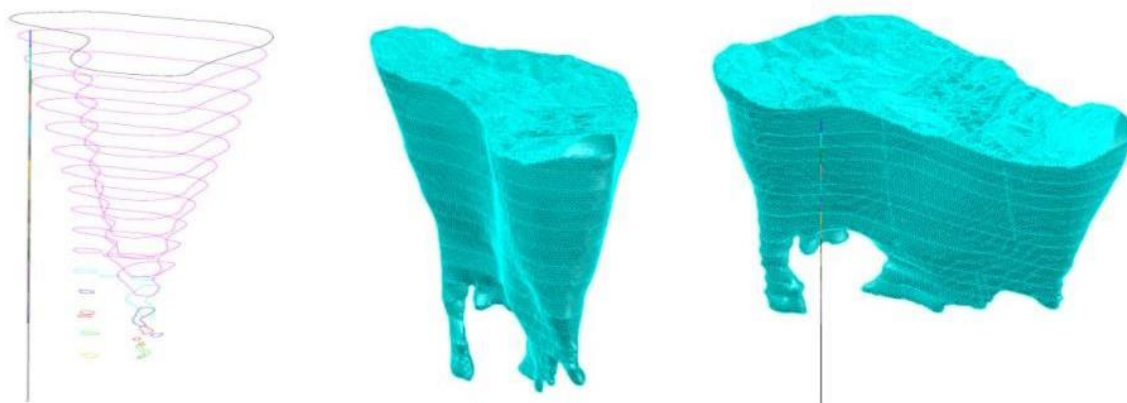
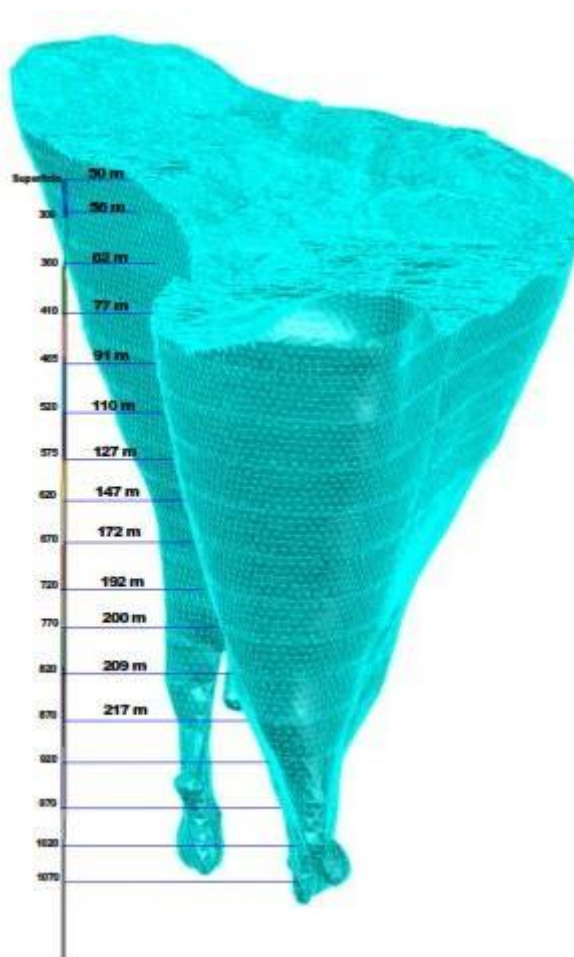


Figura 59. Conos de subsidencia (Oct-2015 y Jun 2019) Vs la distancia al pique en 3D.



De la imagen 043, la distancia entre los piques central-mascota y el límite del cono de subsidencia (junio 2019) es de 50mt. En el levantamiento de Oct 2015 la distancia era de casi 65mt, lo que indica que en 3.7 años (1370 días) *la velocidad de propagación del cono fue a razón de $(65m-50m)/3.7 = 4.05 \text{ m/año}$ ($0.011m/día$).*

El pilar que debe existir entre el pique y el cono de subsidencia de tal manera se pueda admitir deformaciones controlables antes del colapso se recomienda 35mt. Lo que significa que a la velocidad de 4.05m/año, el tiempo en que el límite de cono llegará al pilare de seguridad es $(50m-35m) / 4.05m/año = 3.7 \text{ años.}$ }

5.4. Contratación de hipótesis

Pruebe la hipótesis de que el Factor de Seguridad medio poblacional aceptable en el pique central y pique mascota en la mina Yauricocha, es menor igual a 1,2 para una significancia $\alpha=0,05$

Solución

H0: El Factor de seguridad medio poblacional para asegurar el sosteniente del macizo rocoso con el uso del software en la mina es menor igual a 1,2

(Si el p-valor $\geq 0,05$)

H0: $\mu \leq 1,2$

H1: El Factor de seguridad poblacional para asegurar el sosteniente del macizo rocoso en la mina es mayor de 1,2 puntos (Si el p-valor $< 0,05$)

H1: $\mu > 1,2$

Se utiliza la prueba t de Student para una muestra, ya que los datos del pos-test provienen de una distribución normal.

Se rechaza H0 si el p-valor $< 0,050$

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desviación	Error promedio
Software	8	1,1400	0,34797	0,12303

	Valor de prueba = 1.2					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Software	- 0,488	7	0,641	- 0,06000	- 0,3509	0,2309

Para un 95% de confianza se rechaza H0, es decir se acepta que: El Factor de seguridad poblacional para asegurar el sosteniente del macizo rocoso del bypass en el nivel 510 mina Acchilla debe ser mayor de 1,2.

Conclusiones

El pique central atraviesa una zona de contacto (brecha alterada) desde -155m (Niv. 410) hasta -230m (Niv. 500), haciendo un total de tramo crítico igual 75mt.

El pique mascota atraviesa una zona de contacto (brecha alterada) desde -110m (Niv.410) hasta -138m (Niv. 400), haciendo un total de tramo crítico igual a 28mt.

El castillo del pique central presenta deformación como se pudo observar con el alineamiento de los cables cuando la jaula está en superficie.

Durante la inspección a los cuadros del pique central se observa la falta de mantenimiento adecuado (programado y preventivo) conforme se pueden ver las imágenes de la inspección, siendo más críticos los cuadros por debajo del nivel 465 (madera reseca y llenos de material fino acumulado compactado).

Entre el Nivel 410 y 465, la solera del cuadro N° 089 choca con los lados de la jaula la cual se acuerda en una reunión multidisciplinaria (Mina, Seguridad, Planeamiento, Pique – extracción, Gerencias) coordinar su inmediata intervención del raspado hasta dar una luz de 1”.

Desde el cuadro N° 090 hasta el cuadro N°100, presenta deformaciones muy altas y anillos de concreto reventados por las presiones de terreno (contacto – brecha alterada), ver imagen N° 009, 010 y 011.

En el Nivel 520 el cable de las jaulas y skip se pegan totalmente a la solera y la guía de la estructura del pique producto de la deformación de la excavación y del castillo en la parte superior del pique.

De acuerdo al análisis del inclinómetro 01, la excavación del pique mascota se deformó 5.21 cm en 599 días (**0.087 mm/día**), esto se da en la dirección del flanco NW (paralelo al cono de subsidencia).

La deformación para los piques no debe ser mayor a 1" (2.5cm = 25mm) por la luz que debe existir entre la madera y el lado de la jaula y/o skip. Lo que con lleva si en caso de repararse todos los cuadros del pique mascota hasta el nivel 520 se podría lograr una **vida útil de 9.5 meses (25mm/0.087mm-día/30días-mes)**, siempre y cuando se reubique la casa de winche hacia el cerro. Si a esto, se adicionaría bloques de concreto estructural (bearing sets) cada 8.5mt en los primeros -50m ó en su defecto cables bolting de 10mt pretensado a 5 toneladas, luego cada tres cuadros hasta el Nivel 420, se podría admitir una deformación aparente (sacrificio) de 10cm = 100mm equivalente a **3.1 años de vida útil (100mm/0.087mm-día/365días-año)**.

De acuerdo al análisis del inclinómetro 02, la excavación del pique central se deformó 7.21 cm en 599 días (**0.12 mm/día**), esto se da en la dirección del NE (hacia el tajo - cono de subsidencia), ver la imagen N° 026 y 040.

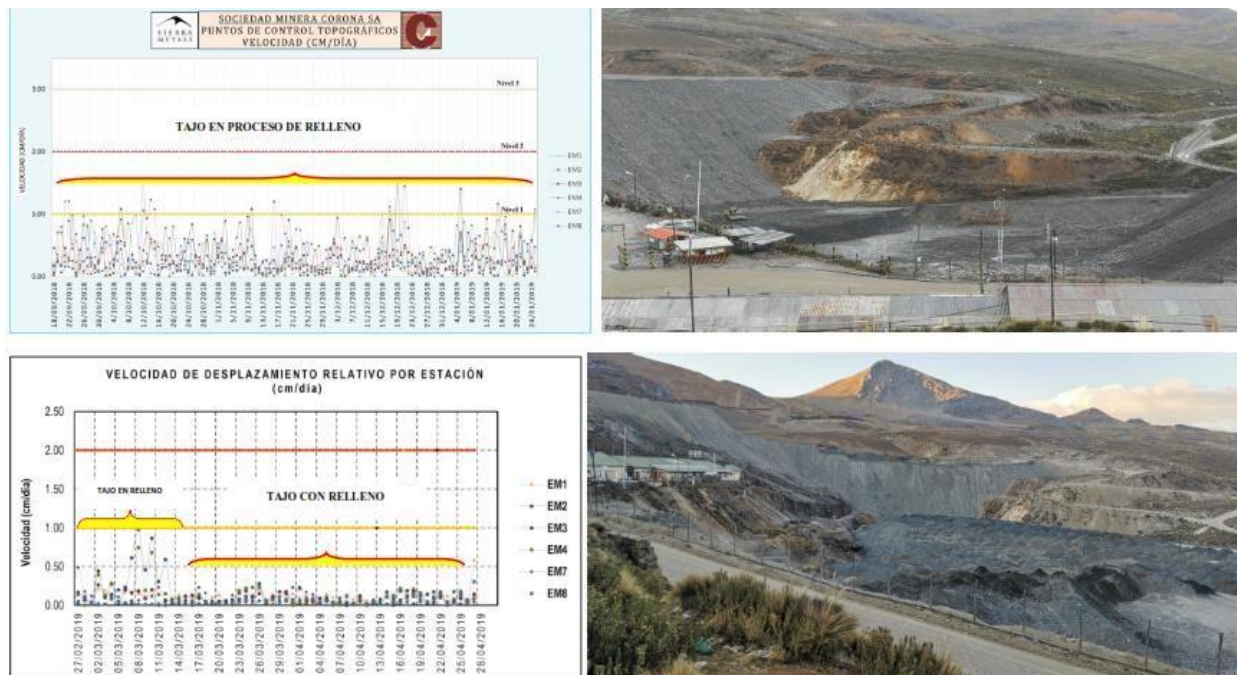
Haciendo el mismo cálculo para mantener una luz de 1" como mínimo entre la solera y la jaula o skip, una vez reparado todos los cuadros del pique central hasta el nivel 520 se podría lograr una **vida útil de 6.9 meses (25mm/0.12mm-día/30días-mes)**. Si adicionamos como sostenimiento los bloques de concreto estructural (bearing sets) cada 8.5mt o en su defecto cables bolting de 10mt con 5 toneladas pretensado hasta el Nivel 410, luego colocar como intermedio entre los cuadros bloques de concreto (bearing sets) hasta el nivel 465 (área de contacto – brecha), finalmente bloques de concreto cada 8.45mt o cable bolting de 10mt pretensado a 5 toneladas hasta el nivel 520. Con ello se podría admitir una deformación aparente (sacrificio) de 12cm = 120mm equivalente a **2.7 años de vida útil (120mm/0.12mm-día/365días-año)**.

Del análisis del monitoreo de hitos con el Robot Leica TM50: EM1, EM2, EM3, EM4, EM7 Y EM8 adyacentes a los piques mascota y central, se tuvo un desplazamiento total de 22.30 cm en 697 días acumulados (del 03 de setiembre 2017 hasta el 30 de julio 2019). Obteniéndose

así la velocidad de desplazamiento promedio en razón de **10.22 cm/año (0.028cm/día = 0.28mm/día)**.

Observándose que la deformación y rango de criticidad disminuye cuando el tajo se logró rellenar hasta la cota 4586 msnm.

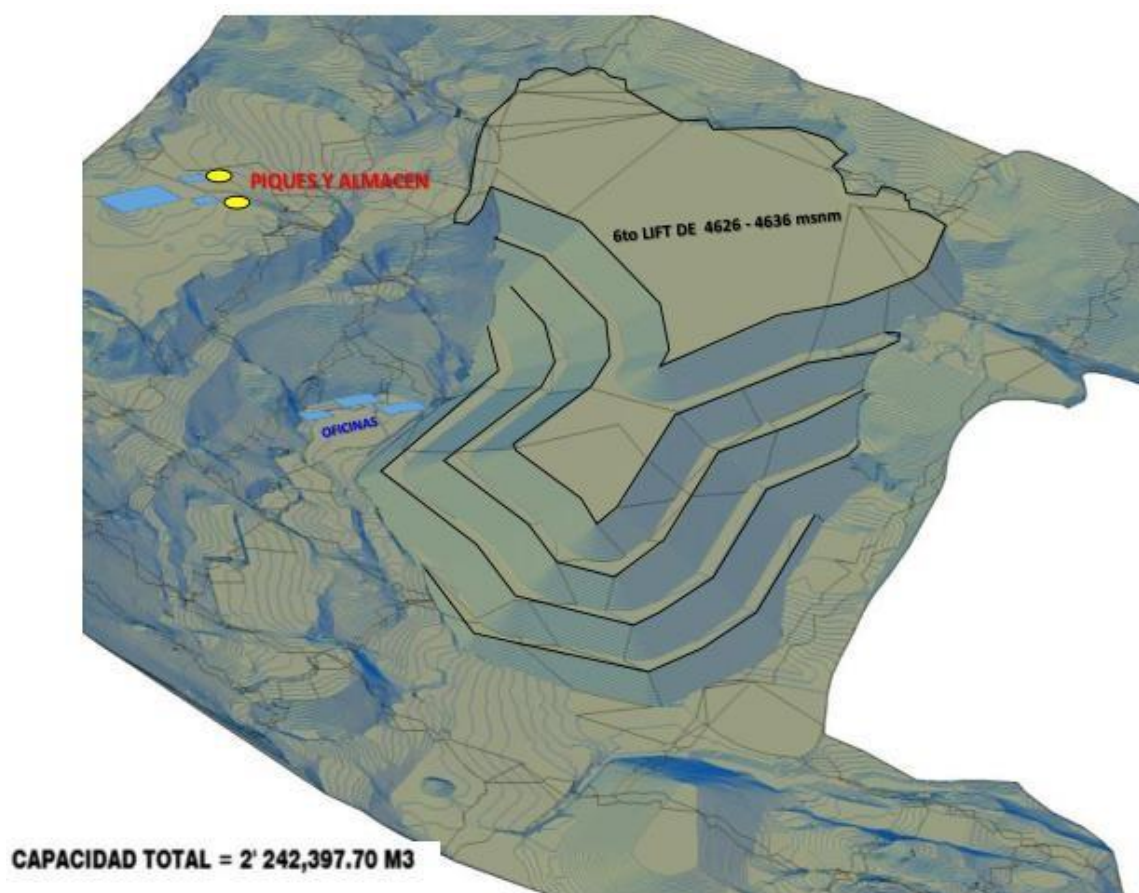
Figura 60. Deformación y rango de criticidad.



Recomendaciones

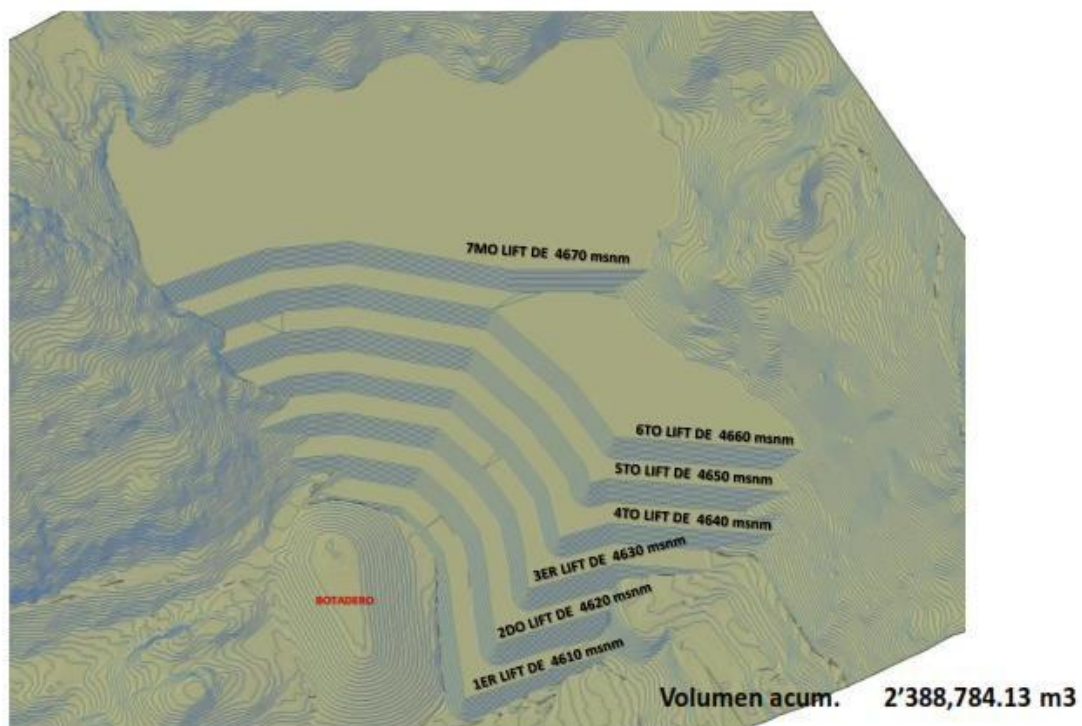
Se recomienda seguir rellenando el tajo para contrarrestar las deformaciones en el pique y darle mayor vida útil estimado con los inclinómetros mencionados.

Figura 61. Deformaciones en el pique.



Se recomienda también rellenar el tajo amoeba para contrarrestar las subsidencias que está abarcando hacia el lado sur como se puede ver los conos de subsidencia de junio 2022 y los resultados del análisis numérico – Softawre Phases.

Figura 62. Conos de subsistencia.



Las deformaciones en los piques disminuyen de 0.012m (12mm) a 0.006m (6mm) a medida que el relleno del tajo va subiendo hasta la cota 4636 msnm:

Figura 63. Análisis numérico – Software Phases.

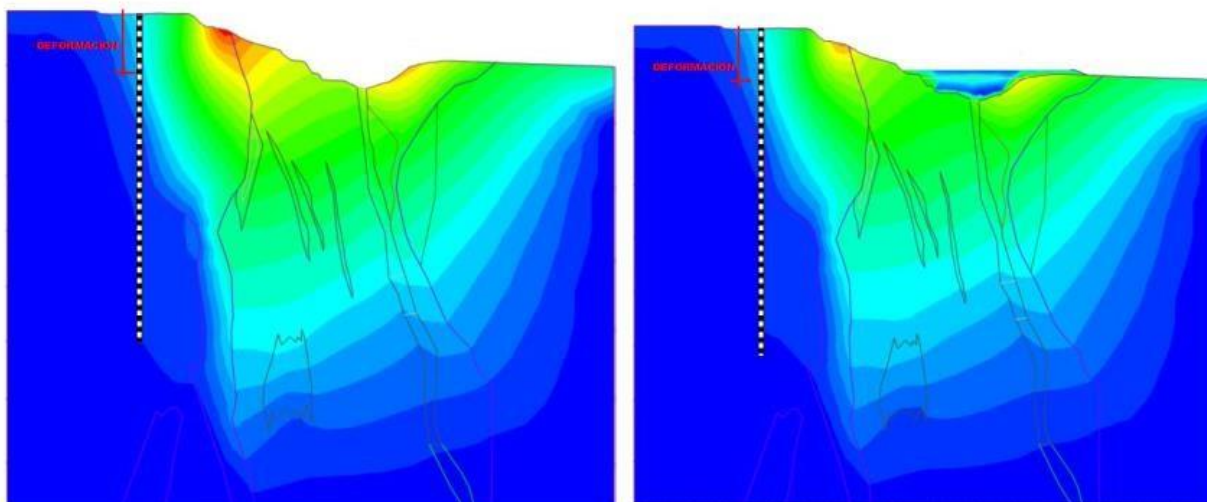
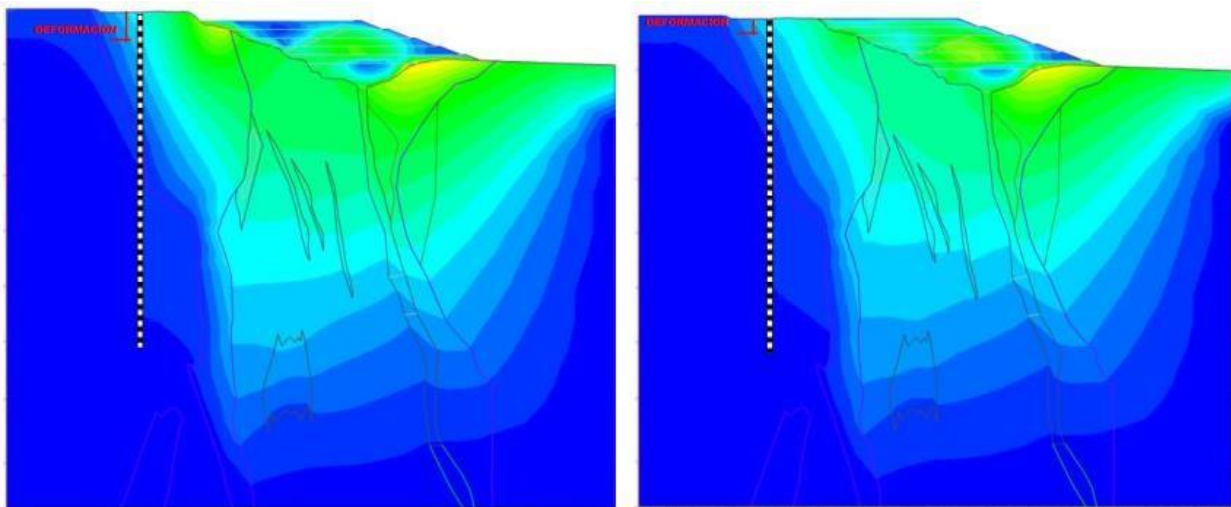
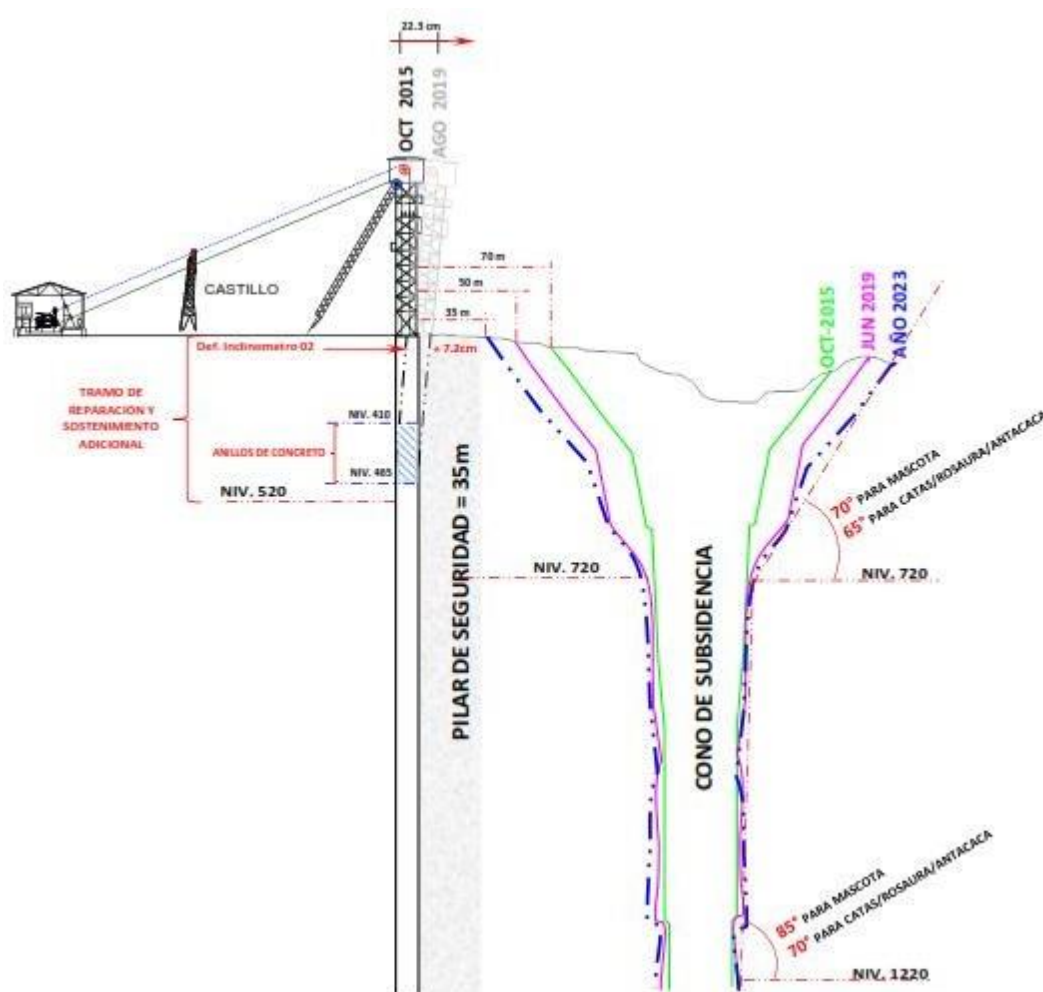


Figura 64. Análisis numérico – Software Phases.



Para que la deformación inducida por la subsidencia superficial no afecte a la estabilidad de los piques se debe asegurar una distancia mínima de 35m con respecto al límite del cono de subsidencia. Lo que significa, que a la velocidad de **4.05m/año (0.011 m/día)**, el tiempo en que el límite de cono llegará al pilare de seguridad es $(50\text{m}-35\text{m}) / 4.05\text{m/año} = \mathbf{3.7 \text{ años}}$.

Figura 65. Pique central.



Para retardar la deformación de la excavación del pique central, muy aparte de los cuadros de compartimiento que se instala para el pique, se recomienda sostener mínimamente hasta el nivel 520 de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- De Superficie hasta el nivel 410: Soleras de concreto estructural cada 8.5mt ancladas en la roca con pernos inyectados con cemento ó en su defecto considerar la instalación de pernos cables bolting de 0.6" (15.24m) de 6mt pretensado a 5ton (6 cables por fila y cada 3.5mt/fila (dejando un cuadro), inyectada con lechada de cemento 0.42 – 0.45 (18 – 19 lit de agua/42.5Kg de

cemento). Todo el tramo previamente con shotcrete de 2" de espesor con 5kg de fibra sintética o 20 Kg fibra metálica por cuestiones de seguridad.

Figura 66. Instalación de pernos.

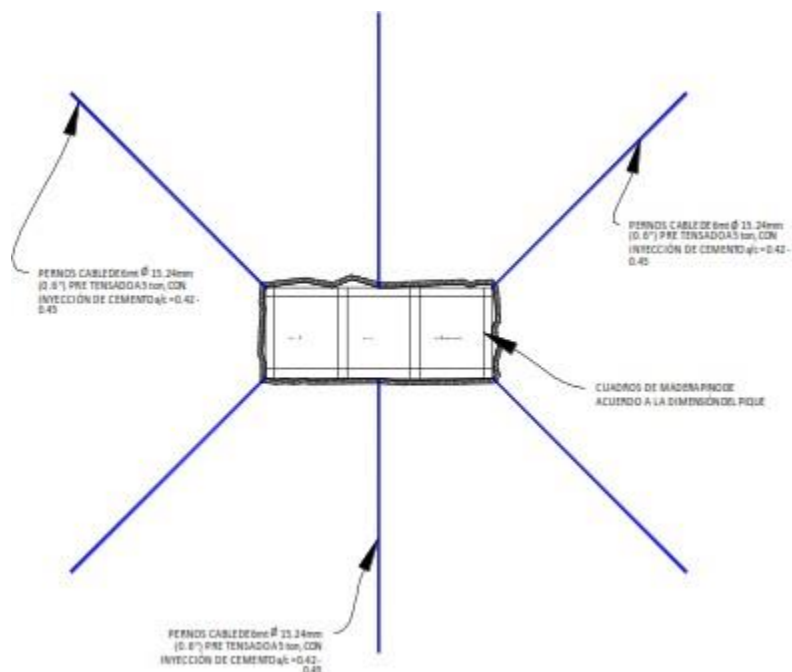


Figura 67. Instalación de pernos.

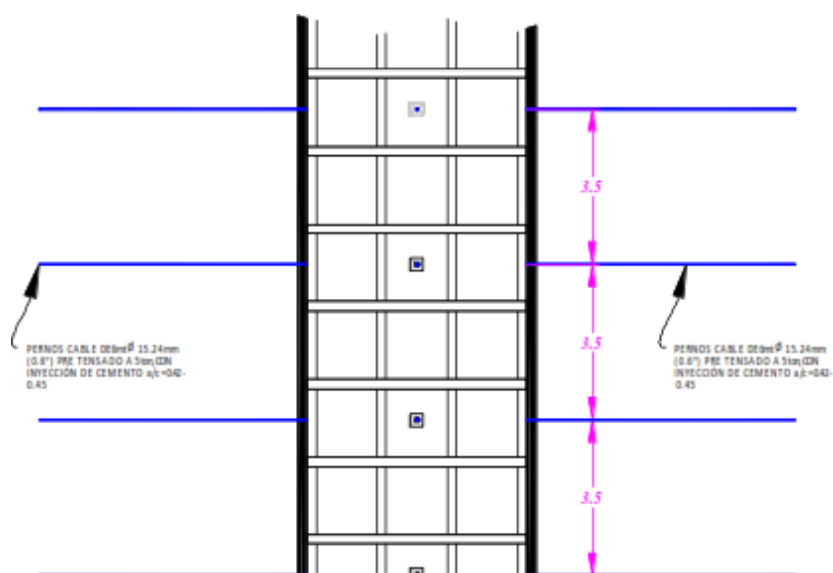


Figura 68. Bearing set.

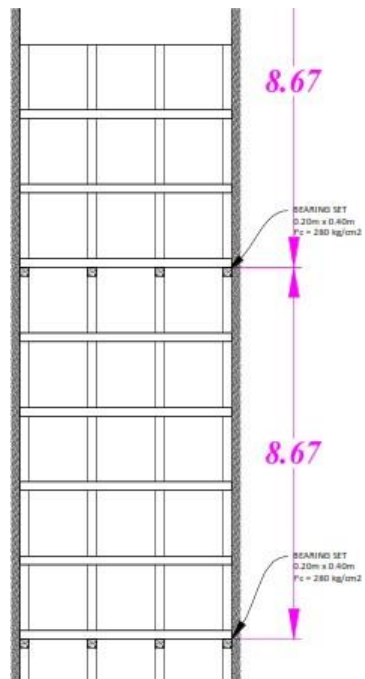


Figura 69. Bearing set transversal de concreto.

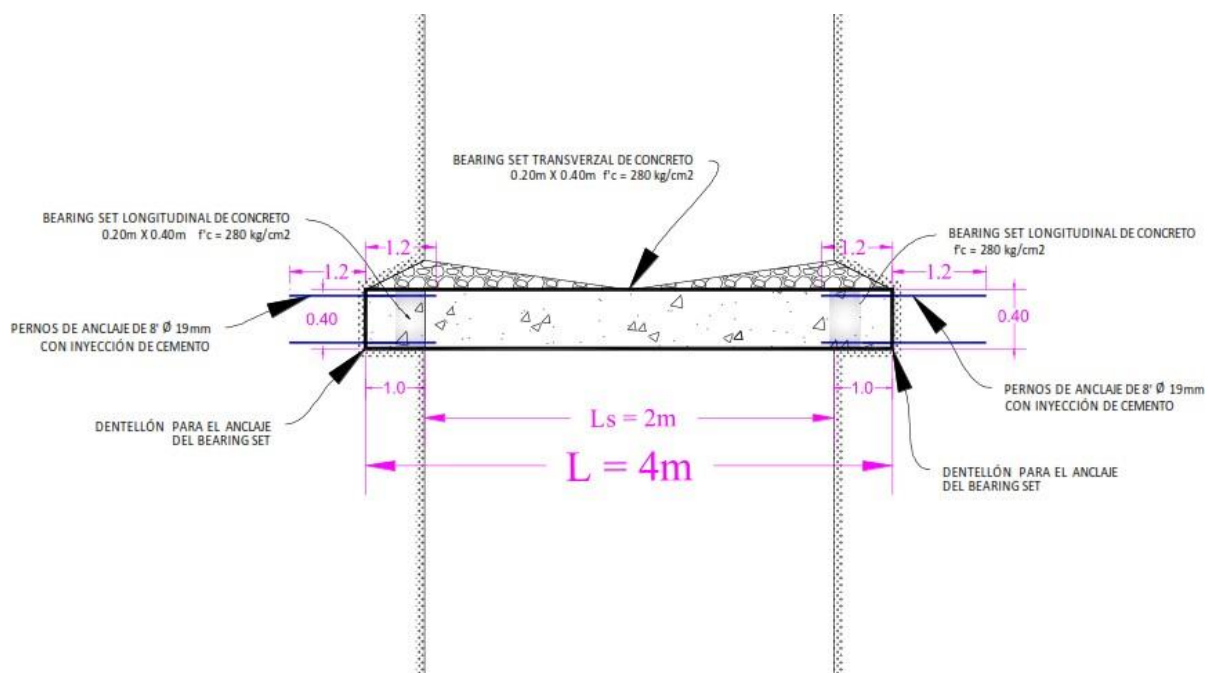


Figura 70. Bearing set longitudinal de concreto.

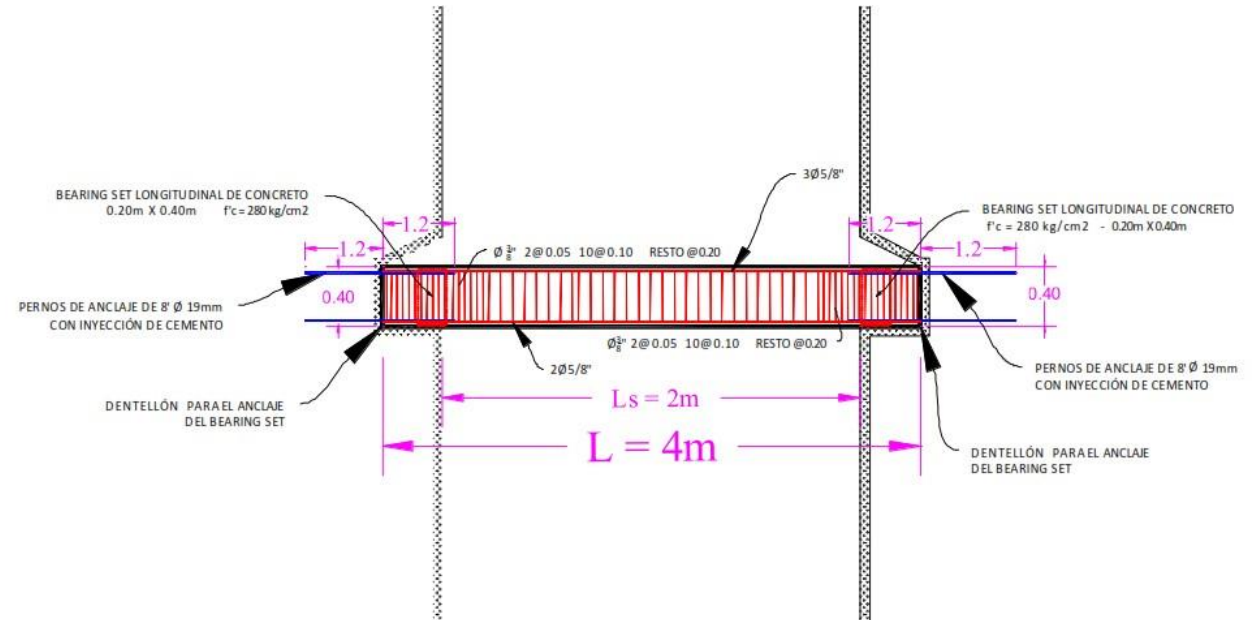
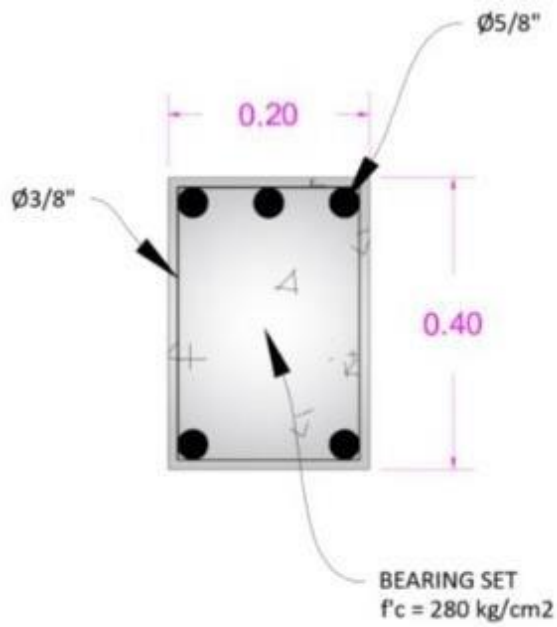


Figura 71. Bearing set.





Del nivel 410 hasta nivel 465.- Zona donde se presenta altas deformaciones por presencia de la brecha (contacto entre el intrusivo y caliza) se debe colocar los anillos de concreto estructural ancladas en la roca con pernos inyectados con cemento en cada cuadro (debajo) entre 1.5m, previo shotcrete de 2" con 5kg de fibra sintética o 20kg de fibra metálica más malla electrosoldada de 4"x4" + pernos de 1" de diámetro x 8' de longitud inyectadas con resina o cemento y finalmente una capa de shotcrete de 2" sin fibra.

Figura 72. Instalación de pernos de ancla.

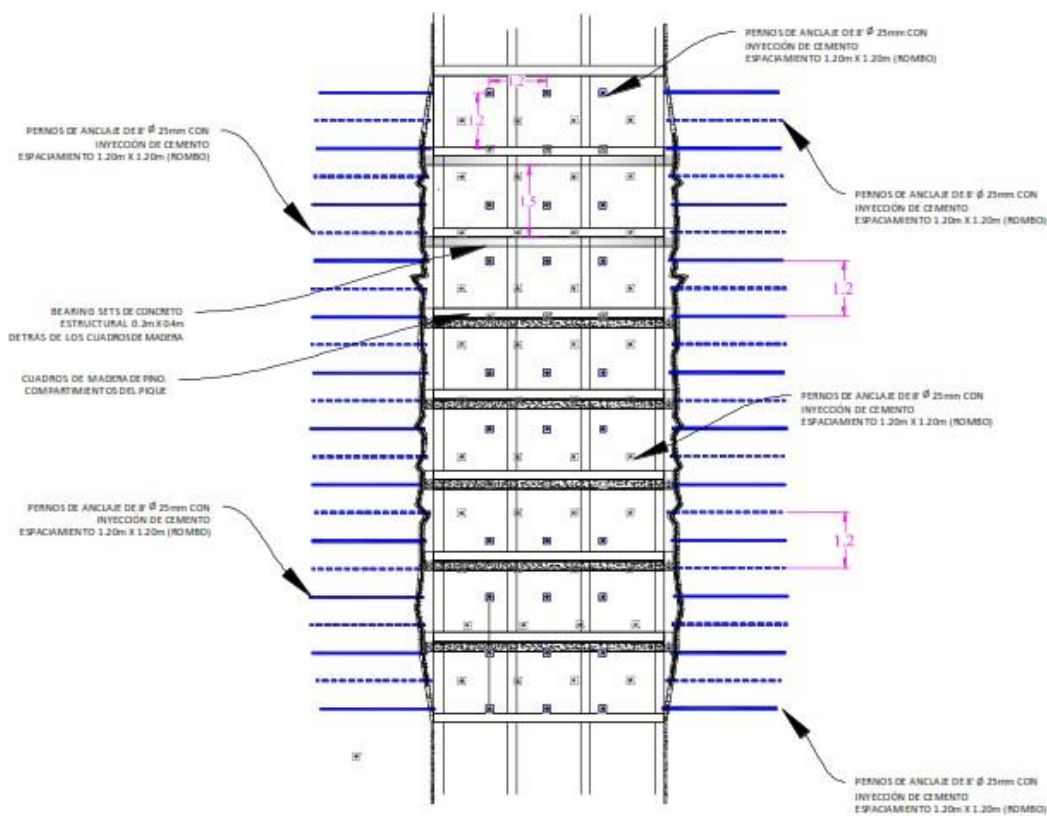


Figura 75. Bearing set transversal de concreto.

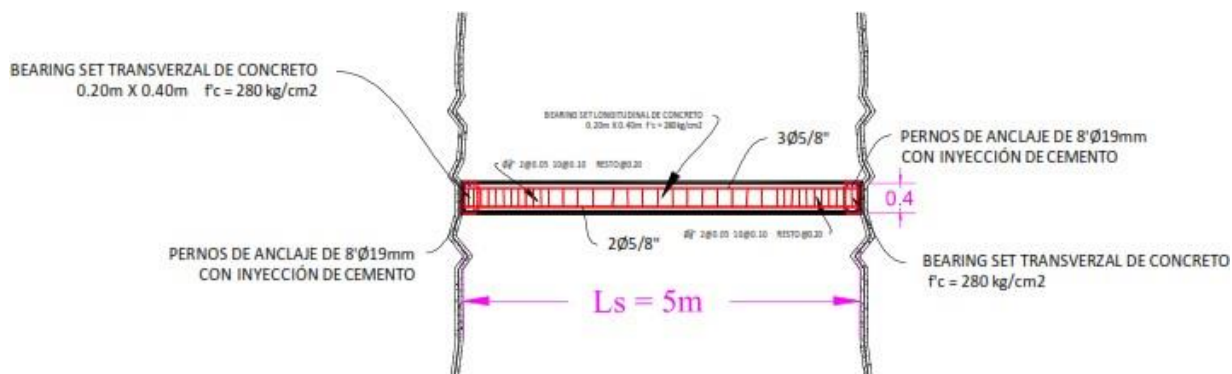
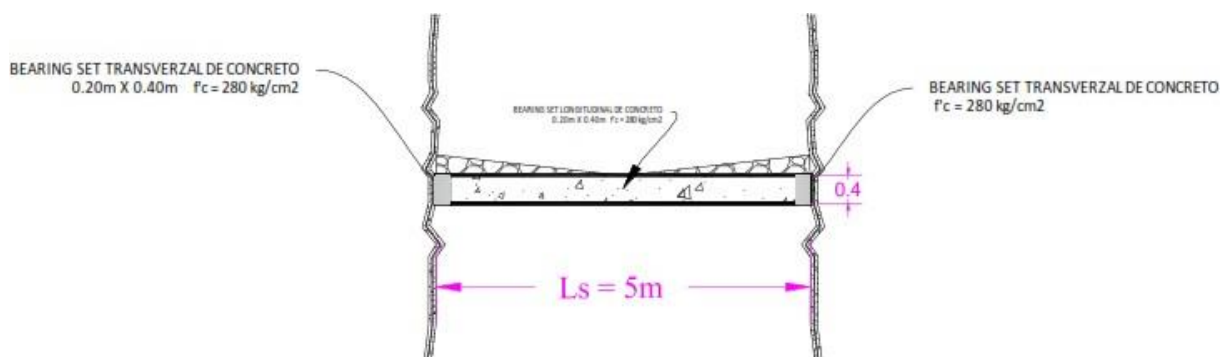


Figura 76. Bearing set transversal de concreto.



Del nivel 465 hasta el nivel 520.- Soleras de concreto estructural cada 8.5mt ancladas en la roca con pernos inyectados con cemento ó en su defecto considerar la instalación de pernos cables bolting de 0.6" (15.24m) de 6mt pretensado a 5ton (6 cables por fila y cada 3.5m/fila (dejando un cuadro), inyectada con lechada de cemento 0.42 – 0.45 (18 – 19 lit de agua/42.5Kg de cemento). De la misma forma, todo el tramo previamente con shotcrete de 2" de espesor con 5kg de fibra sintética o 20 Kg fibra metálica por cuestiones de seguridad del personal.

Adicionalmente, es preciso mencionar, en niveles más profundos el estado de esfuerzos in-situ presentará mayores magnitudes que provoquen procesos micro sísmicos en las excavaciones. Estos eventos micro sísmicos pueden traducirse en strain-burst o la expulsión de lajas de roca expuesta en las paredes de las excavaciones de forma violenta. Por tal sentido es altamente

recomendable realizar mediciones de esfuerzos insitu que ayuden a determinar la magnitud de los esfuerzos actuantes e inducidos por el minado y determinar una estrategia adecuada para el diseño del sostenimiento.

A mediano y largo plazo se debe considerar un nuevo nivel de ingreso a la mina, puesto que el pique central y/o mascota tienen una vida útil no más de 3 años si no se acelera la subsidencia en la superficie muy a pesar que se rehabilite y sostenga el tramo crítico arriba mencionado. Se debe proyectar la integración de la mina con Esperanza, Profundización, Mascotas, Catas, Antacaca y Cachi cachi para facilitar el ingreso y salida de personal y materiales.

Se recomienda la alternativa – opción 02 del nivel 720 – túnel Klepetko (desquinche y completar túneles de 4mx4m para ingreso de personal, materiales, equipos, extracciones de mineral / desmonte, etc).

Figura 77. Túnel Klepetko.

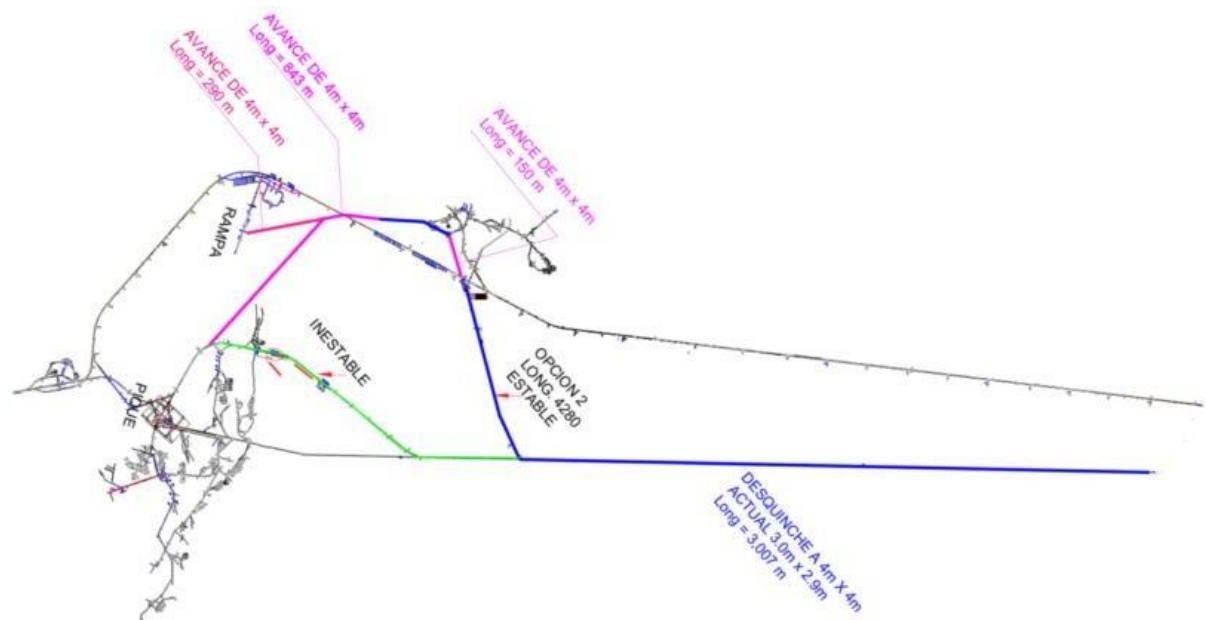


Figura 78. Tipo de roca.

ITEM	NIVEL	LABOR	SECCION ACTUAL PROMEDIO		SECCION PROGRAMADO		PROGRESIVA		LONGITUD (desuinche +avance) (m)	TIPO DE ROCA
			ANCHO (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	INICIO	FINAL		
1	720	TUNEL KLEPETKO	3	2.9	4.2	4.2	0	2 + 340	2340	III-B
2	720	GL0561NW	3	2.9	4.2	4.2	0	0+665	666	IV A 15%
2	720	GL0561NW	3	2.9	4.2	4.2	0	0+665		III - B 85%
3	720	CX--X			4.2	4.2	0	0 + 150	150	IV A 25%
3	720	CX--X			4.2	4.2	0	0 + 150		III - B 75%
4	720	CX4997SW	2.7	2.7	4.2	4.2	0	0 + 270	270	III - B
5	720	CX--Y y Cx Rp			4.2	4.2	0	0 + 500	1140	III - B
TOTAL									4,566	

Figura 79. Resumen del proyecto de desquinche.

RESUMEN DE PROYECTO DE DESQUINCHE Y AVANCES OPCION 2				
ITEM	COSTO OPERATIVO		TIPO DE SOSTENIMIENTO	COSTO TOTAL OPCION 2 (\$)
1	DESQUINCHE			
2	DESQUINCHE	AVANCE		2,535,108
3			MALLA ELECTROSOLDADA	5,495
4			PERNOS HELICOIDALES DE 7'	491,973
5			SHOTCRETE DE 2"	1,682,159
6			CIMBRAS VIGA H6 3.5 X 3.5	21,423
7			PLANCHAS ACANALADAS DE 1.2X0.55	14,095
8			CONSOLIDACION CON ADITIVOS	
9			REHABILITACIÓN PARA 7 AÑOS	44,293
			COSTO TOTAL (\$.)	4,794,546
			COSTO TOTAL (S/.)	15,831,592

Figura 80. Opción 2.

	Metros	Dias	Comentario
O P C I O N 2	2340	390	DESQUINCHE POR GUARDIA CON AVANCE DE 3.0 m. Mas sostenimiento MALLA MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
	100	33	DESQUINCHE POR DIA CON AVANCE DE 3.0 m. Mas sostenimiento MALLA MAS SHOTCRETE DE 2" MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
	566	94	DESQUINCHE POR GUARDIA CON AVANCE DE 3.0 m. Mas sostenimiento MALLA MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
	22	8	DISPARO POR DIA CON AVANCE DE 3.0 m. Mas sostenimiento MALLA MAS SHOTCRETE DE 2" MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
	128	26	DISPARO POR GUARDIA CON AVANCE DE 2.8 m. Mas sostenimiento MALLA MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
	270	54	DESQUINCHE POR GUARDIA CON AVANCE DE 3.0 m. Mas sostenimiento MALLA MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
	1140	228	DISPARO POR GUARDIA CON AVANCE DE 2.8 m. Mas sostenimiento MALLA MAS PERNOS CON EQUIPO MECANIZADO
		833	
AÑOS		2.5	

Se tiene que tener dos frentes de ataque para realizar el trabajo en **1.15** años y mejor aun si tenemos tres frentes de ataque, para el cual si se tiene condiciones, asi mismo este tiempo se ha analizado en funcion al estandar actual de desquinche que se tiene, pero esto puede mejorar considerablemente si hacemos disparos masivos de desquinche cada 20 o 30 mt en radial como lo hacen otras unidades con ello estariamos reduciendo el tiempo en un 30% a mas.

Bibliografía

- Abreu, J. (2012). Hipótesis, Método & Diseño de Investigación. *International Journal of Good Conscience*, 7 (20), 187-197. <http://www.spentamexico.org/v7-n2/7%282%29187-197.pdf>
- Arias, J., Villasís, M. y Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63 (2), 201-206. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Fernández, P., Vallejo, G., Livacic, P. y Tuero, E. (2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de psicología*, 30 (2), 756-771. <https://www.redalyc.org/pdf/167/16731188039.pdf>
- Hizo, J. (2020). *Evaluación geomecánica para la elección del tipo de sostenimiento en la rampa principal de la mina “Flor de Lirio” Sociedad Comercial Importadora y Exportadora Dicave Limitada – 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”]. Repositorio institucional. http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4606/T033_71902991_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huaracha, W. (2021). Construcción del pique inclinado Mercedes – NV 480 para mejorar la producción en la Unidad Minera San Juan de Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio institucional. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5687/253T20210055_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, P. (2004). Población, muestra y muestreo. *Punto Cero*, 9 (8), 69-74.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012#:~:text=Es%20un%20subconjunto%20o%20parte,parte%20representativa%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.

Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, Propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica*, 3(1), 34-39.

<http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30>

Ministerio de Minas y Energía. (2015). Reservas. *En Glosario Técnico Minero*. Recuperado en 13 de febrero de 2022, de

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MINERO+FINA+L+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Osinergmin.

Salazar, E. (2020). *Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha - Sociedad Minera Corona S. A.* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio institucional.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8428/3/IV_FIN_110_TE_Salazar_Isla_2020.pdf

Torres, E. (2020). *Análisis geomecánico del macizo rocoso para el dimensionamiento y estabilidad de un pilar protección en la zona de extracción de una veta, en una mina subterránea en*

Ayacucho 2020 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24463/Torres%20Burga%2c%20Eduardo%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valencia, A. (2020). *Ore control y QA/QC en la explotación del cuerpo esperanza por el método sub level caving, Unidad Minera Yauricocha* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11551/IGvahuaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zanabria, M. (2021). *Evaluación de la subsidencia inducida por la extracción de mineral para determinar la estabilidad del pique Mascota y Central en la U.M. Yauricocha* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7462/T010_72361057_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 002-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 020-2023-FIMGC-D**, siendo los once días del mes de enero del 2023, a horas 10:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **MSc. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado el **MSc. Ing. Jaime PALOMINO CLAUDIO**, Jurado - Asesor el **Mg. Ing. José Agustín ESPARTA SANCHEZ** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada "**ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DEL PIQUE CENTRAL Y PIQUE MASCOTA EN LA MINA YAURICOCHA, 2022**", presentado por el señor **Jesús Edward PERLACIOS QUISPE**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.01.14
18:36:00 -05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente



Firmado digitalmente
por Jaime Palomino
Claudio
Fecha: 2023.01.11
11:10:38 -05'00'

MSc. Ing. Jaime PALOMINO CLAUDIO
Jurado



Firmado digitalmente por Mg. Ing.
José Agustín Esparta Sánchez
Fecha: 2023.01.11 13:37:15 -05'00'

Mg. Ing. José Agustín ESPARTA SANCHEZ
Jurado Asesor



Firmado
digitalmente por Mg.
Ing. Johnny Henry
Ccatamayo Barrios
Fecha: 2023.01.12
08:21:06 -05'00'

MSc. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado

Firmado
digitalmente por
LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

c.c.:
Bach. Jesús Edward PERLACIOS QUISPE
Jurados (4)
Archivo

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel 066 312510
Anexo 151



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 002-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : PERLACIOS QUISPE Jesus Edward
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
Título de la Tesis : ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DEL PIQUE CENTRAL Y PIQUE MASCOTA EN LA MINA YAURICOCHA, 2022
Evaluación de la Originalidad : 28 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 1987985151

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 02 de enero del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Firmado digitalmente
por LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

24%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	19%
2	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	

1 %

10

www.repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

11

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

12

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

13

repositorio.uladech.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

14

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

15

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

16

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo