

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Análisis de estabilidad por elementos finitos para la aplicación de método de explotación por paneles con pilar central en minería subterránea de oro en mina Sandra k.

Michel Kenny Becerra Orozco

Trabajo de Grado para Optar el Título de Magister en Geotecnia

Director

M.Sc. Hebenly Celis Leguizamón

Magister en Geotecnia

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

Maestría en Geotecnia

Bucaramanga

2022

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Dedicatoria

Este título va dirigido como dedicatoria especial a mi esposa y familia, que siempre creyeron en mí y en poder sacar este proyecto estudiantil adelante, en especial este título va dirigido a mi bebé que se encuentra en gestación, quien ha impulsado este proyecto de tesis y poder finalizar con mis estudios de maestría.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a la directora de esta tesis para optar por el título de magister, M.Sc. Hebenly Celis, por cada hora que tomó la asesoría para realizar este trabajo, y su valiosa orientación indispensable para lograr finalizar este proyecto.

Así mismo agradezco a mi familia por alentarme para no desfallecer en el impulso de estudio y a Dios por brindarme tan grandiosa oportunidad, en una de las mejores universidades del país, la Universidad industrial de Santander – Facultad de ingeniería Civil.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Tabla de contenido

	Pag.
Introducción	13
1. Objetivos.....	15
1.1. Objetivo General.....	15
1.2. Objetivos Específicos	15
2. Marco de Referencia.....	16
2.1. Método de Explotación por Cámaras y Pilares.....	16
2.2. Clasificación de Macizo Rocoso.....	17
2.3. Clasificación Geomecánica de la Masa Rocosa	20
2.4. Criterio de Clasificación RMR de Bienaiswki (1989).....	20
3. Metodología.....	22
3.1. Tipo de Investigación.....	22
3.2. Método de Trabajo.....	22
3.3. Localización.....	22
4. Caracterización y Modelamiento del Problema.....	25
4.1. Caracterización Geomecánica del Material	25
4.2. Propuesta de Estabilización de Excavación.....	39
4.3. Modelamiento Paneles Inclinados	40

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

4.4. Secuencia de Minado	45
4.5. Diseño de Sostenimiento	46
4.6. Comportamiento de Macizo Rocosó con Sostenimiento a 2000 KPa	50
5. Conclusiones	54
6. Recomendaciones	55
Referencias Bibliográficas	57
Apéndices.....	58

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Lista tablas

Tabla 1 <i>Ensayo de laboratorio macizo rocoso</i>	25
Tabla 2 <i>Característica de la granodiorita</i>	28
Tabla 3 <i>Característica del dique</i>	29
Tabla 4 <i>Característica de la veta</i>	29
Tabla 5 <i>Propiedades físicas y elásticas del macizo rocoso y veta</i>	33
Tabla 6 <i>Resistencia a la compresión simple</i>	33
Tabla 7 <i>Resistencia a la compresión uniaxial</i>	33
Tabla 8 <i>Espesores litológicos</i>	34
Tabla 9 <i>Calidad de macizo rocoso RMR</i>	36
Tabla 10 <i>Base de datos de mapeo geomecánica-RMR</i>	36
Tabla 11 <i>Esfuerzo normal sin sostenimiento</i>	51
Tabla 12 <i>Esfuerzo normal con sostenimiento</i>	51

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Plano Espesores de litología</i>	23
Figura 2 <i>Litología presente interior mina</i>	24
Figura 3 <i>Análisis estadístico granodiorita</i>	29
Figura 4 <i>Análisis estadístico del dique</i>	30
Figura 5 <i>Análisis estadístico de la veta</i>	30
Figura 6 <i>Análisis de laboratorio de la granodiorita</i>	31
Figura 7 <i>Propiedades geomecánicas de la granodiorita</i>	31
Figura 8 <i>Análisis de laboratorio de la veta</i>	31
Figura 9 <i>Propiedades geomecánicas de la veta</i>	32
Figura 10 <i>Levantamiento de campo de espesores litológicos</i>	35
Figura 11 <i>Tiempo de auto sostenimiento de acuerdo con el RMR (Bieniawski 1989)</i>	38
Figura 12 <i>Toma de datos en campo de RQD</i>	38
Figura 13 <i>Elementos de sostenimiento pretensados</i>	39
Figura 14 <i>Aplicación in situ de elementos de sostenimiento pretensados.</i>	39
Figura 15 <i>Módulo de sostenimiento</i>	40
Figura 16 <i>Paso 1 distribución geométrica del corte</i>	41
Figura 17 <i>Paso 2 simulación de guías</i>	41
Figura 18 <i>Paso 3 extracción del mineral</i>	42

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 19 <i>Paso 4 extracción de mineral panel principal</i>	42
Figura 20 <i>Paso 5 sostenimiento con carga distribuida</i>	43
Figura 21 <i>Paso 6 restricciones ejes X, Y y Z</i>	43
Figura 22 <i>Paso 7 desarrollo de mallas</i>	44
Figura 23 <i>Paso 8 modelación</i>	44
Figura 24 <i>Plastificación final al realizar minado sobre el corte 6580</i>	45
Figura 25 <i>Sostenimiento sistemático CRT 6580</i>	47
Figura 26 <i>Carga inestable</i>	47
Figura 27 <i>Cálculo de factor de seguridad</i>	48
Figura 28 <i>Distribución de fuerzas en el Wood pack</i>	48
Figura 29 <i>Fuerza actuante</i>	49
Figura 30 <i>Análisis vertical con fuerzas resistentes</i>	49
Figura 31 <i>Análisis perpendicular con fuerzas resistentes</i>	49
Figura 32 <i>Extracción de Sigma 1 y 3</i>	50
Figura 33 <i>Comportamiento del panel con y sin sostenimiento</i>	52

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndices

Apéndice 1 <i>Resistencia a la compresión uniaxial con martillo Schmidt de veta</i>	58
Apéndice 2 <i>Resistencia a la compresión uniaxial con martillo Schmidt de dique</i>	59
Apéndice 3 <i>Estándar de instalación de woodpack</i>	60
Apéndice 4 <i>Especificaciones técnicas de los elementos instalados</i>	61
Apéndice 5 <i>Pre- Stressing units and headboards Jackpot and Jackpack</i>	62
Apéndice 6 <i>La bomba de aire de alta presión (HAP)</i>	63
Apéndice 7 <i>Envolvente de falla macizo rocoso granodiorita y veta</i>	64
Apéndice 8 <i>Ensayos de laboratorio</i>	67

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Glosario

Explotación: Conjunto de elementos o instalaciones destinados a sacar provecho de un producto natural.

Granodiorita: es una roca ígnea plutónica con textura fanerítica parecida al granito. Está principalmente constituida por cuarzo (>20%) y feldespatos, pero contrariamente al granito, contiene más plagioclasas que ortosa. Los minerales secundarios son la biotita, el anfíbol y el piroxeno.

Metales: Cuerpo simple, generalmente sólido a temperatura ambiente, que es buen conductor del calor y de la electricidad y que tiene un brillo característico; se emplea, a menudo en aleación con otro metal, en la fabricación de numerosos objetos.

Sostenimiento: el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Resumen

Título: Análisis de estabilidad por elementos finitos para la aplicación de método de explotación por paneles con pilar central en minería subterránea de oro en mina Sandra k.*

Autor: Michel Kenny Becerra Orozco**

Palabras Clave: RS3, elementos finitos, sostenimiento, paneles inclinados, pilares.

Descripción:

En este proyecto se realizó la caracterización geomecánica de una excavación de la mina Sandra k a partir de ensayos de compresión inconfiada y martillo Schmidt por el método RMR y también se modeló por medio del software RS3 donde se obtuvo un desplazamiento de 2,7 m para una sección sin sostenimiento. Se propuso un reforzamiento de la excavación por medio de pilares centrales y cuando las aberturas de cámaras superen los cuatro metros, se debe realizar sostenimiento mixto en madera y elementos hidráulicos Hydrabol, los cuales son Jackpack de 0,6 x 0,6 m y Jackpot de 180 mm. Estos elementos hidráulicos convierten el tipo de sostenimiento en activo, ya que por sí sola la madera para labores subterráneas conforma los elementos de sostenimiento pasivos. Una vez aplicado el sostenimiento se garantiza la recuperación del panel inclinado del 95% del mineral, esto se evidencia en campo una vez finalizado el corte piloto de paneles inclinado en mina Sandra K propiedad de Gran Colombia Gold.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Director Hebenly Celis Leguizamon.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Abstract

Title: Stability analysis by finite elements for the application of the panel mining method with a central pillar in underground gold mining at the Sandra k mine.*

Author: Michel Kenny Becerra Orozco**

Key Words: RS3, finite elements, support, inclined panels, pillars.

Description:

In this project the geomechanically characterization was done in an excavation of the Sandra k mine, this was carried out from simple compression tests and Schmidt hammer by the RMR method. It was also modeled by means of the RS3 software where a displacement of 2,734 m was obtained for a section without support. The central pillars were proposed for an excavation's reinforcement and when the chamber gap exceed four meters, mixed support must be made whit wood and Hydrabol hydraulic elements, like Jackpack of 0.6 x 0.6 m and jackpot of 180 mm. These hydraulic elements make the support an active support type because wood alone for underground work forms passive support elements. Once the support is applied to the inclined panel the 95% of mineral recovery can be guaranteed, this was evidenced on the field when pilot cutting of inclined panels in the Sandra K mine owned by Gran Colombia Gold was complete.

*Bachelor Thesis

** Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Director Hebenly Celis Leguizamon.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Introducción

Dado que la actividad minera en el Noreste del departamento de Antioquia se realiza de manera artesanal por sus habitantes y antepasados. Por tanto, En 1852 se marca un hito importante cuando a manos de inversionistas ingleses, llegan a esta zona realizando minería a lo largo del siglo XX. Asimismo, debido al aumento en la demanda de metales para la industria tecnológica, médica y joyería se observó la necesidad de extraer un mayor número de recursos de los diferentes tipos de metales del subsuelo. Por consiguiente, en la presente investigación se abordarán aspectos sobre la extracción de metales preciosos como el oro y minerales en liga intima, lo que bien se venía realizando desde hace aproximadamente 150 años en la región del noreste Antioqueño, de igual importancia, la extracción de metales preciosos se realiza a través de los métodos de explotación por cámaras y pilares. Actualmente, la extracción se realiza en las vetas mineralizadas teniendo una recuperación minera óptima del 80% en los sectores económicos de la zona a explotar. Con el fin de optimizar el proceso de minado se realizó la puesta en marcha de un nuevo método de explotación por tajos cortos con pilares centrales que se explotaran por medio de dos guías y dos tambores las cuales llamaremos como conducciones y tambores. El método de explotación plantea la extracción de la veta mineralizada a lo largo de un panel de 35 * 25 m los cuales contaran con 4 pilares centrales y zonas completamente abiertas después de realizado el proceso de minado.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Para la fase de extracción de mineral se realizará una técnica de sostenimiento mixta con estructuras de soporte de madera y sostenimiento hidráulico con Jackpack y Jackpot, lo cual garantizará la estabilidad de la roca que sufrirá deformación por la extracción de la zona mineralizada.

Para la aplicación de este nuevo método de explotación se realizó un análisis de estabilidad del macizo rocoso por elementos finitos, la misma que ha dado como resultado, la aplicación de alternativas de sostenimiento y con ello determinar el procedimiento respectivo, para la instalación del sostenimiento. Se debe brindar capacitación al personal que realizará dichas labores, para garantizar una instalación correcta de los módulos que garantizarán la estabilidad de la zona donde se tendrá expuesto a personal realizando labores de explotación. Lo anterior se realiza de manera sistemática a lo largo del panel principal de explotación siendo este un estándar de seguridad para los colaboradores de la compañía.

Para las aplicaciones de este nuevo método de explotación en campo fueron necesarios los cálculos de sostenimiento por medio de elementos finitos en el Software RS3 de Rockscience, el cual consiste en generar un análisis del método de explotación, como primera medida el macizo rocoso in situ, y posterior a este con el proceso de extracción del mineral (veta de cuarzo con presencia de sulfuros asociados al mineral de oro). Una vez realizado el análisis por elementos finitos, se procede a realizar el cálculo de acuerdo con los parámetros de resistencia de los materiales los cuales serán el sostenimiento de dicho corte dando como resultado un factor de seguridad por encima de 1,5 el cual se evidencia en campo actualmente.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

1. Objetivo

1.1. Objetivo General

Realizar análisis de elementos finitos por medio de Software RS3 del comportamiento de los esfuerzos del macizo rocoso en zona donde se realizará el proceso de minado y dar solución de sostenimiento a la zona excavada.

1.2. Objetivos Específicos

Tomar datos estructurales, resistencia a la compresión inconfiada y potencias de litología in situ de las estructuras a minar.

Calcular las calidades de macizo rocoso por el método Rock Mass Rating (RMR), (Bieniawski), zonificado cada 25m.

Simular en software RS3 del comportamiento de esfuerzos que dejara la apertura de tajo cortó en zona explotada.

Definir el método de sostenimiento para el método de explotación por paneles.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

2. Marco de Referencia

En el Distrito Minero Segovia Remedios (DMSR) se tiene actividad minera tecnificada desde hace más de 150 años con la llegada de la compañía Frontino Gold Mines (FGM); sin embargo, la actividad minera en la región se remonta a la época de la conquista española. Diferentes fuentes sugieren que se han extraído más de 5 millones de onzas de oro y que existe potencial aún para otros 3 millones (Echeverry, Cárdenas, & Ordoñez, 2009). no obstante, la situación supone un importante reto en términos de optimización del recurso mediante métodos de explotación tanto para la rehabilitación de zonas explotadas previamente como el mejor aprovechamiento posible de las zonas in situ.

2.1. Método de Explotación por Cámaras y Pilares

Es un método donde la zona de extracción de mineral se realiza en cuerpos mineralizados horizontales o buzamientos que no superan los 35° caso particular minado realizado en vetas auro argentíferas yacimiento del distrito minero Segovia – remedios (DMSR), el método consiste en realizar tajeos o cámaras dejando en estas zonas intactas que actúen como pilares de sostenimiento para soportar la carga vertical que induce el macizo rocoso sobre la excavación abierta, los pilares se diseñan con el fin de obtener el mayor porcentaje de recuperación del yacimiento (Harraz, 2015).

En algunos casos no se planea con mucha precisión la ubicación de los pilares, en estos casos el operador de la mina simplemente por la experiencia va dejando los pilares donde sea

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

necesario ubicándolos en zonas de menor valor de mineral o zona de estéril. Dichos pilares generalmente son de tamaño uniforme para soportar el techo, estos pueden o no ser eliminados después de la extracción del mineral.

El método de cámaras y pilares es ampliamente utilizado en minas de carbón. En los años 70 en los EE.UU., más del 50% de la producción de carbón (subterránea) provino de este método. (Harraz, 2015).

Las condiciones del depósito para la aplicación de método de cámaras y pilares en roca dura deben de ser resistencia de roca moderada a alta, forma vetiforme variable, buzamiento menor a 30° a horizontal y profundidad de moderada, para la aplicación de dicho método de explotación.

2.2. Clasificación de Macizo Rocosos

Para conocer la masa rocosa, hay necesidad de observar en el techo y los hastiales de las labores mineras, las diferentes propiedades de las discontinuidades, para lo cual se debe primero lavar el techo y las paredes. A partir de estas observaciones se podrán sacar conclusiones sobre las condiciones geomecánicas de la masa rocosa. Debido a la disposición geológica variante de la masa rocosa el personal encargado de realizar la recolección de datos de campo y características deberá realizar en forma permanente una evaluación de las condiciones geomecánicas, conforme avanzan las labores, tanto en desarrollo como en explotación, para ello se debe acudir a los múltiples métodos de evaluación de macizo rocoso que describen diferentes autores tal como lo son RMR (Rock Mass Rating) (Bieniawski 1989), Q de Barton (Barton 2000) entre otros (Castro alvaro. 2013). Para el levantamiento en campo se deberá realizar mapeo de cada una de las discontinuidades, a lo cual se le denominará mapeo geomecánica.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Para realizar el mapeo geomecánico se realiza utilizando métodos como el “registro lineal”, para lo cual debe extender una cinta métrica en la pared rocosa e ir registrando todos los datos referidos a las propiedades de las discontinuidades, teniendo cuidado de no incluir en ellos las fracturas producidas por la voladura. Los datos se irán registrando en formatos elaborados para este fin (levantamiento geomecánico. GCG), posteriormente dichos datos serán procesados en oficina para obtener resultados los cuales se plasmarán en planos de labores mineras.

En general masa rocosa presenta tres tipos de características:

- Roca intacta: es competente y las discontinuidades tienen propiedades favorables, que pueden ser evaluadas por el método de clasificación que se determine.
- Roca intermedia: presenta condiciones regulares cuando es excavada, según evaluación geomecánica se debe recomendar sostenimiento a instalar.
- Roca intacta débil: presenta baja resistencia y las discontinuidades tienen propiedades desfavorables, el macizo rocoso presentara problemas de estabilidad cuando sea excavado.

Tomando lo anteriormente descrito se pueden establecer criterios según la resistencia de la roca tomando datos de campo correlacionados con el número de golpes del martillo geológico:

- Resistencia muy alta: Solo se astilla con varios golpes del martillo geológico.
- Resistencia alta: Se rompe con más de 3 golpes del martillo geológico.
- Resistencia media: Se rompe con 1 a 3 golpes del martillo geológico.
- Resistencia baja: Se intenta superficialmente con la punta del martillo geológico.
- Resistencia muy baja: Se indenta profundamente con la punta del martillo geológico. (Manual Caída de rocas,2004.) para clasificar la masa rocosa tomando en cuenta las características del fracturamiento (o grado de presencia de las

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

discontinuidades), se mide a lo largo de un metro lineal cuantas fracturas se presentan de la siguiente manera:

- Masiva o levemente fracturada: 2 a 6 fracturas /metro.
- Moderadamente fracturada: 6 a 12 fracturas/metro.
- Muy fracturada: 12 a 20 fracturas/metro.
- Intensamente fracturada: Más de 20 fracturas/metro.
- Triturada o brechada: Fragmentada, disgregada, zona de falla, gauss de falla.

Si tomamos en cuenta algunas propiedades de las paredes de las discontinuidades como la apertura, rugosidad, relleno y meteorización o alteración, la clasificación de la masa rocosa es la siguiente:

- Condición Muy Buena: Si las discontinuidades están cerradas, muy rugosas y están frescas.
- Condición Buena: Si están ligeramente abiertas, moderadamente rugosas y tienen manchas de oxidación.
- Condición Regular: Si están moderadamente abiertas, ligeramente rugosas a lisas y presentan oxidación.
- Condición Mala: Si están abiertas, lisas y presentan relleno blando (por ejemplo, limo o panizo).
- Condición Muy Mala: Si están muy abiertas, estriadas y tienen relleno blando arcilloso. (Manual Caída de rocas,2004.)

Adicionalmente a lo anterior, se debe mirar otros factores como:

- A la presencia de agua.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

- A la presencia de los esfuerzos o también denominados presiones de la roca o del terreno.
- A la presencia de fallas principales.

La presencia de estas características en los macizos rocosos por lo general son un efecto de disminución de calidad en la evaluación mecanicismo.

2.3. Clasificación Geomecánica de la Masa Rocosa

Para realizar una clasificación de macizo rocoso de manera sistemática, existen en la actualidad métodos de clasificación geomecánica los cuales son ampliamente aplicados en las minas subterráneas de cualquier tipo de mineral a nivel mundial, de los cuales se nombran algunos como lo son Q de Barton y colaboradores (1974), Laubscher (1977), Bieniawski (1989), Hoek y Marinos (2000) y otros.

Por su simplicidad y utilidad, presentamos aquí los criterios RMR (Valoración de a Masa Rocosa) de Bieniawski (1989) y GSI (Índice de Resistencia Geológica) de Hoek y Marinos (2000), los mismos que se determinan utilizando los datos de los mapeos geomecánicos efectuados en los hastiales de las labores mineras o en modelacion por elementos finitos.

2.4. Criterio de Clasificación RMR de Bienaiswki (1989)

Este criterio clasificación de macizo rocoso toma en cuenta cinco parámetros:

- Resistencia compresiva (R_c) de la roca intacta, que puede ser determinada con golpes de martillo geológico relacionado con correlación de golpes descrito anteriormente o con otros procedimientos como los ensayos de laboratorio o toma de datos por martillo Schmidt.
- El Rock Quality Designation (RQD), que puede ser determinado utilizando los testigos de las perforaciones diamantinas. El RQD es el porcentaje de trozos de

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

testigos recuperados mayores a 10 cm, de la longitud total del taladro, o toma en campo con medidas puntuales sobre la roca a evaluar. A continuación, se enuncia fórmula para el cálculo de RQD:

$$RQD = \left(\frac{\sum \text{Testigos} \geq 10\text{cm}}{\text{Longitud del taladro}} \right) * 100\%$$

La definición de roca por RQD tiene como autor principal o versión más utilizada de D. U, Deere. (1964).

- El espaciamiento de las discontinuidades.
- Las condiciones de las discontinuidades, donde se observan las características de persistencia, apertura, rugosidad, relleno y meteorización.
- Presencia de agua.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

3. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo al tomar descripciones en campo del estado de las condiciones geomecánicas de las rocas al interior de los bloques de explotación en interior mina, dentro de los cuales nos regiremos también por parámetros cuantitativos por presencia de toma de datos de laboratorio para la inclusión en el estudio.

Dentro de los parámetros cuantitativos se toman muestras de campo para realizar ensayos a la compresión incofinada donde nos da resultados de la litología presente en el subsuelo.

3.2. Método de Trabajo

Se realizó toma de datos en campo para determinar direcciones de familias de discontinuidades y resistencia a la compresión simple tomados por martillo Smichtd se tomaron un total de 15 datos (cada toma de datos se realizó con 20 golpes de martillo para realizar promedio del mismo), dado a que el martillo Smichtd que se utilizó para dicha toma de datos es digital (marca proced), no fue necesaria la corrección para la obtener los del parámetros de resistencia, con lo cual se realiza el análisis en Software RS3.

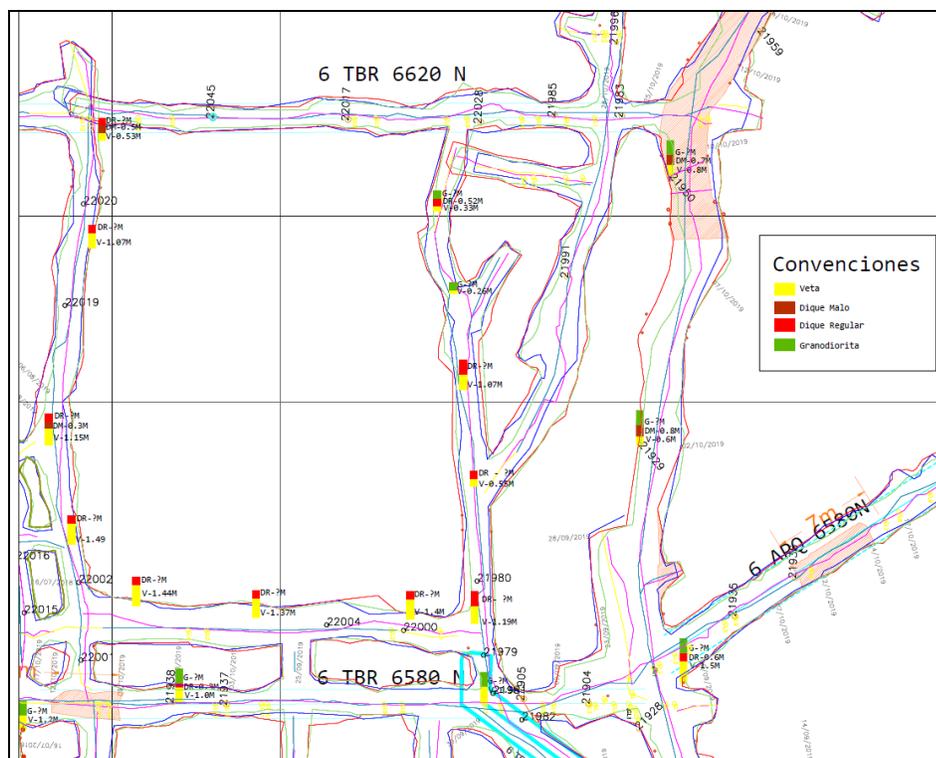
3.3. Localización

El modelamiento se realizó en el panel comprendido en el sector del corte entre el 6 TBR 6580 Norte y 6 TBR 6620 Norte entre conducciones 1 y 2 Norte, como se muestra en la Figura 1.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 1

Plano Espesores de litología



Este sector está comprendido por tres tipos de roca las cuales son veta de cuarzo lechoso con presencia de pirita (Py), Esfalerita (Sp) y Galena (Gn), un dique andesítico y la granodiorita como se muestra en la Figura 2. La veta denominada “Sandra K Techo” presenta un dique Andesítico que puede estar al techo o al piso, en su mayoría tiene como roca encajante la granodiorita que se encuentra presente en el techo y piso de esta veta. El comportamiento de la roca encajante de la veta es diferente cuando se encuentra en presencia de dique, este presenta un comportamiento frágil lo cual hace susceptible a la falla.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 2

Litología presente interior mina



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

4. Caracterización y Modelamiento del Problema

4.1. Caracterización Geomecánica del Material

Para la caracterización de las propiedades geomecánicas de la masa rocosa se realizaron ensayos de laboratorio como lo fueron ensayos de UCS, ensayo de tracción indirecta, ensayos triaxiales, ensayos de carga puntual y en campo se realizaron toma de datos para resistencia con martillo Schmidt, los sondeos realizados para la toma de muestras y análisis de datos se tomaron de sondeos previos realizados de manera exploratoria para la confirmación del mineral a interior mina.

En la siguiente Tabla 1 se observan la totalidad de los ensayos realizados a las litologías presentes en el macizo rocoso de mina Sandra k, los cuales se presentan en los apéndices al final del documento.

Tabla 1

Ensayo de laboratorio macizo rocoso

Tipo de ensayo	Litología	N° Muestra	s1 UCS (Mpa)	E (Gpa)	Poison ratio	Peso unitario seco (kN/m3)	Carga de ruptura P(KN)	Índice de resistencia a carga puntual (Is50) (Mpa)	Fecha	Laboratorio
UCS	Dique	D202543	129	15		28			24-ene-17	Unal Med
UCS	Dique	D202553	113	8		28			24-ene-17	Unal Med
UCS	Dique	D202554	78	7		28			24-ene-17	Unal Med
UCS	Granodiorita	D202541	111	10		27			24-ene-17	Unal Med
UCS	Granodiorita	D202542	101	12		27			24-ene-17	Unal Med

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

UCS	Granodiorita	D202551	105	12		27		24-ene-17	Unal Med	
UCS	Granodiorita	D202552	64	5		27		24-ene-17	Unal Med	
CP	Veta/cuarzo	ZC-PLT-004	66				9	3	14-dic-17	Geomecánica Integral S.A.S.
CP	Veta/cuarzo	ZC-PLT-006	70				15	3	14-dic-17	Geomecánica Integral S.A.S.
CP	Veta/cuarzo	ZC-PLT-007	134				32	6	14-dic-17	Geomecánica Integral S.A.S.
TI	Veta/cuarzo	ZC-TI-007					26		14-dic-17	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Granodiorita	ZC-UCS-030	71	66	0	28			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Granodiorita	ZC-UCS-031	61	47	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Granodiorita	ZC-UCS-032	81	69	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Granodiorita	ZC-UCS-033	93	50	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Granodiorita	ZC-UCS-034	82	49	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Veta/cuarzo	ZC-UCS-045	49	47	0	25			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Veta/cuarzo	ZC-UCS-046	27	88	0	25			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Veta/cuarzo	ZC-UCS-047	24	83	0	25			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Veta/cuarzo	ZC-UCS-048	47	72	0	26			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
UCS	Veta/cuarzo	ZC-UCS-049	67	55	0	24			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-008.1	112	33	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-008.2	155	57	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-008.3	136	38	0	27			29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

								S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-008.4	144	84	0	28	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-009.1	156	74	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-009.2	189	58	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-009.3	95	135	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-009.4	143	35	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-010.1	186	43	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-010.2	103	45	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-010.3	76	16	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Granodiorita	ZC-TX-010.4	160	46	0	27	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-017.1	30	67	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-017.2	30	50	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-017.3	38	65	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-017.4	62	65	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-018.1	82	68	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-018.2	44	86	0	26	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-018.3	100	66	0	26	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-018.4	48	56	0	28	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
TX	Veta/cuarzo	ZC-TX-019.1	68	96	0	26	29-jul-18	Geomecánica Integral

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

								S.A.S.		
TX	Veta/ cuarzo	ZC-TX- 019.2	89	86	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.		
TX	Veta/ cuarzo	ZC-TX- 019.3	91	111	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.		
TX	Veta/ cuarzo	ZC-TX- 019.4	99	92	0	25	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.		
TI	Veta/ cuarzo	ZC-TI-007					26	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.	
TI	Granodi orita	ZC-TI-012					45	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.	
TI	Granodi orita	ZC-TI-013					15	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.	
TI	Veta/ cuarzo	ZC-TI-018					14	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.	
TI	Veta/ cuarzo	ZC-TI-019					15	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.	
CP	Veta/ cuarzo	ZC-PLT- 004	66				9	3	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
CP	Veta/ cuarzo	ZC-PLT- 006	70				15	3	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.
CP	Veta/ cuarzo	ZC-PLT- 007	134				32	6	29-jul-18	Geomecánica Integral S.A.S.

Nota: Los datos presentados en la siguiente tabla son tomados de fuente propia y son propiedad de GCG.

Una vez obtenidos los ensayos de laboratorio y culminado el levantamiento de datos de campo con martillo Schmidt, se realizó la tabulación estadística para obtener parámetros promedios de UCS En MPa como se observa en las Tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2

Característica de la granodiorita

Parameter	Avg (Mpa)	Std. Dev (MPa)	CV	25th Percentile (Mpa)	75th percentile (Mpa)	Min UCS MPa	Max UCS MPa
UCS	90	17	19%	82	102	54	117

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Tabla 3

Característica del dique

Parameter	Avg (Mpa)	Std. Dev (MPa)	CV	25th Percentile (Mpa)	75th percentile (Mpa)	Min UCS MPa	Max UCS MPa
UCS	97	21	21%	78	111	67	129

Tabla 4

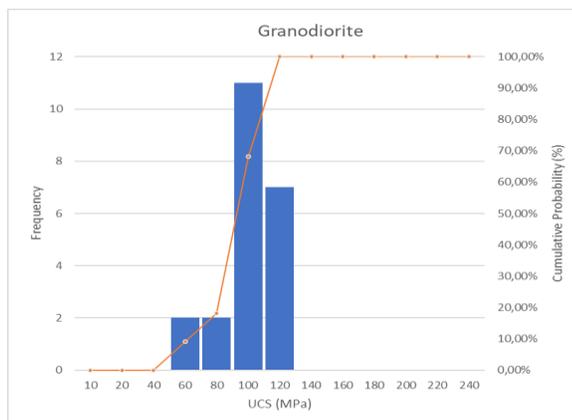
Característica de la veta

Parameter	Avg (Mpa)	Std. Dev (MPa)	CV	25th Percentile (Mpa)	75th percentile (Mpa)	Min UCS MPa	Max UCS MPa
UCS	61	13	21%	48	71	47	81

Por otra parte, se desarrolló el análisis estadístico para la litología de los siguientes tipos de roca; granodiorita, dique, veta en mina Sandra k, como se observa en las Figuras 3, 4 y 5. Una vez realizado el análisis estadístico que surge a través de los resultados de laboratorio, se concluye que para caracterización de las litologías se tiene una distribución normal de la población de muestras que se incluyeron para la caracterización geomecánica del material.

Figura 3

Análisis estadístico granodiorita



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 4

Análisis estadístico del dique

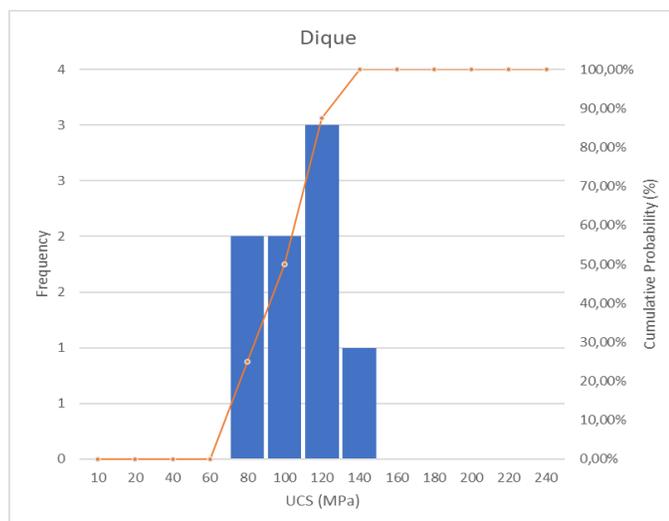
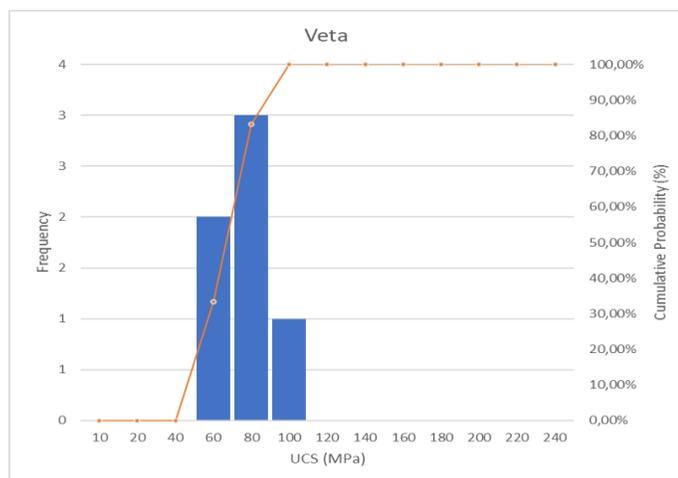


Figura 5

Análisis estadístico de la veta



Para determinar las propiedades geomecánicas de los materiales fue necesario el programa Rocdata donde se procesaron los datos obtenidos en campo y los ensayos de laboratorio como se observa en la Figura 6, para el análisis de laboratorio de la granodiorita, la Figura 7 para las propiedades geomecánicas de la granodiorita, siendo estas las propiedades. Por

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

otra parte, en la Figura 8 se observa el análisis de laboratorio de la veta y en la Figura 9 se observa las propiedades geomecánicas de la veta mediante la ejecución del software Rocdata.

Figura 6

Análisis de laboratorio de la granodiorita

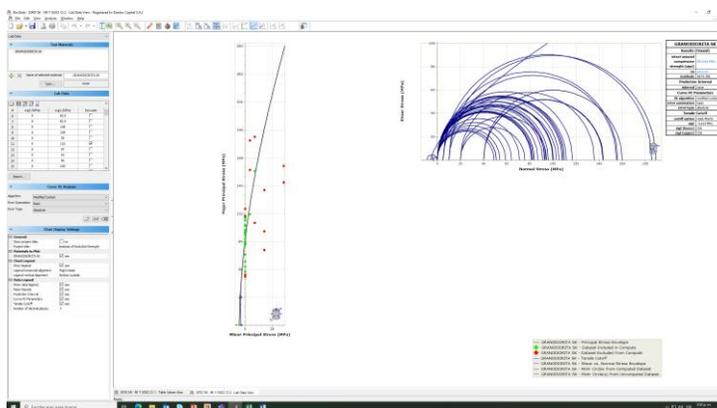


Figura 7

Propiedades geomecánicas de la granodiorita

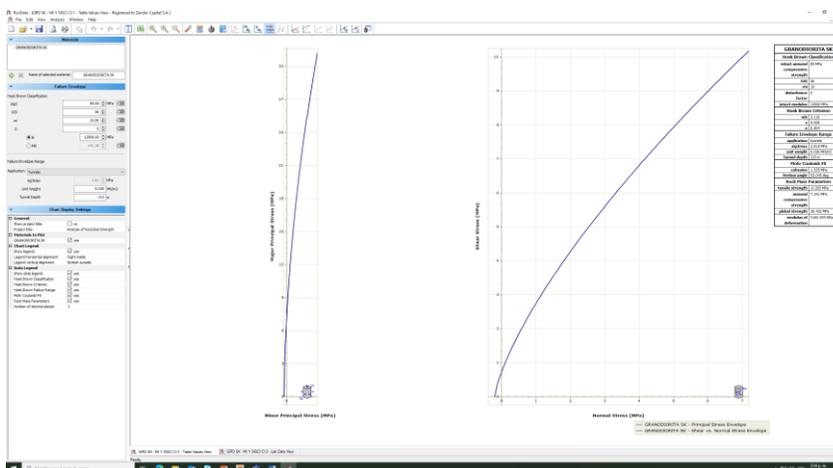


Figura 8

Análisis de laboratorio de la veta

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

intacta (mi) se tomó por correlación en el ingreso de datos en el programa Rocdata, el peso específico de la roca y la resistencia a la compresión simple se determinaron a partir de ensayos de laboratorio realizados en la Universidad Nacional y el laboratorio de Geomecánica Integral SAS. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5

Propiedades físicas y elásticas del macizo rocoso y veta

	Modulo de Young (GPa)	Poisson	mi	Peso Específico (KN/m3)	Resistencia Compresión Simple (MPa)
Granodiorita	51.60	0.3	15	27	90
Veta	34.47	0.3	11	18	61
Dique Andesítico	6.69	0.3	11	22	97

Con el fin de verificar los resultados de compresión inconfiada, se realizaron ensayos en campo con el martillo Schmidt. A partir de los cuales, se pudo confirmar los datos obtenidos de laboratorio, ya que en promedio se obtuvo un valor de 41 MPa para la veta y 75 para el dique andesítico. Los ensayos realizados se presentan en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6

Resistencia a la compresión simple

Numero de toma	Sigci (MPa)	Lugar de toma	Descripción
1	46,5	TBR-CRT 6580	Cuarzo lechoso, mineralización de + O - Py/Sp/Gn en PAT, DSM y VNS.
2	32	TBR-CRT 6580	
3	37	TBR-CRT 6580	
4	40,5	Primera conducción norte	
5	35,5	Primera conducción norte	
6	55	Segunda conducción norte	
7	39,5	Segunda conducción norte	

Tabla 7

Resistencia a la compresión uniaxial

Numero de toma	Sigci (Mpa)	Lugar de toma	Descripción
1	76	TBR-CRT 6580- Original	Dique andesitico, con

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

2	73	TBR-CRT 6580	Py DSM, con presencia de alteraciones argólicas(puntuales).
3	71,5	TBR-CRT 6580	
4	79,5	Primera conducción norte	
5	75,5	Primera conducción norte	
6	74	Segunda conducción norte	
7	72	Segunda conducción norte	
8	80,5	Segunda conducción norte	

La zonificación de las litologías se levantó en campo con el fin de determinar la presencia de dique en el corte 6580 y poder simular en el modelo la máxima apertura de cámara siendo esta de 1.5 metros, los espesores litológicos se evidencian en la Tabla 8 y en la Figura10, se observa el levantamiento en campo de los espesores litológicos.

Tabla 8

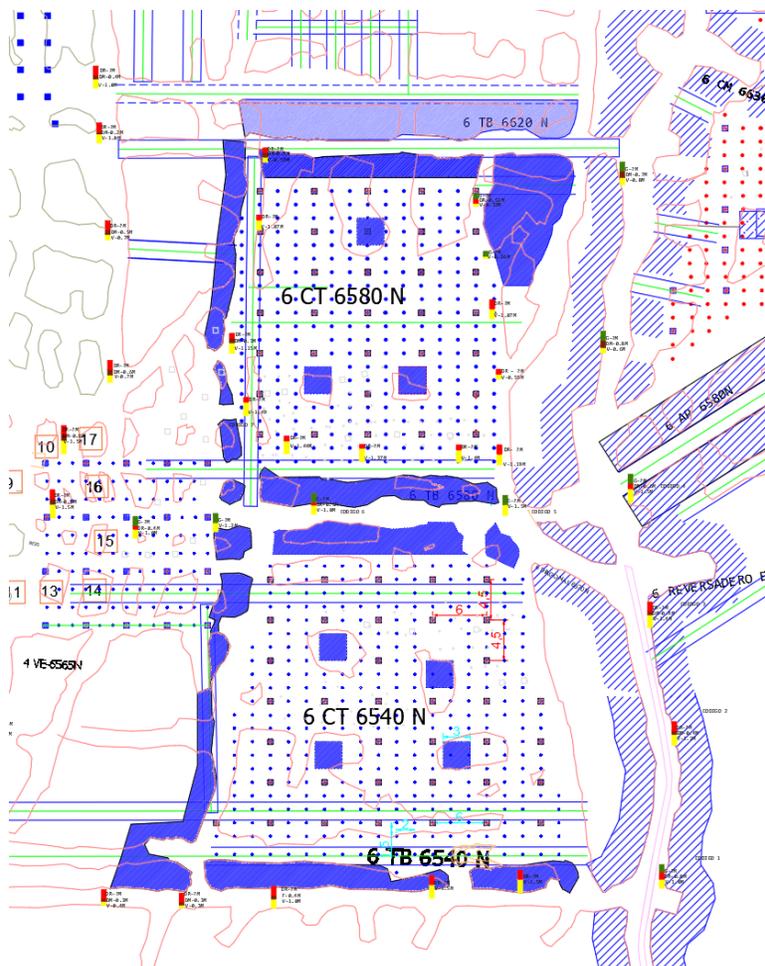
Espesores litológicos

Código	Zona	Coordenadas		Litología	Espesor (m)
		Este	Norte		
1	6 GUIA 6430 N	932774.643	1275480.766	Granodiorita	-
				Dique	0.8
				Veta	1.5
2	6 GUIA 6430 N	932776.031	1275496.831	Granodiorita	-
				Dique	0.4
				Veta	1.2
3	6 GUIA 6430 N	932773.352	1275509.903	Granodiorita	-
				Dique	0.4
				Veta	1.4
4	6 GUIA 6430 N	932771.24	1275523.949	Granodiorita	-
				Dique	0.6
				Veta	1.5
5	6 TBR 6580 N	932757.282	1275521.736	Granodiorita	-
				Dique	n/a
				Veta	1.5
6	6 TBR 6580 N	932757.282	1275521.736	Granodiorita	-
				Dique	n/a
				Veta	1.5
7	6 COND 6580 N	932728.794	1275532.578	Granodiorita	-
				Dique	n/a
				Veta	1.5

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 10

Levantamiento de campo de espesores litológicos



Se realizó un levantamiento geomecánico en campo por el método Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski, 1989). Donde se determinó la calidad del macizo rocoso. Por otra parte, los valores del RMR se presentan en la Tabla 9 los valores resumidos de la calidad de macizo rocoso, en la Tabla 10 se presentan los datos tomados para los valores totales de RMR, Una vez se realizó el levantamiento en campo de las calidades del macizo rocoso por medio del ábaco de sostenimiento (Bieniawski, 1989), se logró determinar la capacidad de autoaporte del macizo rocoso, como se observa en la Figura 11.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Tabla 9

Calidad de macizo rocoso RMR

Mina	Lugar	Fecha	RMR	Calidad	Tiempo Autosoporte
Sandra K	6 TBR 6580	18/01/2020	59	Regular	Mas de un mes
Sandra K	6 TBR 6580	21/11/2019	81	Muy Buena	Mas de 10 años
Sandra K	6 GUIA 6400 N	27/12/2019	67	Buena	Mas de un año
Sandra K	6 GUIA 6430 N	7/12/2019	42	Regular	Un día
Sandra K	6 CRT 6495 N	5/12/2019	60	Regular	Mas de un mes
Sandra K	6 CRT 6540 N	7/12/2019	73	Buena	Mas de un año
Sandra K	6 CRT 6540 N	27/12/2020	70	Buena	Mas de un año

Tabla 10

Base de datos de mapeo geomecánica-RMR

Fecha	Datos		RQD (%)	Litología Roca	Valoración del Macizo Rocosó										RM R	G SI
	Mina	Ubicación			Resi t.	Resi t.	RQD (%)	Esp ac	Pers	Aper r	R ug	Re ll	Inte m.	A Sub.		
6/12/2019	Sandra K	Ap. De mineral	24	Granodiorita	85	7	3	8	2	4	1	2	3	15	45	40
25/11/2019	Sandra K	Nv 3 Cam E 7000	75	Granodiorita	85	7	17	15	4	6	6	6	5	15	81	76
9/12/2019	Sandra K	Nv5 Ap. 6865	65	Granodiorita	85	7	13	10	4	6	5	6	5	15	71	66
19/12/2019	Sandra K	Nv 0 Tanque 0	68	Granodiorita	85	7	13	10	2	4	5	4	6	15	66	61
18/01/2020	Sandra K	6TBR 6655	65	Granodiorita	85	7	13	10	2	4	5	2	6	15	64	59
21/11/2019	Sandra K	Nv 6 6580 APQ	66	Granodiorita	85	7	13	15	4	6	5	6	6	15	77	72
27/12/2019	Sandra K	Nv 6 Nicho eléctrico	48	Granodiorita	85	7	8	8	2	4	5	4	6	15	59	54
27/12/2019	Sandra K	Plomo Nv 6 a 25 m	65	Granodiorita	85	7	13	10	2	5	5	4	6	15	67	62
7/12/2019	Sandra K	6 GUIA 6430 N	45	Granodiorita	85	7	8	10	2	5	5	6	2	15	60	55
5/12/2019	Sandra K	Nv 6 6495 plano	70	Granodiorita	85	7	13	10	1	6	5	6	5	15	68	63
4/12/2019	Sandra K	Veta Cagui Nv 0	70	Granodiorita	85	7	13	10	4	4	6	4	2	15	65	60
25/11/2019	Sandra K	Nv 4 6840	64	Granodiorita	85	7	13	10	1	4	5	2	5	15	62	57
21/11/2019	Sandra K	4XC S 6400 N	51	Granodiorita	85	7	13	8	4	4	5	1	6	15	63	58
5/12/2019	Sandra K	Nv 6 APQ 6400	49	Granodiorita	85	7	8	10	2	4	5	4	6	15	61	56
7/12/2019	Sandra K	Nv 6 Reversadero	66	Granodiorita	85	7	13	15	2	1	6	4	5	15	68	63

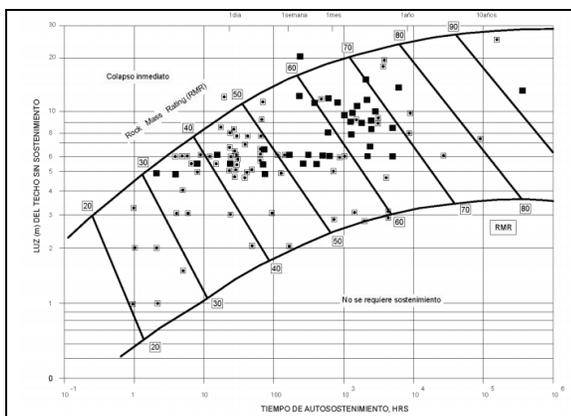
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

techo																
27/12/2019	Sandra K	Nv 6 Sur	70	Granodiorita	85	7	13	10	2	6	5	6	6	15	70	65
18/01/2021	Sandra K	6 TBR 6580 N	59		85	7	13	5	1	1	5	6	6	15	59	54
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430 nv 0	50	Granodiorita	85	7	13	8	2	1	3	1	3	15	53	48
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	50	Granodiorita	85	7	13	8	2	1	3	2	5	15	56	51
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	60	Granodiorita	85	7	13	10	4	4	3	4	5	15	65	60
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430 nv 0	10	Dique	90	7	3	5	1	0	0	0	2	15	33	28
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	30	Dique	90	7	8	10	1	0	0	0	2	15	43	38
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	40	Dique	90	7	8	10	2	1	3	2	3	15	51	46
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	40	Dique	90	7	8	10	4	0	3	2	5	15	54	49
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	70	Granodiorita	85	7	13	10	4	4	6	4	2	15	65	60
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	15	Granodiorita	85	7	3	10	1	0	0	0	2	15	38	33
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	40	Granodiorita	85	7	8	10	2	1	3	2	3	15	51	46
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	70	Granodiorita	85	7	13	10	1	6	5	6	5	15	68	63
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	10	Falla	90	7	3	5	0	0	0	0	2	4	21	16
13/11/2020	Sandra K	Ap 6430	40	Granodiorita	85	7	8	10	2	5	5	6	2	15	60	55
13/11/2020	Sandra K	Guía Nv 6	10	Falla	30	4	3	10	1	0	0	0	3	7	28	23
13/11/2020	Sandra K	Guía Nv 6	50	Granodiorita	85	7	13	10	2	1	3	0	3	15	54	49
13/11/2020	Sandra K	Guía Nv 6	10	Falla	20	2	3	10	4	1	3	2	5	10	40	35
13/11/2020	Sandra K	Zona taller Nv 6	70	Granodiorita	85	7	13	15	2	5	5	2	5	15	69	64
13/11/2020	Sandra K	Zona taller Nv 6	60	Granodiorita	85	7	13	15	2	5	5	2	5	15	69	64
13/11/2020	Sandra K	By pass Nv 0	60	Granodiorita	85	7	13	10	4	1	3	4	5	15	62	57
13/11/2020	Sandra K	xc servicios Nv 0	50	Granodiorita	85	7	13	8	4	1	3	1	5	15	57	52
13/11/2020	Sandra K	By pass Nv 0	60	Granodiorita	85	7	13	10	1	6	5	6	5	15	68	63
13/11/2020	Sandra K	xc 6485 Nv 0	24	Granodiorita	85	7	3	8	2	4	1	2	3	15	45	40
13/11/2020	Sandra K	xc 6485 Nv 0	40	Granodiorita	85	7	8	10	1	5	3	2	5	15	56	51

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 11

Tiempo de auto sostenimiento de acuerdo con el RMR (Bieniawski 1989)



Para el levantamiento realizado en campo del Rock Quality Desing (RQD) se utilizó el flexómetro, como se observa en la Figura 12, donde se tuvo como referencia un metro de roca para la toma de la sumatoria del espaciamento de las diaclasas superiores a 10 centímetros según se explicó en el marco de referencia.

Figura 12

Toma de datos en campo de RQD



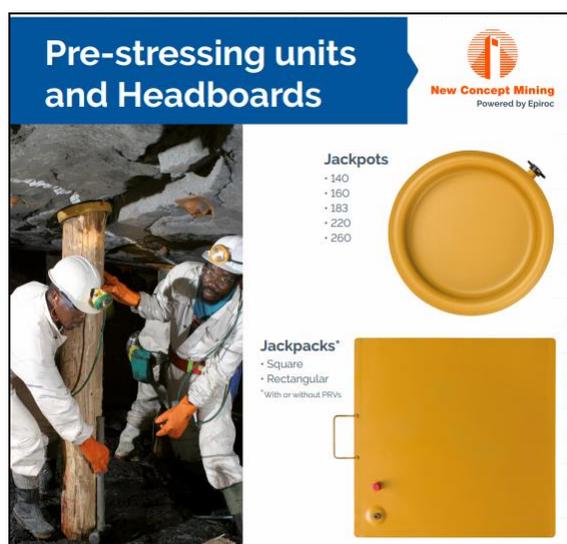
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

4.2. Propuesta de Estabilización de Excavación

La propuesta de estabilización de la excavación se seleccionó con base en el análisis geomecánico y la experiencia desarrollada en campo. Por consiguiente, se propuso el sistema de sostenimiento: puntales de madera con Jackpot y canastas de madera con Backpack, como se observa en la Figura 13. Por otra parte, en la Figura 14, se observa la aplicación in situ de los elementos de sostenimiento pretensados.

Figura 13

Elementos de sostenimiento pretensados



Nota: La imagen pertenece a la empresa New Concept Mining

Figura 14

Aplicación in situ de elementos de sostenimiento pretensados.

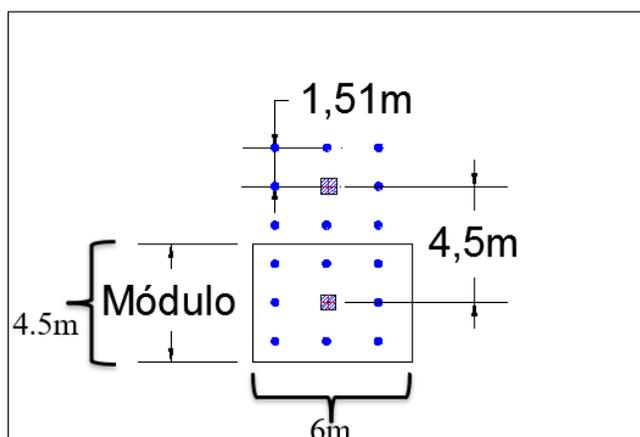


ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Un módulo de sostenimiento está constituido por una canasta de madera con Jackpack de 1 x 1 metros en la parte intermedia y a su vez, este se encuentra rodeado por ocho puntales de madera con jackpot en la parte superior de 180 milímetros de diámetro, ver Figura 15.

Figura 15

Módulo de sostenimiento



4.3. Modelamiento Paneles Inclinados

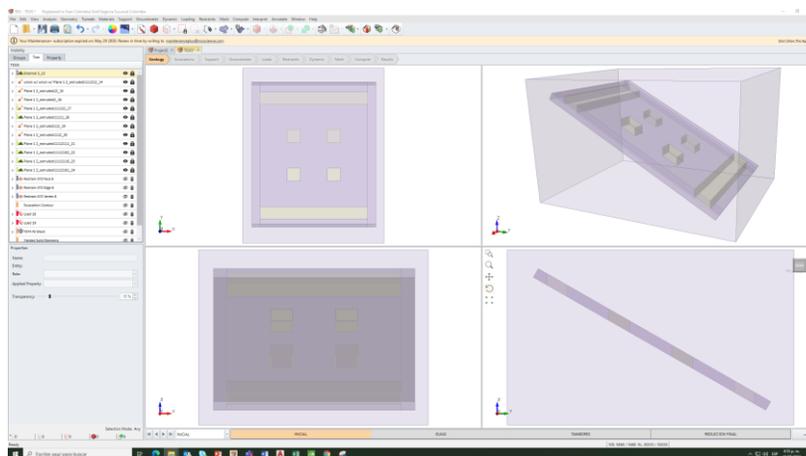
Para el modelamiento se realizó una sección con el buzamiento de la veta y una sección con el azimut de la veta. El modelamiento se realizó mediante el software RS3 de Rocscience y el análisis fue por deformación, los parámetros del macizo rocoso se obtuvieron a partir del software Rocdata y de los parámetros mecánicos de la roca tabulados en la Tabla 5.

De lo anterior, se puede observar el paso a paso del proceso realizado en el Software RS3, como se observa en la Figura 16, el paso 1 corresponde a la geométrica del corte, el cual fue objeto de la explotación minera, por otra parte, se hizo la inserción de un panel inclinado con 30 grados de buzamiento en promedio, siendo este el buzamiento real de la veta en campo.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 16

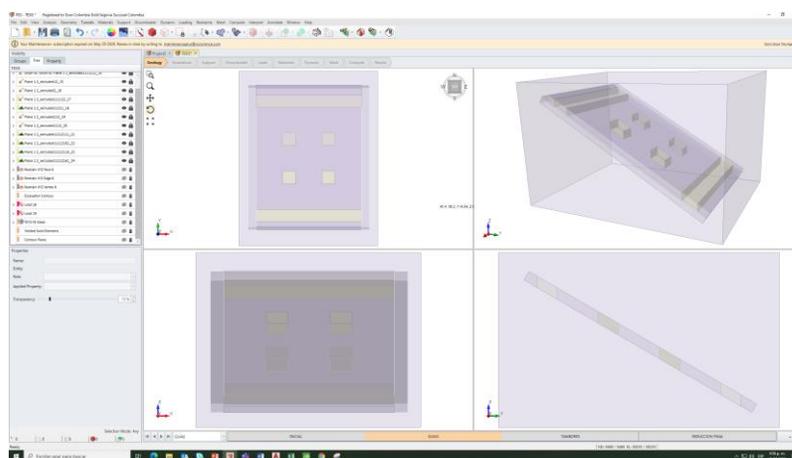
Paso 1 distribución geométrica del corte



Seguidamente, en la Figura 17 se puede observar el paso 2. En este paso, se realizó la extracción del material de la roca para simular las guías que fueron el desarrollo principal del panel inclinado en el corte 6580 de la mina.

Figura 17

Paso 2 simulación de guías

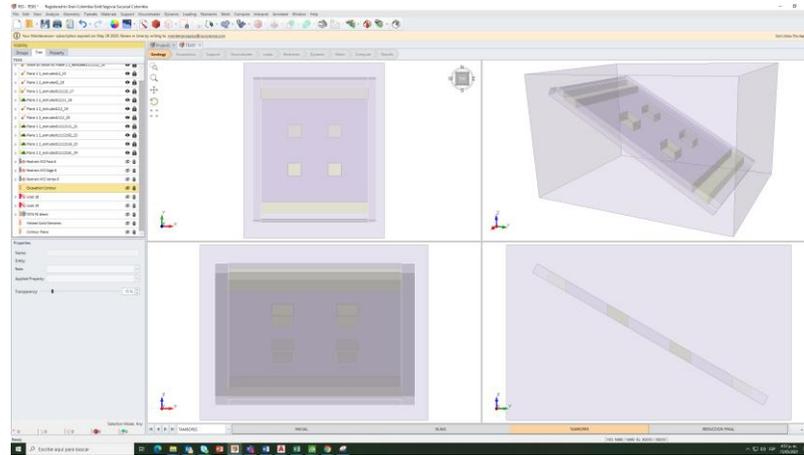


En el paso 3 como se observa en la Figura 18, se realizó la extracción del mineral de los tambores con el fin de delimitar el panel de explotación y poder realizar la extracción principal del mismo.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 18

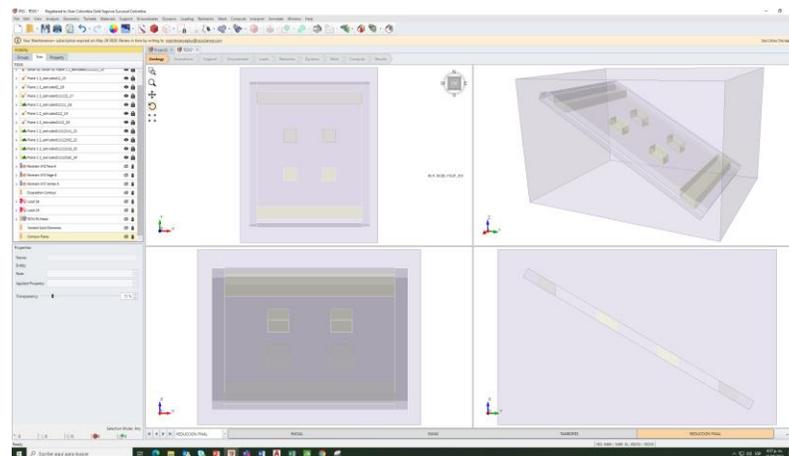
Paso 3 extracción del mineral



Para el paso 4 se realizó la extracción de mineral del panel principal siendo este el objeto de estudio, ver Figura 19.

Figura 19

Paso 4 extracción de mineral panel principal

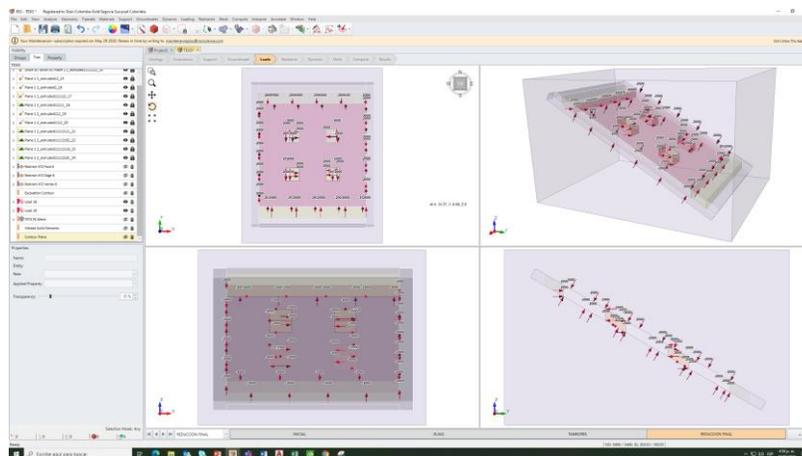


En el paso 5, Como se observa en la Figura 20, se realizó la aplicación de sostenimiento con una carga distribuida de 2000 KPa, como se mostro en los modulos de la Figura 15, donde se logro generar la carga distribuida mediante la capacidad de soporte.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 20

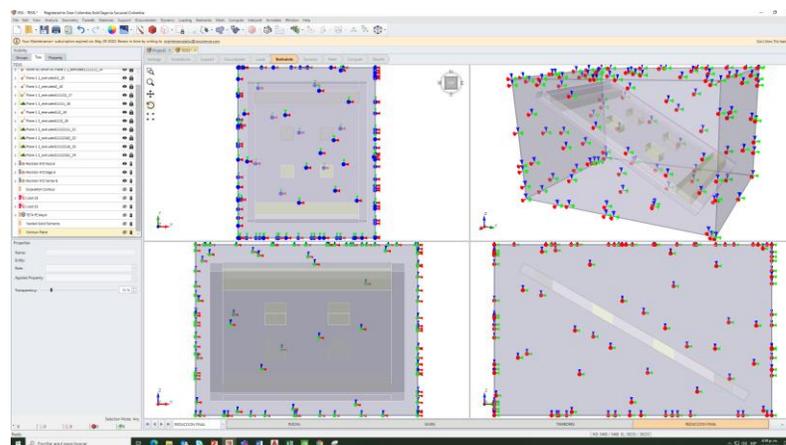
Paso 5 sostenimiento con carga distribuida



En la Figura 21 se observa la fase 6, donde se realizó el ingreso de restricciones en los ejes X, Y y Z, lo cual permitió que el externo (macizo rocoso) fuese simulado en las condiciones in situ.

Figura 21

Paso 6 restricciones ejes X, Y y Z

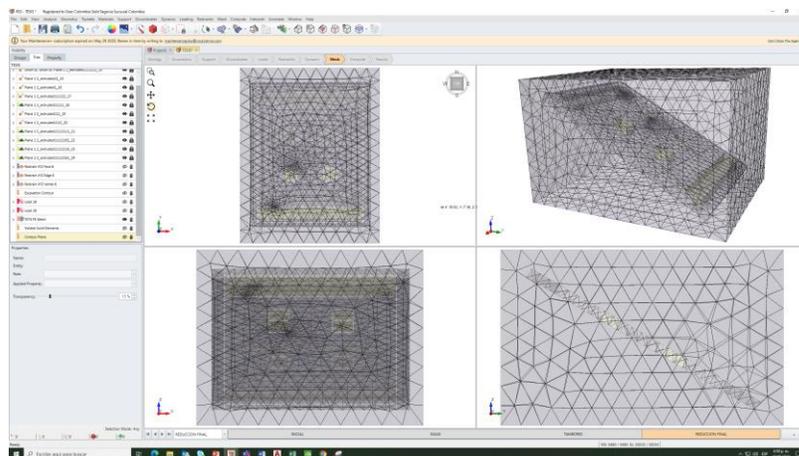


En la paso 7, se realizó la malla o mesh, lo cual permitió obtener los resultado de las zonas de plasticidad del modelo, a través del procesamiento de datos en el Software RS3, como se observa en la Figura 22.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 22

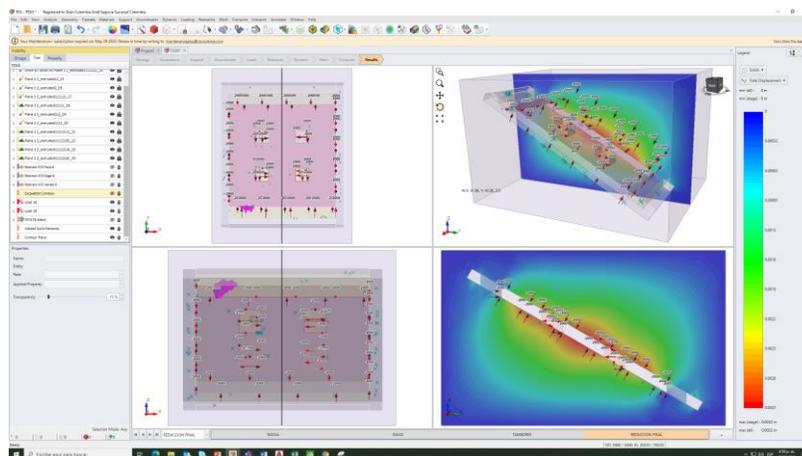
Paso 7 desarrollo de mallas



El modelamiento que se realizó para el panel 6580, basado en las características geomecánicas indicadas en la Tabla 5 y el sostenimiento de 2000 KPa indicado en la Figura 20. De lo anterior, se puede deducir que no se obtuvieron zonas de plasticidad al interior del panel. Por consiguiente, en la Figura 23 se observa el modelo que representó el minado final del corte 6580.

Figura 23

Paso 8 modelación

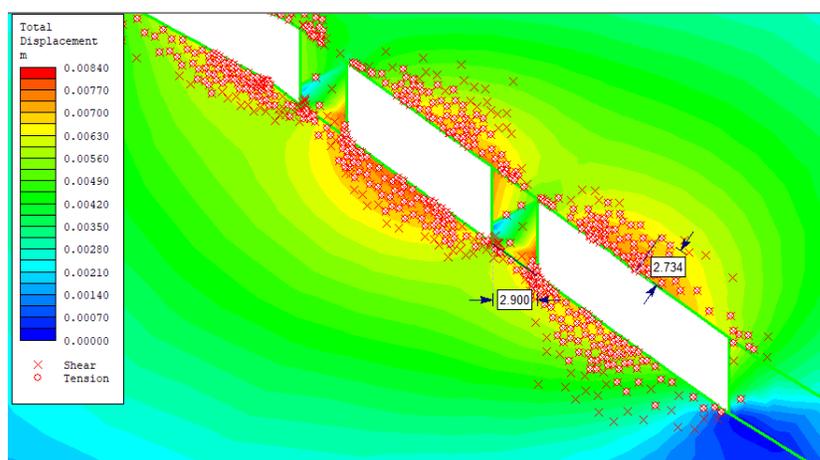


ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

La primera sección modelada fue la alineada al buzamiento de la veta, (ver Figura 24), en esta sección se presentó el tambor original y sus conducciones para analizar antes, durante y después de realizado el minado, se evidencio en el modelamiento la zona vulnerable a plasticidad sin la aplicación de sostenimiento. El análisis se centró en sectorizar escenarios donde se presentaron mayores esfuerzos y a su vez deformaciones.

Figura 24

Plastificación final al realizar minado sobre el corte 6580



Nota: Análisis realizado por Software RS3.

La simulación muestra que se alcanzará una zona vulnerable a desplazamiento máximo de la roca de 2,73m (ver Figura 24), a partir de este desplazamiento se calculó el volumen de carga inestable que puede ser propensa a colapso de la excavación, valor que finalmente se utilizó para la distribución del sostenimiento.

4.4. Secuencia de Minado

Como explotación piloto se realizó el método con pilares centrales que se adaptó a los requerimientos operativos presentados por planeación de la empresa Gran Colombia Gold, donde se tuvo que considerar la zona crítica de deformación generada por la extracción del mineral.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Dicha explotación se inició con la ejecución de los tambores paralelo al 6580 conservando un mínimo de 2 metros de pilar con relación al tambor principal.

La explotación se realizó avanzando en la dirección azimutal de la veta sosteniendo el espacio vacío con puntales Jackpot y Woodpack – Jackpack, las cuales estaban espaciadas sistemáticamente a 4,5m con puntales intermedios a 1,5m.

4.5. Diseño de Sostenimiento

Una vez se realizó el análisis con elementos finitos en el software RS3 se determinó la zona de vulnerabilidad al comportamiento plástico del techo de la excavación que sería de 2,734m que se determinó con ayuda del Software.

Con el fin de disminuir costos de operación en el sostenimiento, cada uno de los módulos se distribuyeron de la siguiente forma; 1 Woodpack y 8 puntales simétricamente distribuidos.

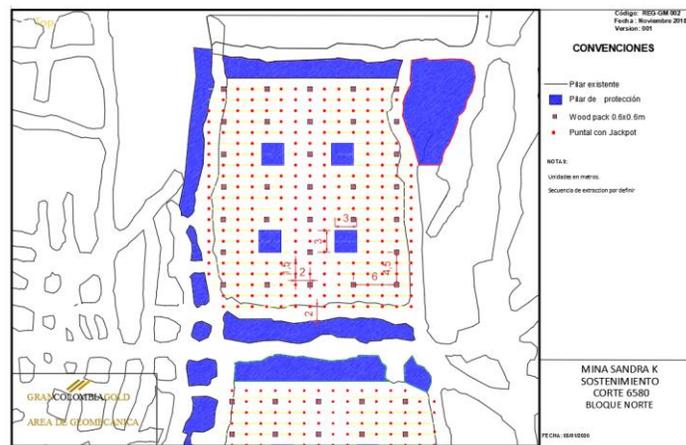
La capacidad de soporte por elemento de sostenimiento se tomó de las fichas técnicas probadas en campo durante los 2 años de implementación del proyecto siendo para Woodpack 110 Ton/m² y para el Puntal Jackpot de 30 Ton/m².

Como se observa en la Figura 25 la zona achurada en color azul son pilares de protección del corte 6580, en el centro de dicho corte se puede observar los pilares con sus respectivos módulos que sirvieron de sostenimiento definitivo.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Figura 25

Sostenimiento sistemático CRT 6580



La carga inestable por módulo de sostenimiento se calcula como se muestra en la Figura 26: Lo debe organizar mejor

Figura 26

Carga inestable

$$CI = \text{Carga inestable}$$

$$\delta = \text{Densidad de roca } 2,7 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

$$CI = (\text{Volumen})(\delta)$$

$$CI = (4,5 \text{ m} * 4,5 \text{ m} * 3 \text{ m}) \left(2,7 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \right)$$

$$CI = (81 \text{ m}^3) \left(2,7 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \right)$$

$$CI = 218,7 \text{ Ton}$$

La capacidad de soporte por módulo de sostenimiento se calcula sumando el peso del Woodpack más la acción de los ocho puntales con Jackpot. Siendo un total de 350 t/m², ya que anteriormente se explicó el valor de estos elementos.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Con los resultados obtenidos por modelamiento mediante software podemos calcular el factor de seguridad para el diseño de sostenimiento, en donde se obtuvo un total de 1.6 para el factor de seguridad el cual se consideró aceptable para minado y cierre, ver Figura 27.

Figura 27

Cálculo de factor de seguridad

$$F_s = \frac{\text{Capacidad de soporte}}{\text{Carga inestable}}$$

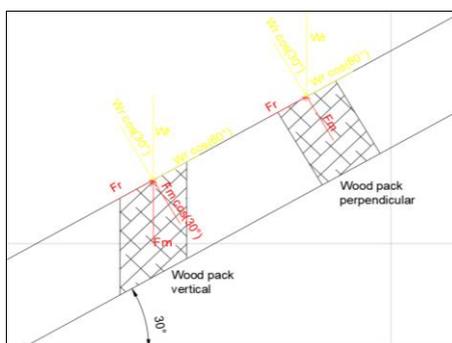
$$F_s = \frac{350 \frac{t}{m^2}}{218,7 \frac{t}{m^2}}$$

$$F_s = 1.6$$

Para que los Woodpack puedan soportar las 110 t/m², Estos se instalaron perpendicularmente al techo de la veta. Debido a que sí la instalación se realiza de manera vertical su capacidad de sostenimiento se reduce al 85%. viéndose afectado por su descomposición de fuerzas, como se puede observar en la Figura 28.

Figura 28

Distribución de fuerzas en el Wood pack



De lo anterior, se puede concluir que la Fuerza Actante (Wr) producto del desprendimiento de la roca, se realizó con el de dar a entender ¿Por qué los Woodpack deben

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

instalarse de forma perpendicular al techo y piso de la veta? Por consiguiente. En la Figura 29 se observa el proceso para determinar la fuerza actuante producto del desprendimiento de la Roca

Figura 29

Fuerza actuante

$$Eje X = Wrx = (wr)(\text{Sen } 30^\circ)$$

$$Eje Y = Wrx = (wr)(\text{Cos } 30^\circ)$$

Seguidamente, se determinó las fuerzas resistentes que actúan sobre el Woodpack, siendo estas, la fuerza de rozamiento (F_r) y la fuerza normal (F_n), por consiguiente, el análisis de Woodpack vertical se determinó mediante la aplicación de la fórmula de la Figura 30.

Figura 30

Análisis vertical con fuerzas resistentes

$$F_n = (F_m)(\text{Cos } 30^\circ)$$

$$F_r = (F_m)(\mu_m)(\text{Cos } 30^\circ)$$

En cambio, el análisis del Woodpack perpendicular se realizó a través de la implementación de la ecuación matemática de la Figura 31. Con el fin, de calcular las fuerzas resistentes y actuantes en Woodpack.

Figura 31

Análisis perpendicular con fuerzas resistentes

$$F_n = F_m$$

$$F_r = (\mu_m)(f_m)$$

El análisis numérico realizado anteriormente realizado para wood pack / jackpot se aplica igual para puntales con jackpot, ejerciendo la misma disminución en su capacidad de soporte.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

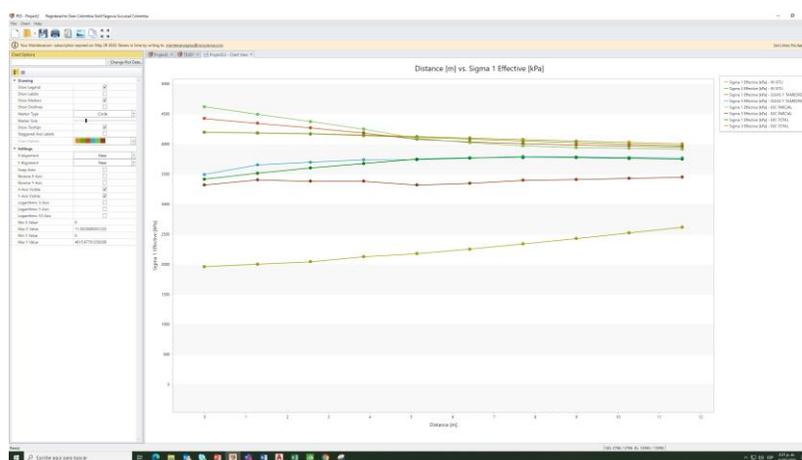
En el Anexo 4 se presenta las especificaciones de los elementos de soporte descritos anteriormente.

4.6. Comportamiento de Macizo Rocoso con Sostenimiento a 2000 KPa

Una vez obtenidos los resultados de deformaciones en el software se procedió a realizar la extracción de los datos del Sigma 1 y Sigma 3, del modelo realizado para cada uno de los estados del modelamiento como se observa en la Figura 32.

Figura 32

Extracción de Sigma 1 y 3



Del comportamiento que se evidenció en los resultados de la Figura 32, y con la relación de los envolventes de falla del macizo rocoso obtenidos a través de ensayos de laboratorio los cuales fueron procesados en software Rocdata, se logró observar el comportamiento del mismo, por otra parte, los resultados del Sigma 1 y Sigma 3 en cada una de las fases del modelamiento como se observa en la Tabla 11, donde el comportamiento del esfuerzo normal y el esfuerzo cortante en el panel donde la vulnerabilidad a desplazamientos en el modelo ocurre por la presencia de discontinuidades y no por falla en el macizo rocoso.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Tabla 11

Esfuerzo normal sin sostenimiento

Minado 1 (m1)				Minado 2 (m2)				Minado 3 (m3)			
GD - M1 - Sin Sostenimiento				GD - M3 - Sin Sostenimiento				GD - M3 - Sin Sostenimiento			
S1	S3	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)	S1	S3	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)	S1	S3	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)
4,3	3,8	4,0	0,3	4,5	3,6	4,1	0,5	2,8	0,2	1,5	1,3
4,3	3,8	4,0	0,3	4,4	3,4	3,9	0,5	3,0	0,3	1,7	1,4
4,2	3,8	4,0	0,2	4,3	3,4	3,8	0,5	3,2	0,5	1,8	1,4
4,1	3,8	4,0	0,1	4,2	3,3	3,7	0,4	3,3	0,7	2,0	1,3
4,0	3,8	3,9	0,1	4,0	3,3	3,7	0,4	3,4	0,9	2,2	1,3
4,0	3,8	3,9	0,1	4,0	3,3	3,6	0,3	3,5	1,2	2,3	1,2
4,0	3,8	3,9	0,1	3,9	3,3	3,6	0,3	3,5	1,4	2,5	1,1
4,0	3,8	3,9	0,1	3,9	3,3	3,6	0,3	3,5	1,6	2,6	1,0
3,9	3,8	3,9	0,1	3,9	3,4	3,6	0,3	3,5	1,8	2,7	0,9
3,9	3,8	3,9	0,1	3,9	3,4	3,7	0,2	3,6	1,9	2,8	0,8

Una vez obtenido los datos del modelamiento del panel inclinado sin sostenimiento, se realizó nuevamente la modelacion y la interpretacion de datos con sostenimiento que se muestra en la Figura 20, para una carga total de 2000 KPa que fueron ingresados al software como carga distribuida, donde se observo que el macizo rocoso no presento vulnerabilidad a desplazamiento por la envolvente de falla de las diaclasas, lo anterior se muestra en la Figura 33 y la Tabla 12

Tabla 12

Esfuerzo normal con sostenimiento

Minado 1 (m1)				Minado 2 (m2)				Minado 3 (m3)			
GD Techo model - Sostenimiento WP M1				GD Techo model - Sostenimiento WP - M2				GD Techo model - Sostenimiento WP - M3			
S1	S3	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)	S1	S3	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)	S1	S3	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)
4,4	3,5	4,0	0,47	4,6	3,3	4,0	0,7	3,4	2,0	2,7	0,7
4,3	3,6	4,0	0,35	4,5	3,4	3,9	0,5	3,5	2,0	2,8	0,8
4,3	3,7	4,0	0,29	4,4	3,4	3,9	0,5	3,6	2,0	2,8	0,8

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

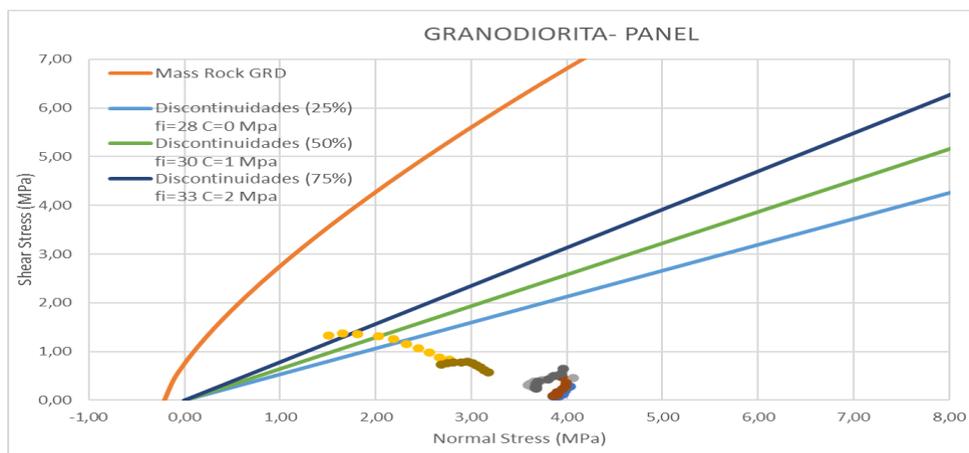
4,2	3,7	4,0	0,22	4,2	3,4	3,8	0,4	3,7	2,1	2,9	0,8
4,1	3,7	3,9	0,17	4,1	3,3	3,7	0,4	3,7	2,2	3,0	0,8
4,0	3,8	3,9	0,14	4,0	3,3	3,7	0,3	3,8	2,3	3,0	0,8
4,0	3,8	3,9	0,11	4,0	3,4	3,7	0,3	3,8	2,3	3,1	0,7
4,0	3,8	3,9	0,10	3,9	3,4	3,7	0,3	3,8	2,4	3,1	0,7
4,0	3,8	3,9	0,10	3,9	3,4	3,7	0,2	3,8	2,5	3,1	0,6
3,9	3,8	3,9	0,09	3,9	3,4	3,7	0,2	3,7	2,6	3,2	0,6

De lo anterior, se puede concluir que fue el resultado del comportamiento del macizo rocoso, Como se observa en la Tabla 11, la vulnerabilidad a falla de la roca se produjeron por las discontinuidades de la misma y no por fractura del macizo rocoso. Por consiguiente, al aplicar el sostenimiento se logro evitar la falla del macizo rocoso.

Con la envolvente de falla del macizo rocoso y la envolvente de falla de las diaclasas, se logró comparar el comportamiento de la roca para los escenarios del minado, sin la aplicación de sostenimiento y aplicación de este, como resultado final se grafica los esfuerzos principales Sigma 1 y Sigma 3, Como se observa en la Figura 33. De lo anterior, se tiene la certeza que el panel en su explotación total sufre vulnerabilidad a desplazamiento produciendo zonas afectas en la excavación.

Figura 33

Comportamiento del panel con y sin sostenimiento



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Si la envolvente de falla del macizo rocoso minada, alcanza la envolvente de falla por diaclasas se puede afirmar que hay vulnerabilidad de desprendimiento por diaclasamiento y se debe implementar sostenimiento.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

5. Conclusiones

La toma de datos litológicos y resistencia a la compresión inconfiada otorgo claridad sobre la orientación del dique andesítico el cual es el más susceptibles a colapso.

La carga que se generaría en el corte 6580 de mina Sandra K es igual a 218.7 toneladas y la vulnerabilidad de colapso máximo desplazamiento encontrado en la excavación fue de 2,734 m, valores para los cuales fue necesario diseñar sostenimiento.

Para la excavación se propuso módulos de sostenimiento de distribución 1,5m en rumbo de veta y 2 m buzamiento de la misma con el fin de evitar el punto de plasticidad de la roca, garantizando así un sostenimiento adecuado de la misma.

El sostenimiento fue adecuado para el corte 6580 ya que una vez realizada la instalación de sostenimiento en campo no se presentan caídas de rocas significativas, cumpliendo con el modelamiento realizado en el software RS3.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

6. Recomendaciones

Para la toma de datos estructurales se debe tener en cuenta la alta complejidad de los trabajos mineros, por consecuencia se debe realizar con equipos calibrados y en óptimas condiciones de trabajo, para así evitar lecturas erróneas de datos.

Para efectos de minado se deben de contar con los elementos de soporte para no incurrir en contratiempo por falta de los mismos.

Las dimensiones de los pilares centrales deben de ser de 3*3m para reducir las deformaciones en el centro del corte.

Realizar el minado de acuerdo con el secuenciamiento presentado por planeamiento y con los diseños de pilares establecidos.

La secuencia de minado presentado por planeamiento minero debe ser evaluado en campo dado que las condiciones geomecánicas pueden cambiar por ende puede cambiar la configuración de pilares, vacíos y fortificación.

Se debe realizar voladuras controladas para evitar el sobre fracturamiento de la roca encajonante del techo de la veta (dique andesítico).

Se revisará continuamente el avance de la explotación para realizar los ajustes y definir el estándar.

Una vez realizada la extracción del mineral en el corte se debe realizar relleno con material estéril, cierre y abandono del área.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Actualmente los cortes 6540 y 6580 se explotaron según modelamiento geomecánico y no se presentaron eventos de desprendimiento de bloques, fallas del sostenimiento por deformación del techo.

Se han evidenciado oportunidades de mejoras como:

Instalar puntales solo de 8"x8" y dejar de instalar puntales de 6x6", de esta forma se aumenta la capacidad de carga y se reduce la probabilidad de falla por esbeltez.

Se presentó una estructura adicional al techo de la veta principal, la cual presento buen tenor, la recuperación de esta veta aumento el alto de la labor a 3m aproximadamente, por tanto, cuando se presenten estos casos, se debe sostener con wood pack de 1x1m y jack pack de 1x1m, el woodpack debe medir de alto tres veces el ancho para una esbeltez optima.

El diseño se ve restringido por temas de dilución cuando el dique supera los 1m de espesor, debido a que este se desprende junto con la veta durante la voladura. Aunque es un desprendimiento considerado geomecánicamente, el tenor de corte no permite aplicarse este método, en estos casos se aplica cámaras y pilares convencionales para tener mayor control de la dilución, como es el caso del corte 6665. Geomecánicamente se podría aplicar el método considerando la deformación a partir del dique, asumiendo que la excavación es tomada hasta el alto del dique, en estos casos se sostiene con Woodpack de 1x1m, siempre y cuando el tener de corte lo permita.

Se debe mejorar en la instalación de trinchos 4 m del avance, que, para restringir el paso de mineral de las voladuras hasta el centro de la cámara sostenida, una zona de alto riesgo, ya que son cámaras de más de 10x10m, de esta manera expone el personal, al tener la posibilidad de dañar el sostenimiento mientras se quiere sacar el mineral.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Referencias Bibliográficas

Barton, N. (1995). The influence of joint properties in modelling jointed rock masses. (In Barton 2006).

Bieniawski, Z .T, 1989. Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley & Sons. USA.

Bieniawski 1976, Rock mass rating (RMR Method).

Castro Álvaro. 2013, Correlaciones entre las clasificaciones geomecánicas Q y RMR en el túnel exploratorio de "la línea", cordillera central de Colombia.

Hassan Z. Harraz, 2014-2015, Underground mining methods: Room and pillar method Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea,2004.

Manual de martillo Schmidt digital Proced. Obtenido de <https://www.proceq.com/downloads/>

Productos hydrabolt obtenidos de https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndices

Apéndice 1

Resistencia a la compresión uniaxial con martillo Schmidt de veta

Numero de toma	Sigci (Mpa)	Lugar de toma	Descripción
1	46,5	TBR-CRT 6580	Cuarzo lechoso, mineralización de + O - Py/Sp/Gn en PAT, DSM y VNS.
2	32	TBR-CRT 6580	
3	37	TBR-CRT 6580	
4	40,5	Primera conducción norte	
5	35,5	Primera conducción norte	
6	55	Segunda conducción norte	
7	39,5	Segunda conducción norte	

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 2

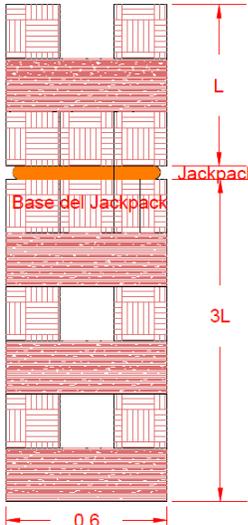
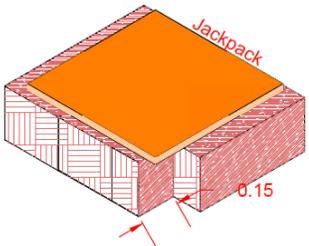
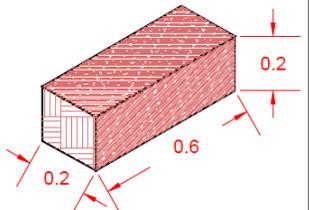
Resistencia a la compresión uniaxial con martillo Schmidt de dique.

Numero de toma	Sigci (Mpa)	Lugar de toma	Descripción
1	76	TBR-CRT 6580- Original	Dique andesítico, con Py DSM, con presencia de alteraciones argólicas(puntuales).
2	73	TBR-CRT 6580	
3	71,5	TBR-CRT 6580	
4	79,5	Primera conducción norte	
5	75,5	Primera conducción norte	
6	74	Segunda conducción norte	
7	72	Segunda conducción norte	
8	80,5	Segunda conducción norte	

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 3

Estándar de instalación de woodpack.

DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN Área geomecánica		 GRANCOLOMBIAGOLD
<p>Wood Pack /Jackpack</p>  <p style="text-align: center;">0.6</p>	<p>Base de trozas con Jackpack</p>  <p style="text-align: center;">0.15</p> <p>Troza de madera de 0.2x0.2x0.6 m</p>  <p style="text-align: center;">0.2 0.6</p>	<p>ESTANDAR DE INSTALACION DE WOOD PACK / JACKPACK</p> <p>DATOS TECNICOS:</p> <p>Jackpack: sostenimiento pre-tensionado de 0.55x0.55 m con capacidad de soporte de 110 t. instalado a 3/4 de altura del wood pack. Usar bomba de alta presión y bombear hasta alcanzar entre 10 y 13 MPa. Los requerimientos de la bomba es 3.5 bares de presión de aire y 2 bares de presión de agua. Máxima altura del jackpack tensionado 10 cm.</p> <p>Wood Pack: elemento de sostenimiento compuesto por trozas de madera Cagui de 0.2x0.2x0.6 m. con las siguientes resistencias: Resistencia a la flexión 149 MPa, resistencia a la compresión (paralelo a las hebras) 63 MPa, resistencia a la compresión (perpendicular a las hebras) 26 MPa y módulo de Young 12 GPa.</p> <p>Wood Pack < 2 m de altura colocar un Jackpack, entre 2 - 2.4 m colocar dos Jackpack y para cortes</p>

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 4

Especificaciones técnicas de los elementos instalados

Jackpack: sostenimiento pre-tensionado de 0.55x0.55 m con capacidad de soporte de 110 t. instalado a 3/4 de altura del wood pack. Usar bomba de alta presión High Pressure Airpump hasta alcanzar entre 10 y 13 MPa. Los requerimientos de la bomba es 3.5 bares de presión de aire y 2 bares de presión de agua. Máxima altura del jackpack tensionado 10 cm.

Wood Pack: elemento de sostenimiento compuesto por trozas de madera Cagüi de 0.2x0.2x0.6 m. con las siguientes resistencias: Resistencia a la flexión 149 MPa, resistencia a la compresión (paralelo a las hebras) 63 MPa, resistencia a la compresión (perpendicular a las hebras) 26 MPa y módulo de Young 12 GPa. Wood Pack < 2 m de altura colocar un Jackpack, entre 2 - 2.4 m colocar dos Jackpack y para cortes.

Jackpot: son esencialmente gatos hidráulicos de un solo uso que se colocan sobre los puntales de madera y luego se inflan con agua a alta presión a través de una válvula de retención. Bajo presiones de 120 a 140 bar, se expanden axialmente y cargan los puntales de la mina entre 20 y 50 toneladas, asegurando los puntales en su lugar y aplicando presión contra la pared colgante y la pared de la mina. Esta compresión cierra las grietas en el techo y asegura bloques sueltos de roca, en el proceso reduciendo las caídas de rocas.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 5

Pre-Stressing units and headboards Jackpot and Backpack.



Bomba (HAP): La bomba de aire de alta presión (HAP) de NCM está diseñada para instalar un soporte de mina donde haya aire comprimido disponible. La bomba HAP está conectada a una manguera de suministro de agua y a una manguera de suministro de aire comprimido. Un diafragma interno es impulsado por el aire comprimido para intensificar la presión del agua en el lado de aguas abajo de la bomba a presiones de hasta 30 MPa (4350 psi), dependiendo de la presión de suministro del aire comprimido.

El HAP se controla accionando el gatillo de la pistola de seguridad conectada a la manguera de suministro. Al apretar el gatillo, la bomba se activa y el agua a presión se entrega a la boquilla. Cuando se suelta el gatillo, el HAP se apaga y se libera la presión a la boquilla. Mediante el uso de una boquilla combinada, que ajusta automáticamente la presión de suministro, el HAP se puede utilizar para instalar Hydrabolts, X-Pandabolts y Jackpots. Los conectores para las mangueras de suministro de aire y agua son conectores hembra BSPT estándar de 1 pulgada.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE
EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 6

La bomba de aire de alta presión (HAP).



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 7

Envolvente de falla macizo rocoso granodiorita y veta.

Mass Rock GRD		Mass Rock Veta	
Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)	Normal Stress (Mpa)	Shear Stress (MPa)
-0,21	0,00	-0,19	0,00
-0,11	0,40	-0,10	0,30
-0,03	0,67	-0,02	0,50
0,06	0,90	0,06	0,67
0,15	1,11	0,14	0,82
0,23	1,31	0,22	0,96
0,32	1,49	0,30	1,09
0,40	1,66	0,38	1,21
0,49	1,83	0,45	1,33
0,57	1,99	0,53	1,44
0,65	2,14	0,60	1,55
0,74	2,29	0,68	1,65
0,82	2,44	0,75	1,76
0,90	2,58	0,82	1,85
0,98	2,72	0,90	1,95
1,06	2,85	0,97	2,04
1,14	2,98	1,04	2,13
1,22	3,11	1,11	2,22
1,30	3,24	1,18	2,31
1,38	3,36	1,25	2,39
1,46	3,48	1,32	2,48
1,54	3,60	1,39	2,56
1,62	3,72	1,46	2,64
1,70	3,84	1,53	2,72
1,78	3,95	1,60	2,80
1,85	4,06	1,67	2,87
1,93	4,17	1,74	2,95
2,01	4,28	1,81	3,02
2,09	4,39	1,88	3,09
2,16	4,50	1,94	3,17
2,24	4,60	2,01	3,24
2,32	4,71	2,08	3,31
2,39	4,81	2,14	3,38
2,47	4,91	2,21	3,45
2,55	5,01	2,28	3,51
2,62	5,11	2,34	3,58

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

2,70	5,21	2,41	3,65
2,77	5,31	2,48	3,71
2,85	5,41	2,54	3,78
2,92	5,50	2,61	3,84
3,00	5,60	2,67	3,90
3,07	5,69	2,74	3,96
3,15	5,78	2,80	4,03
3,22	5,88	2,87	4,09
3,30	5,97	2,93	4,15
3,37	6,06	3,00	4,21
3,44	6,15	3,06	4,27
3,52	6,24	3,12	4,33
3,59	6,33	3,19	4,39
3,67	6,41	3,25	4,44
3,74	6,50	3,32	4,50
3,81	6,59	3,38	4,56
3,89	6,67	3,44	4,61
3,96	6,76	3,51	4,67
4,03	6,84	3,57	4,73
4,10	6,93	3,63	4,78
4,18	7,01	3,69	4,84
4,25	7,09	3,76	4,89
4,32	7,18	3,82	4,95
4,39	7,26	3,88	5,00
4,47	7,34	3,94	5,05
4,54	7,42	4,01	5,10
4,61	7,50	4,07	5,16
4,68	7,58	4,13	5,21
4,75	7,66	4,19	5,26
4,82	7,74	4,25	5,31
4,90	7,82	4,31	5,36
4,97	7,89	4,37	5,41
5,04	7,97	4,44	5,46
5,11	8,05	4,50	5,52
5,18	8,13	4,56	5,56
5,25	8,20	4,62	5,61
5,32	8,28	4,68	5,66
5,39	8,35	4,74	5,71
5,46	8,43	4,80	5,76
5,53	8,50	4,86	5,81
5,60	8,58	4,92	5,86

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

5,67	8,65	4,98	5,91
5,74	8,72	5,04	5,95
5,81	8,80	5,10	6,00
5,88	8,87	5,16	6,05
5,95	8,94	5,22	6,09
6,02	9,01	5,28	6,14
6,09	9,08	5,34	6,19
6,16	9,16	5,40	6,23
6,23	9,23	5,46	6,28
6,30	9,30	5,52	6,32
6,37	9,37	5,58	6,37
6,44	9,44	5,64	6,41
6,51	9,51	5,70	6,46
6,58	9,58	5,75	6,50
6,65	9,64	5,81	6,55
6,72	9,71	5,87	6,59
6,78	9,78	5,93	6,64
6,85	9,85	5,99	6,68
6,92	9,92	6,05	6,72
6,99	9,98	6,11	6,77
7,06	10,05	6,16	6,81
7,13	10,12	6,22	6,85
7,20	10,19	6,28	6,89

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

Apéndice 8

Ensayos de laboratorio



INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Medellín, Noviembre 30 de 2016

E 016 382 046

Señores
GRANCOLOMBIAGOLD
 Ciudad

En este informe se consignan los resultados de los ensayos realizado(s) sobre la(s) muestra(s) identificada(s) como se presenta en la tabla 1, perteneciente al proyecto: **N/A**.

Tabla 1. Relación de muestras ensayadas.

Muestra	Compresión inconfina	Carga puntual
M1		X
M2	X	
M3	X	
M4	X	
M5	X	

Los valores obtenidos corresponden a las muestras ensayadas bajo las condiciones ambientales presentes en el laboratorio, las cuales se encuentran dentro de las exigencias de las normas.

Los resultados de estos ensayos representan las condiciones particulares de la(s) muestra(s) que fueron suministrada(s) por el cliente a este laboratorio, por tanto para fines de análisis y diseño, la responsabilidad es únicamente del profesional encargado del proyecto.

El material no utilizado en los ensayos, será almacenado en el laboratorio por un período de un mes, una vez transcurrido este tiempo se desechará.

La información contenida en este informe guarda una estricta confidencialidad entre el cliente y este laboratorio.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, si usted necesita una copia, por favor solicítela al coordinador del laboratorio.

Atentamente,

Óscar Echeverri Ramírez
 Coordinador
 Laboratorio de Geotecnia y Pavimentos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 Carrera 80 No. 65 - 223 PBX 4255188. Email: labgeoun@gmail.com
 Medellín - Colombia

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CARGA POR PUNTA ASTM D5731-08

Muestra	D (mm)	W (mm)	Relación D/W	De ² (mm ²)	PRESION DE FALLA (KN)	P (N)	Is Mpa	F (D/50) ^{0,45}	Is 50 Mpa
M1	46.98	80.04	0.6	4787.9	12.22	12220	2.5522	0.9724	2.4817

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



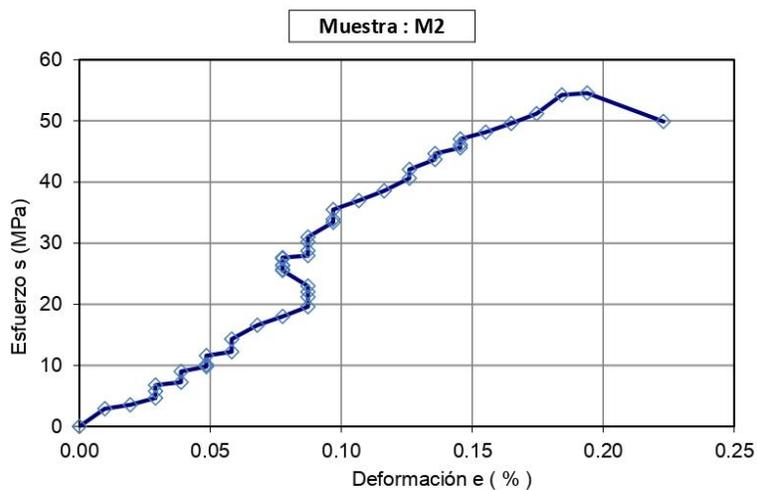
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

COMPRESIÓN SIMPLE CON MEDIDA DE DEFORMACIÓN AXIAL ASTM D7012-13



Peso del espécimen (g)	474.92	Área del espécimen (m ²)	1.76E-03
Longitud del espécimen (mm)	103.14	Volumen del espécimen (m ³)	1.82E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.34	Peso unitario seco (kN/m ³)	25.67
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	54.55	Duración del Ensayo (min)	1.82
Carga Máx. de Rotura (kN)	96.18	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	34.09
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.22	Contenido de humedad (%)	-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 Carrera 80 No. 65 - 223 PBX 4255188. Email: labgeoun@gmail.com
 Medellín - Colombia

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



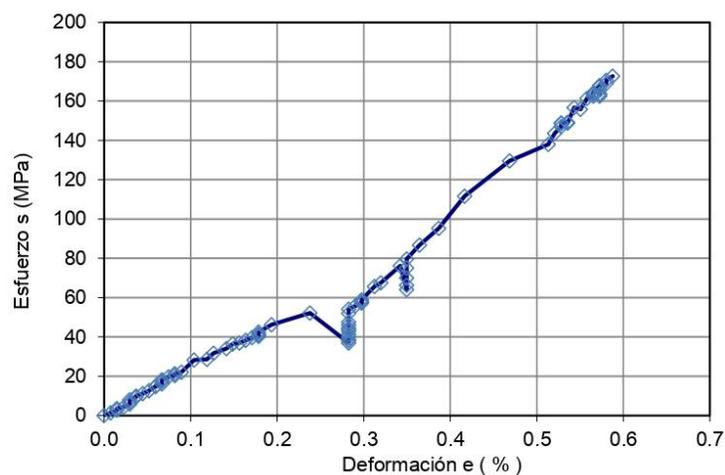
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

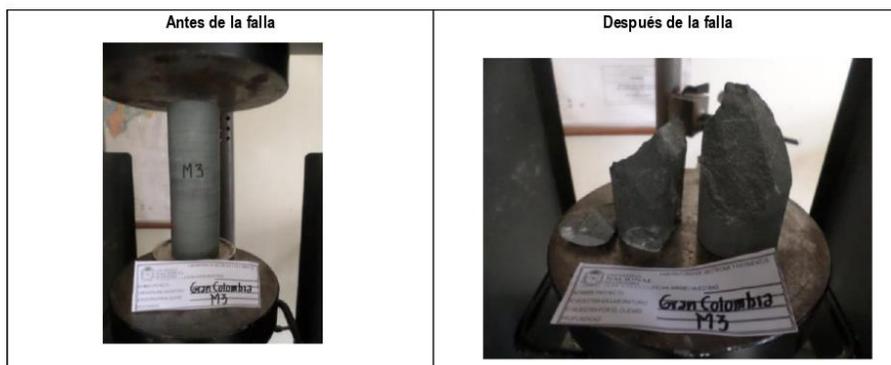
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : M3



Peso del espécimen (g)	687.68	Área del espécimen (m ²)	1.74E-03
Longitud del espécimen (mm)	134.42	Volumen del espécimen (m ³)	2.34E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.04	Peso unitario seco (kN/m ³)	28.88
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	172.66	Duración del Ensayo (min)	5.76
Carga Máx. de Rotura (kN)	301.84	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	23.98
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.59	Contenido de humedad (%)	-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 Carrera 80 No. 65 - 223 PBX 4255188. Email: labgeoun@gmail.com
 Medellín - Colombia

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



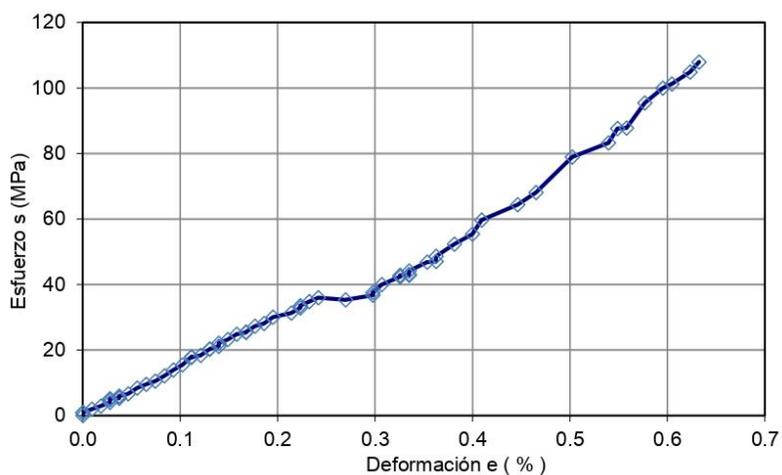
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

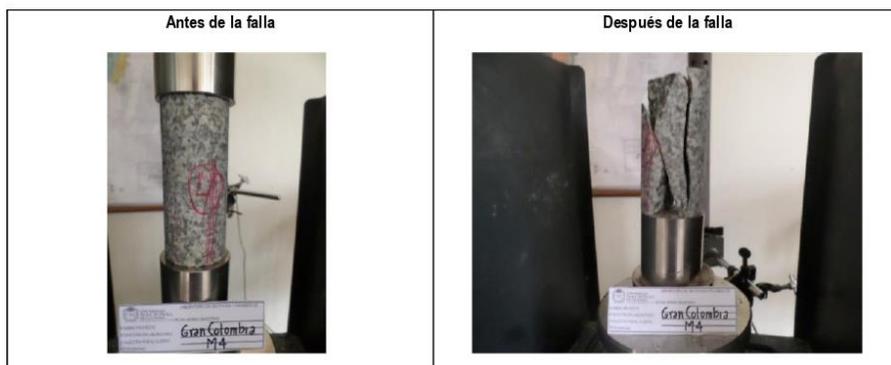
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : M4



Peso del espécimen (g)	516.92	Área del espécimen (m ²)	1.75E-03
Longitud del espécimen (mm)	107.51	Volumen del espécimen (m ³)	1.88E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.20	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.95
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	107.95	Duración del Ensayo (min)	3.60
Carga Máx. de Rotura (kN)	190.11	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	17.99
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.63	Contenido de humedad (%)	-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 Carrera 80 No. 65 - 223 PBX 4255188. Email: labgeoun@gmail.com
 Medellín - Colombia

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



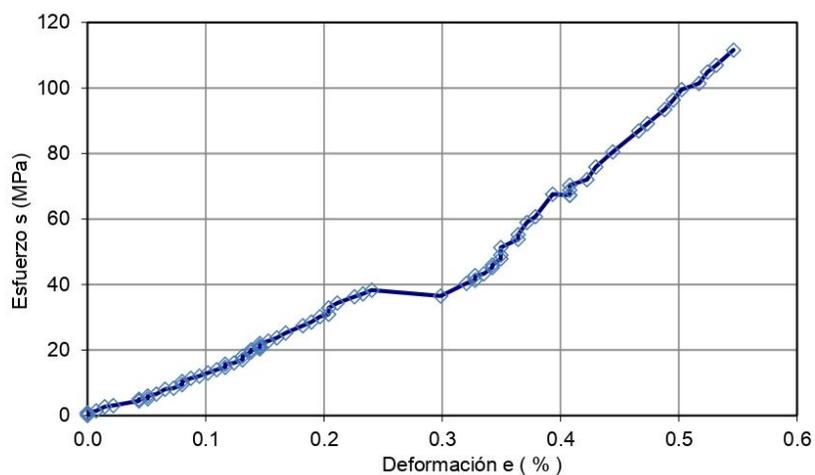
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : M5



Peso del espécimen (g)	664.28	Área del espécimen (m ²)	1.76E-03
Longitud del espécimen (mm)	137.30	Volumen del espécimen (m ³)	2.42E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.33	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.97
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	111.60	Duración del Ensayo (min)	3.72
Carga Máx. de Rotura (kN)	197.46	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	16.41
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.55	Contenido de humedad (%)	-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 Carrera 80 No. 65 - 223 PBX 4255188. Email: labgeoun@gmail.com
 Medellín - Colombia

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Medellín, Enero 24 de 2017

E 017 382 001

Señores
GRANCOLOMBIAGOLD
Ciudad

En este informe se consignan los resultados de los ensayos de compresión inconfiada realizado(s) sobre la(s) muestra(s) identificada(s) como D202541 a D202562, pertenecientes al proyecto: **N/A**.

Los valores obtenidos corresponden a las muestras ensayadas bajo las condiciones ambientales presentes en el laboratorio, las cuales se encuentran dentro de las exigencias de las normas.

Los resultados de estos ensayos representan las condiciones particulares de la(s) muestra(s) que fueron suministrada(s) por el cliente a este laboratorio, por tanto para fines de análisis y diseño, la responsabilidad es únicamente del profesional encargado del proyecto.

El material no utilizado en los ensayos, será almacenado en el laboratorio por un período de un mes, una vez transcurrido este tiempo se desechará.

La información contenida en este informe guarda una estricta confidencialidad entre el cliente y este laboratorio.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, si usted necesita una copia, por favor solicítela al coordinador del laboratorio.

Atentamente,

Óscar Echeverri Ramírez
Coordinador
Laboratorio de Geotecnia y Pavimentos

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

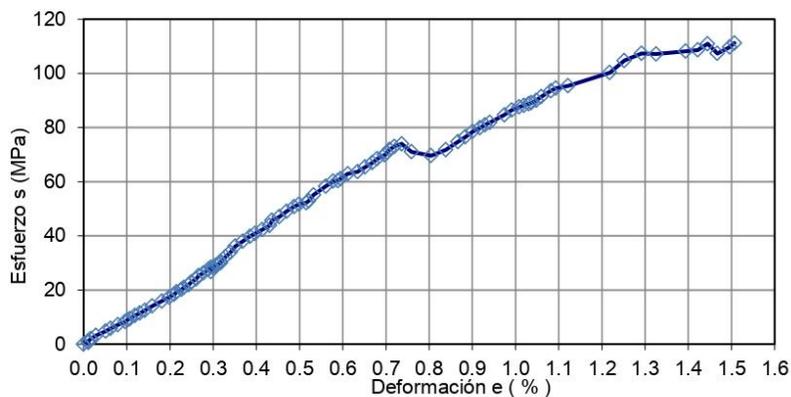
Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

COMPRESIÓN SIMPLE CON MEDIDA DE DEFORMACIÓN AXIAL ASTM D7012-13

Muestra : D202541



Peso del espécimen (g)	1411.25	Área del espécimen (m ²)	2.93E-03
Longitud del espécimen (mm)	176.52	Volumen del espécimen (m ³)	5.17E-04
Diámetro del espécimen (mm)	61.09	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.76
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	111.23	Duración del Ensayo (min)	3.71
Carga Máx. de Rotura (kN)	330.98	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	10.11
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.51	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



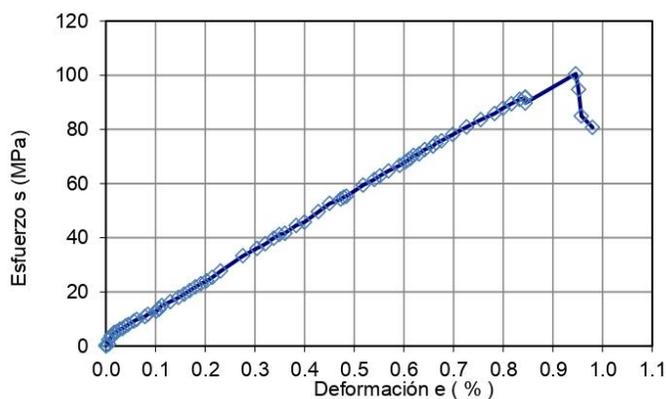
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

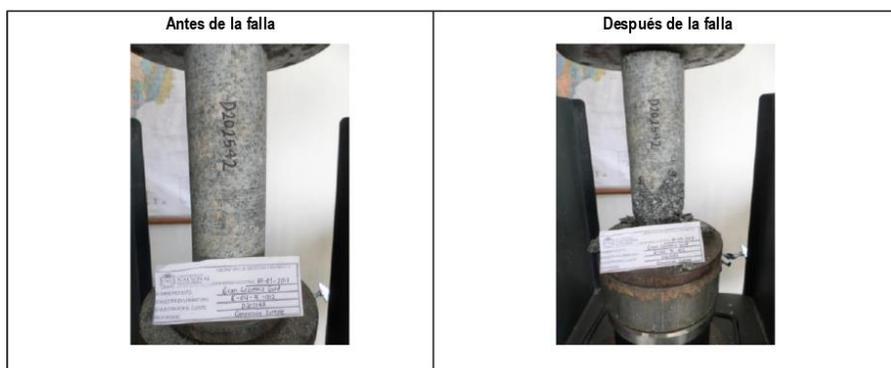
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202542



Peso del espécimen (g)	1416.59	Área del espécimen (m ²)	2.93E-03
Longitud del espécimen (mm)	177.62	Volumen del espécimen (m ³)	5.21E-04
Diámetro del espécimen (mm)	61.10	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.68
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	100.53	Duración del Ensayo (min)	3.35
Carga Máx. de Rotura (kN)	297.60	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	11.69
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.98	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



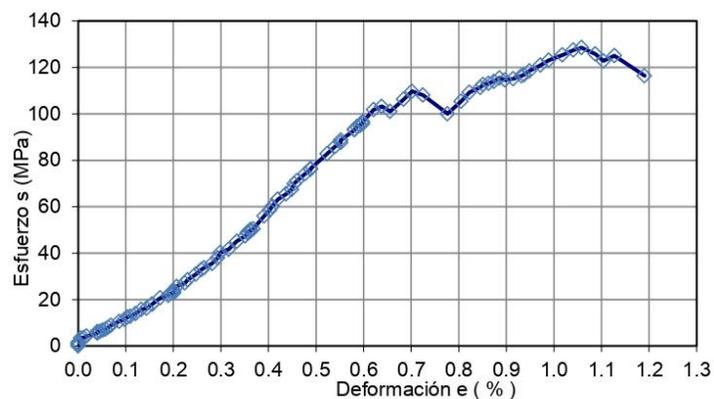
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202543



Peso del espécimen (g)	1469.26	Área del espécimen (m ²)	2.93E-03
Longitud del espécimen (mm)	173.88	Volumen del espécimen (m ³)	5.10E-04
Diámetro del espécimen (mm)	61.12	Peso unitario seco (kN/m ³)	28.26
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	128.52	Duración del Ensayo (min)	4.28
Carga Máx. de Rotura (kN)	381.06	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	14.60
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.19	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



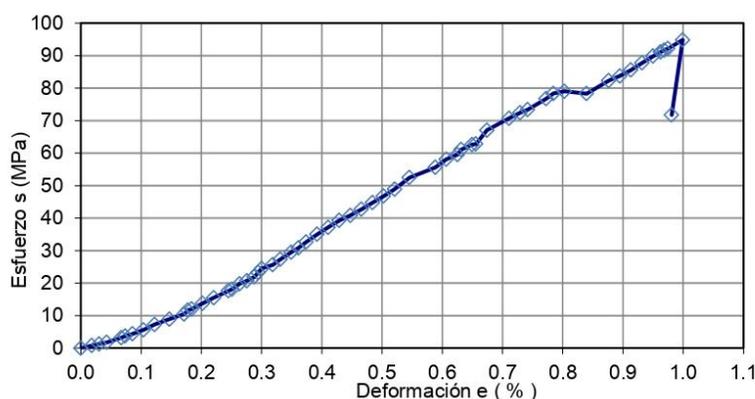
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

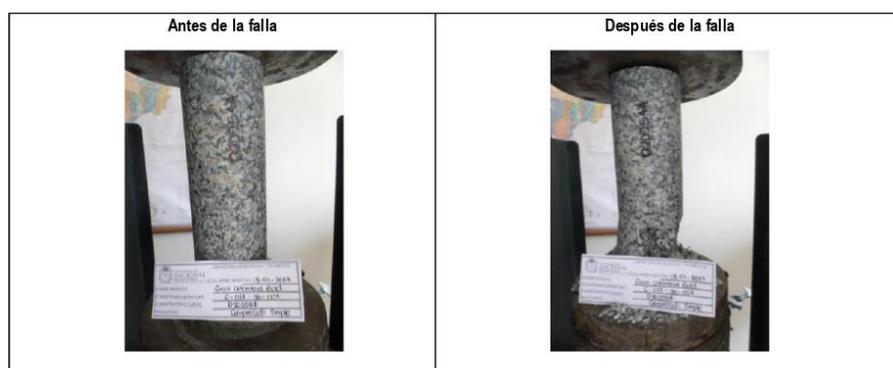
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202544



Peso del espécimen (g)	1298.49	Área del espécimen (m ²)	2.91E-03
Longitud del espécimen (mm)	163.12	Volumen del espécimen (m ³)	4.75E-04
Diámetro del espécimen (mm)	60.89	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.82
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	94.84	Duración del Ensayo (min)	3.16
Carga Máx. de Rotura (kN)	278.93	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	9.30
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.00	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



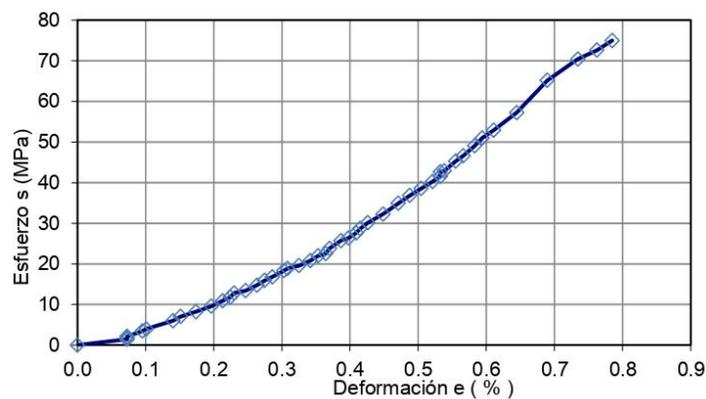
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

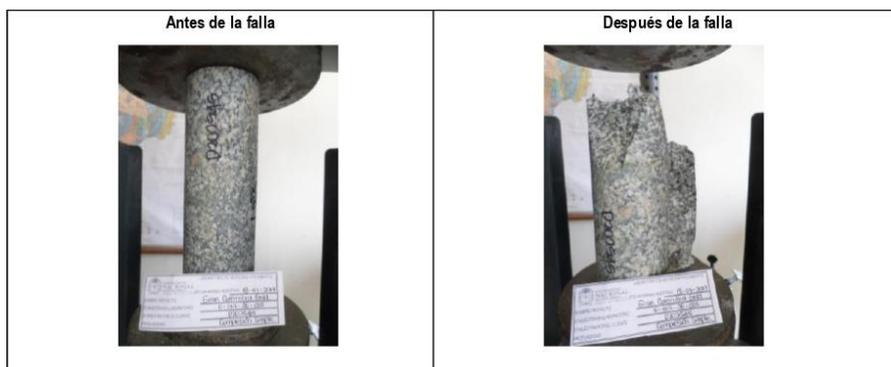
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202545



Peso del espécimen (g)	1420.99	Área del espécimen (m ²)	2.93E-03
Longitud del espécimen (mm)	178.40	Volumen del espécimen (m ³)	5.22E-04
Diámetro del espécimen (mm)	61.05	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.70
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	74.99	Duración del Ensayo (min)	2.50
Carga Máx. de Rotura (kN)	221.22	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	7.81
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.78	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



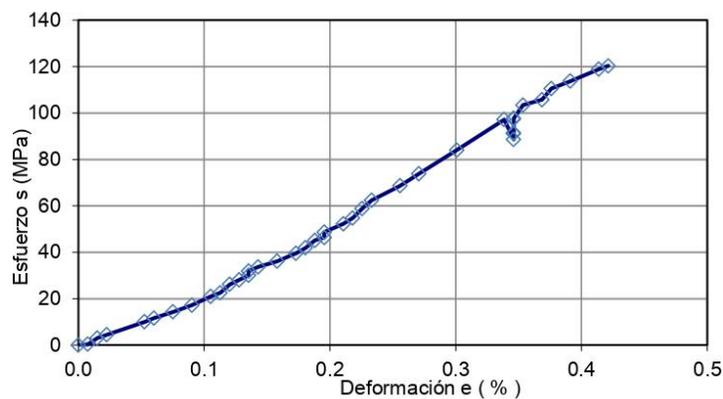
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

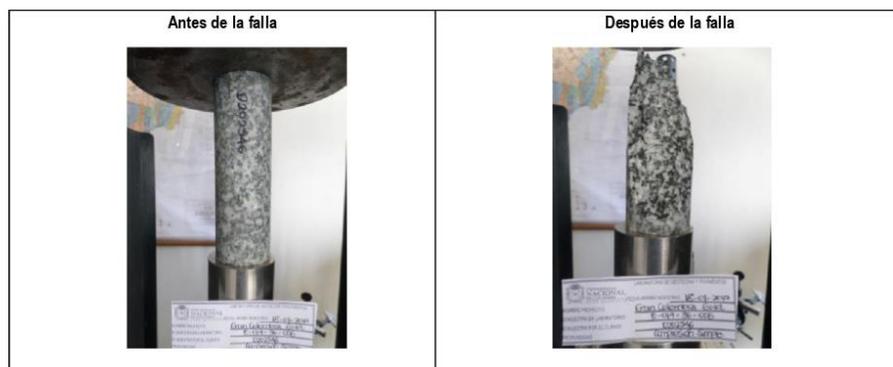
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202546



Peso del espécimen (g)	571.91	Área del espécimen (m ²)	1.58E-03
Longitud del espécimen (mm)	132.93	Volumen del espécimen (m ³)	2.10E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.82	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.75
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	120.32	Duración del Ensayo (min)	4.01
Carga Máx. de Rotura (kN)	190.67	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	26.16
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.42	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



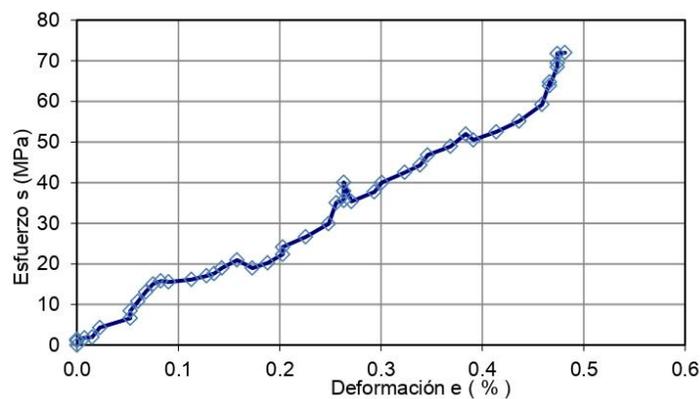
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

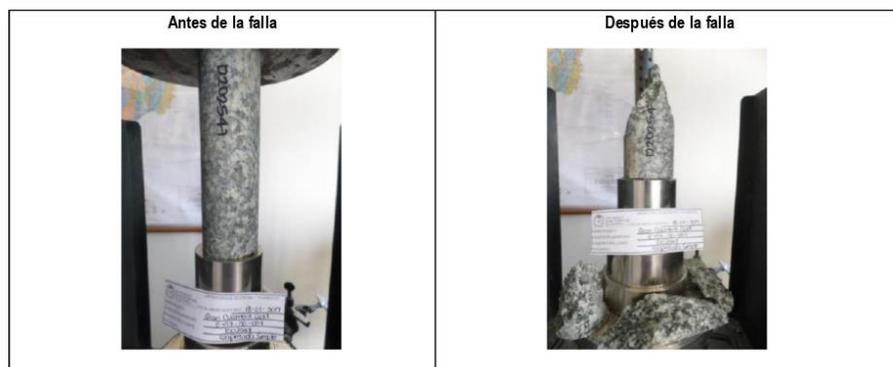
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202547



Peso del espécimen (g)	571.91	Área del espécimen (m ²)	1.58E-03
Longitud del espécimen (mm)	132.93	Volumen del espécimen (m ³)	2.10E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.82	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.75
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	72.02	Duración del Ensayo (min)	2.40
Carga Máx. de Rotura (kN)	114.20	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	13.34
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.48	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



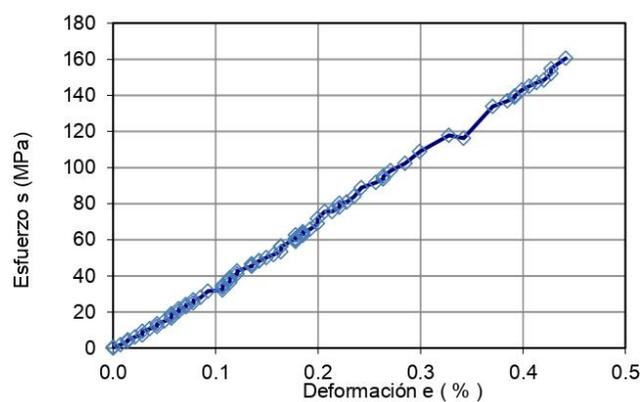
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

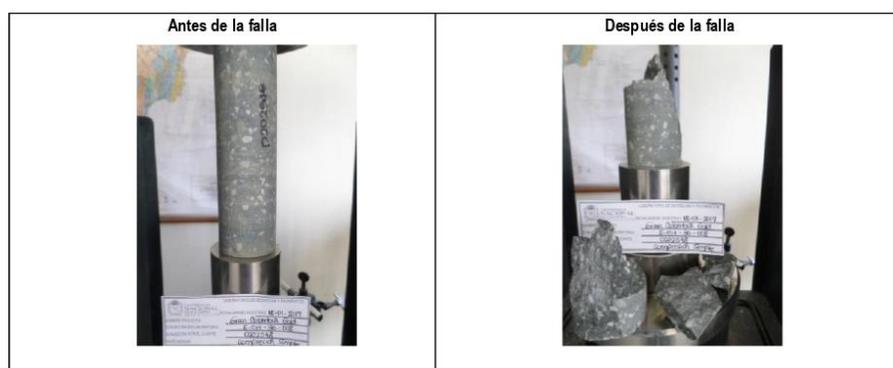
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202548



Peso del espécimen (g)	589.30	Área del espécimen (m ²)	1.56E-03
Longitud del espécimen (mm)	140.33	Volumen del espécimen (m ³)	2.19E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.56	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.42
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	160.56	Duración del Ensayo (min)	5.35
Carga Máx. de Rotura (kN)	251.50	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	34.90
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.44	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



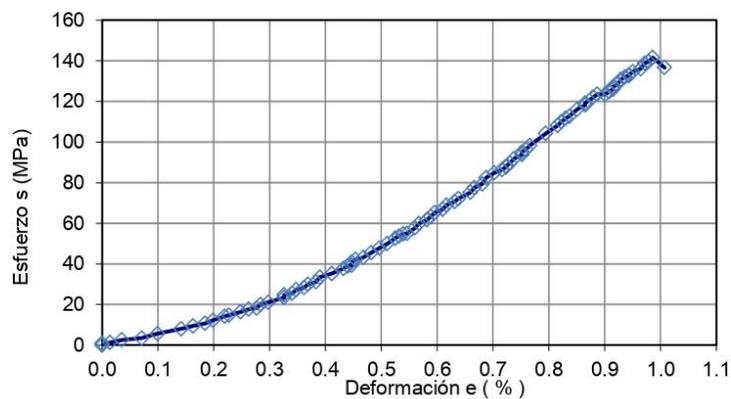
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

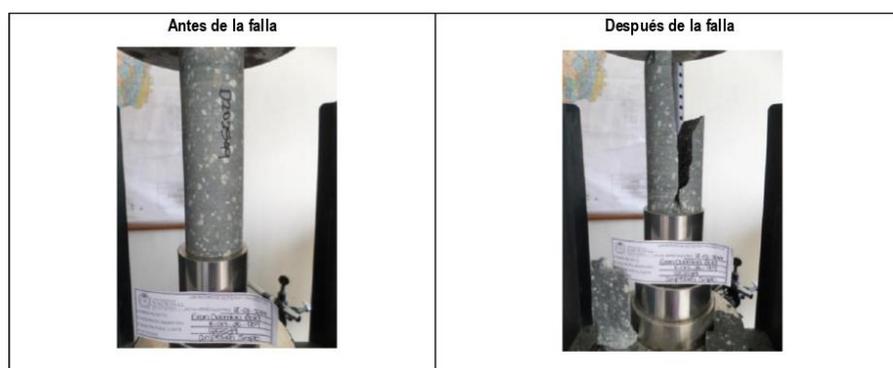
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202549



Peso del espécimen (g)	594.86	Área del espécimen (m ²)	1.55E-03
Longitud del espécimen (mm)	140.99	Volumen del espécimen (m ³)	2.19E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.43	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.69
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	141.62	Duración del Ensayo (min)	4.72
Carga Máx. de Rotura (kN)	221.79	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	11.06
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.01	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



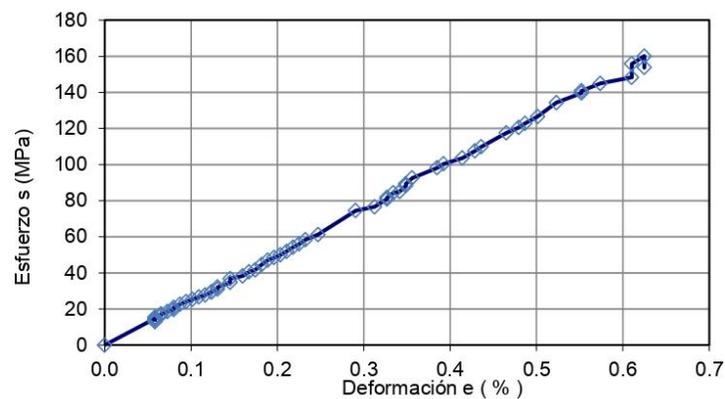
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202550



Peso del espécimen (g)	590.41	Área del espécimen (m ²)	1.57E-03
Longitud del espécimen (mm)	137.64	Volumen del espécimen (m ³)	2.16E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.73	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.78
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	160.09	Duración del Ensayo (min)	5.34
Carga Máx. de Rotura (kN)	253.19	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	25.01
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.62	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



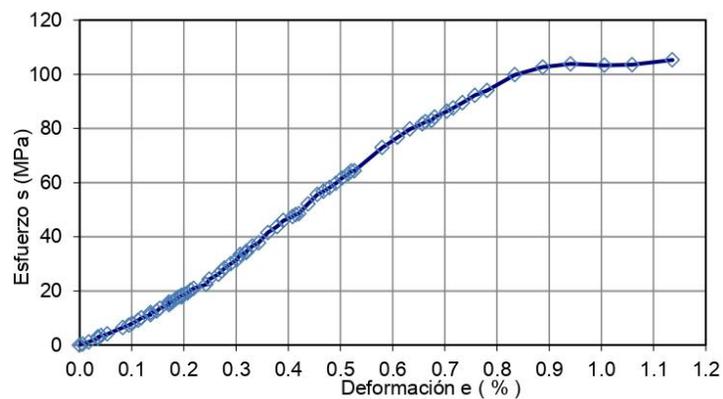
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202551



Peso del espécimen (g)	1462.35	Área del espécimen (m ²)	3.18E-03
Longitud del espécimen (mm)	169.00	Volumen del espécimen (m ³)	5.38E-04
Diámetro del espécimen (mm)	63.64	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.68
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	105.32	Duración del Ensayo (min)	3.51
Carga Máx. de Rotura (kN)	338.90	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	11.97
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.14	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



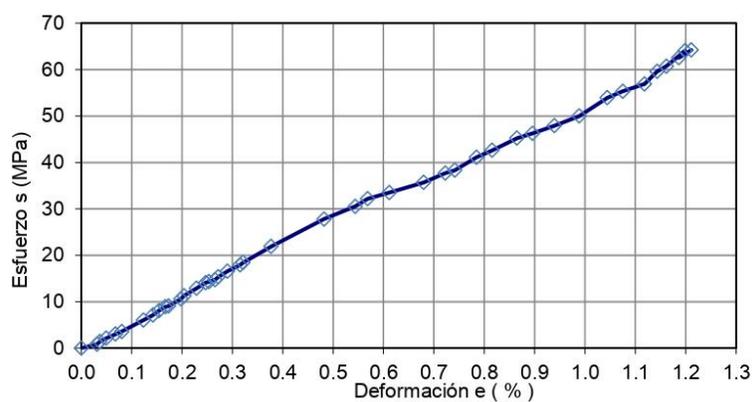
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

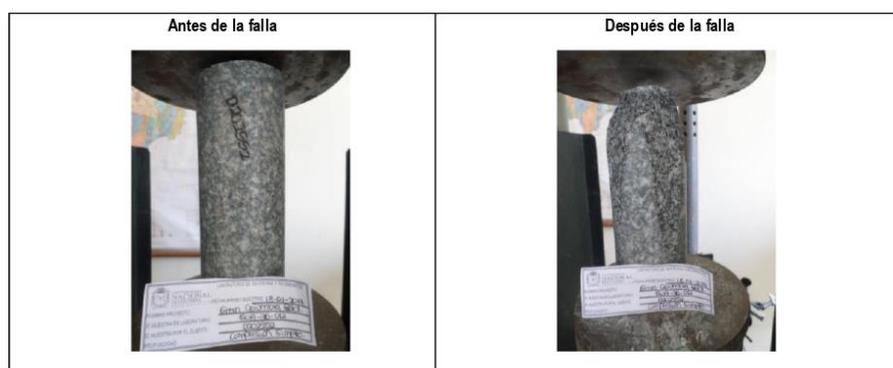
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202552



Peso del espécimen (g)	1402.12	Área del espécimen (m ²)	3.18E-03
Longitud del espécimen (mm)	161.83	Volumen del espécimen (m ³)	5.15E-04
Diámetro del espécimen (mm)	63.64	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.72
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	64.22	Duración del Ensayo (min)	2.14
Carga Máx. de Rotura (kN)	206.80	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	5.26
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.21	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



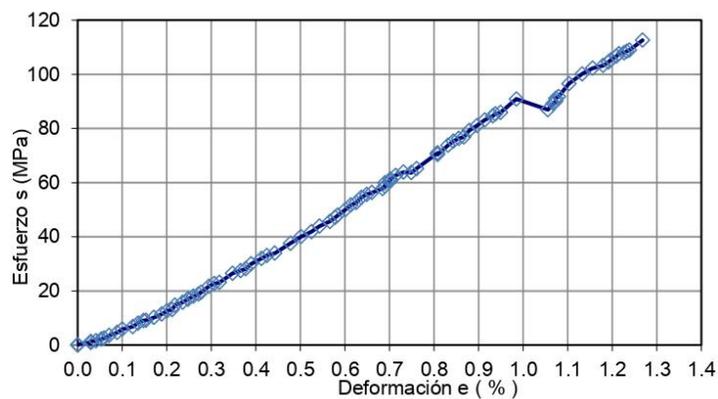
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202553



Peso del espécimen (g)	1536.57	Área del espécimen (m ²)	3.18E-03
Longitud del espécimen (mm)	169.55	Volumen del espécimen (m ³)	5.39E-04
Diámetro del espécimen (mm)	63.61	Peso unitario seco (kN/m ³)	27.98
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	112.59	Duración del Ensayo (min)	3.75
Carga Máx. de Rotura (kN)	362.38	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	8.28
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.27	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



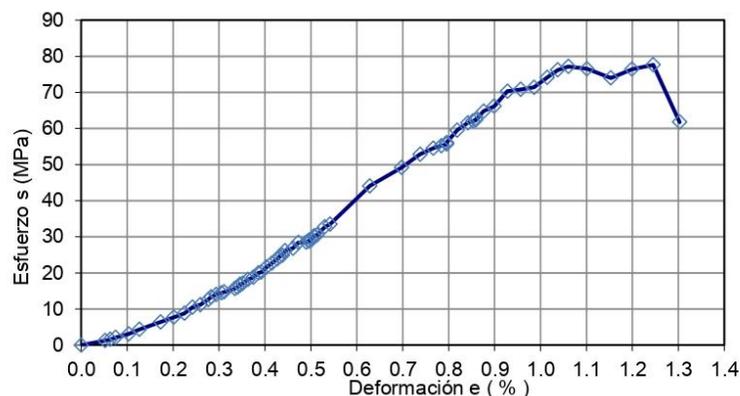
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

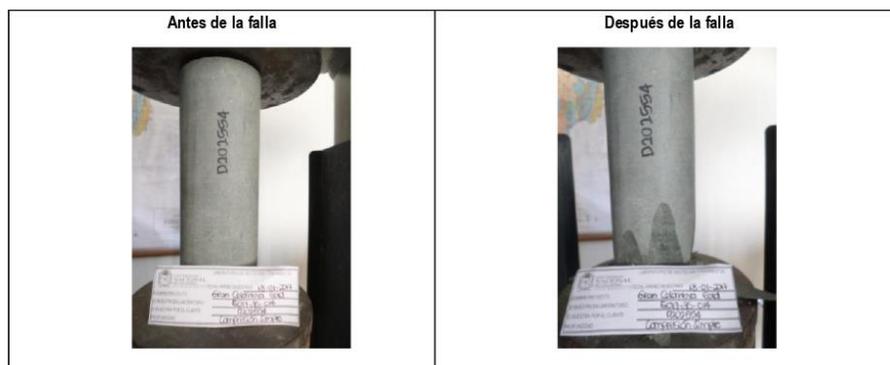
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202554



Peso del espécimen (g)	1546.91	Área del espécimen (m ²)	3.18E-03
Longitud del espécimen (mm)	173.47	Volumen del espécimen (m ³)	5.52E-04
Diámetro del espécimen (mm)	63.64	Peso unitario seco (kN/m ³)	27.50
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	77.64	Duración del Ensayo (min)	2.59
Carga Máx. de Rotura (kN)	250.07	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	6.69
Deformación Unitaria Máx. (%)	1.30	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



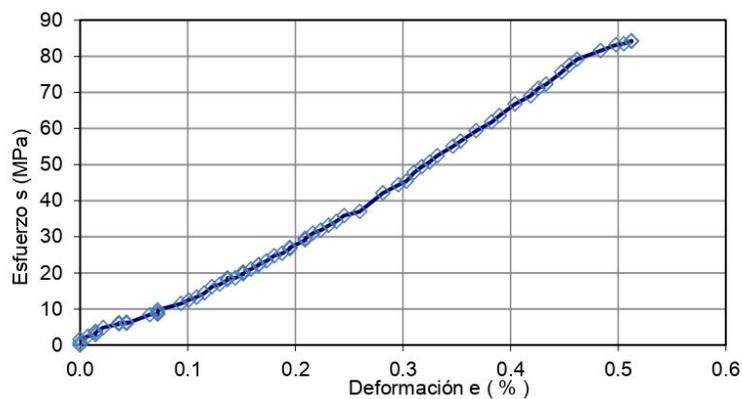
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

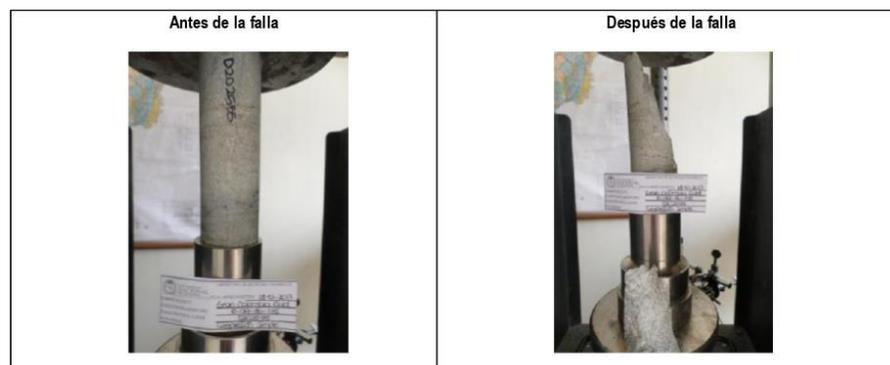
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202555



Peso del espécimen (g)	652.04	Área del espécimen (m ²)	1.75E-03
Longitud del espécimen (mm)	138.53	Volumen del espécimen (m ³)	2.42E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.16	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.44
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	84.28	Duración del Ensayo (min)	2.81
Carga Máx. de Rotura (kN)	147.95	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	15.61
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.51	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



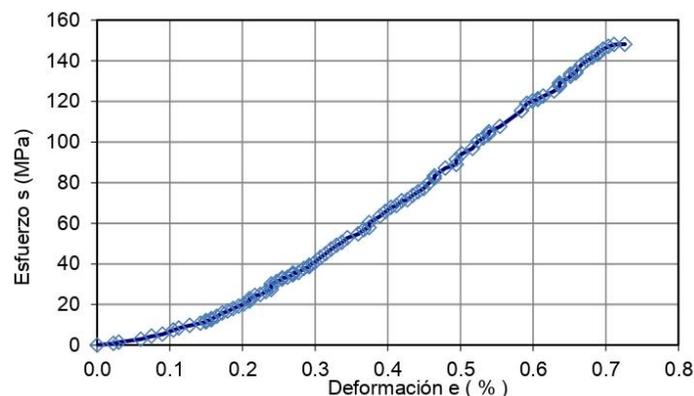
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

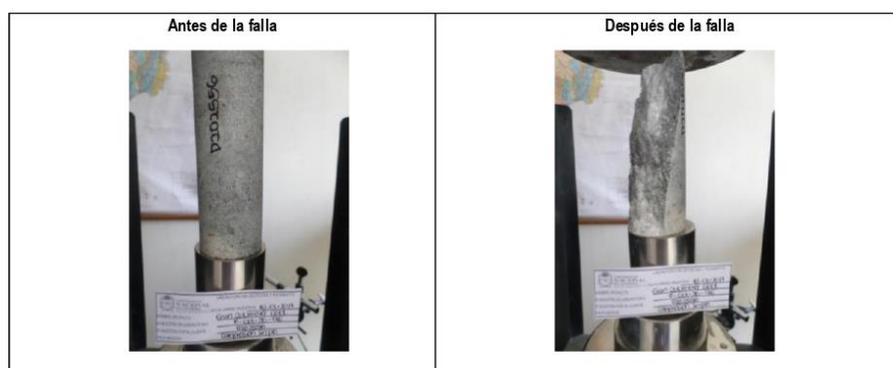
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202556



Peso del espécimen (g)	625.97	Área del espécimen (m ²)	1.76E-03
Longitud del espécimen (mm)	133.56	Volumen del espécimen (m ³)	2.35E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.30	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.16
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	148.14	Duración del Ensayo (min)	4.94
Carga Máx. de Rotura (kN)	262.24	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	16.83
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.73	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



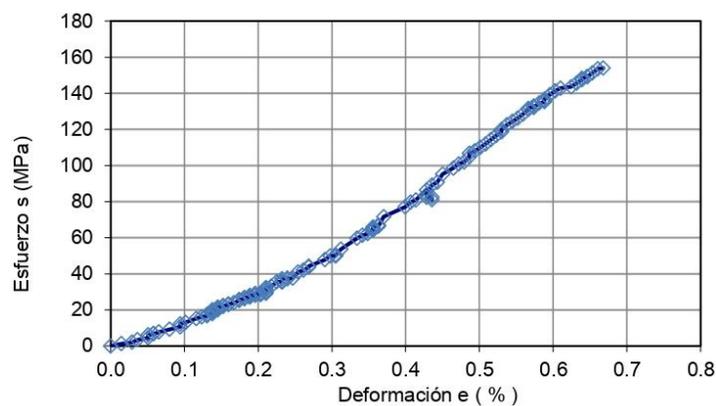
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202557



Peso del espécimen (g)	651.06	Área del espécimen (m ²)	1.75E-03
Longitud del espécimen (mm)	137.73	Volumen del espécimen (m ³)	2.41E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.18	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.53
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	154.00	Duración del Ensayo (min)	5.13
Carga Máx. de Rotura (kN)	271.01	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	19.25
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.67	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



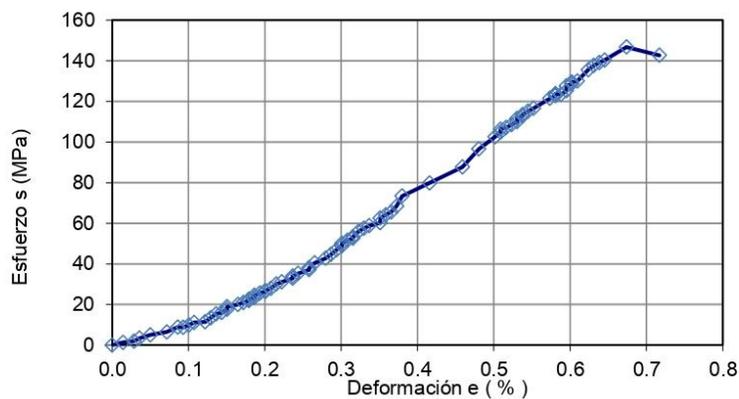
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202558



Peso del espécimen (g)	655.15	Área del espécimen (m ²)	1.75E-03
Longitud del espécimen (mm)	139.48	Volumen del espécimen (m ³)	2.44E-04
Diámetro del espécimen (mm)	47.20	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.33
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	146.76	Duración del Ensayo (min)	4.89
Carga Máx. de Rotura (kN)	258.57	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	19.31
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.72	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



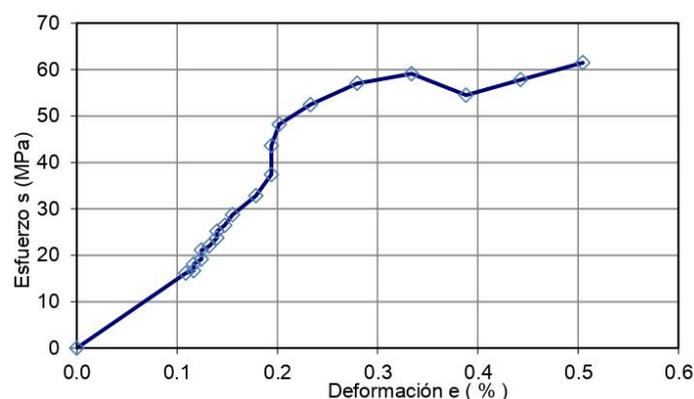
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202559



Peso del espécimen (g)	569.47	Área del espécimen (m ²)	1.59E-03
Longitud del espécimen (mm)	128.80	Volumen del espécimen (m ³)	2.05E-04
Diámetro del espécimen (mm)	45.04	Peso unitario seco (kN/m ³)	27.23
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	61.48	Duración del Ensayo (min)	2.05
Carga Máx. de Rotura (kN)	98.44	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	19.21
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.50	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



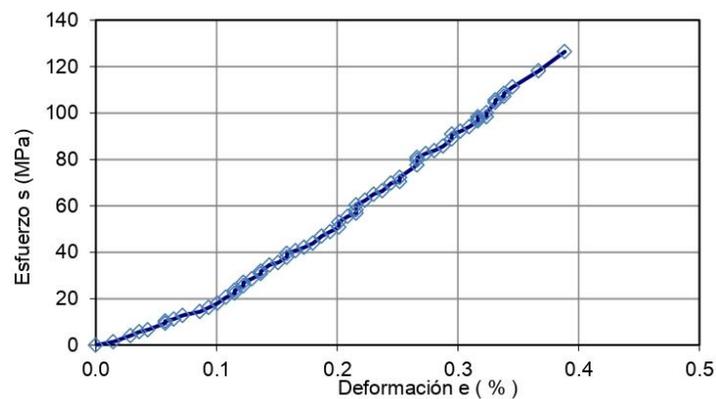
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

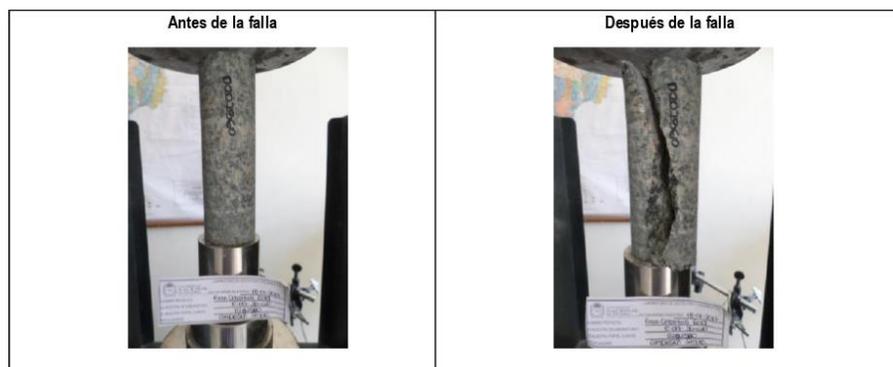
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202560



Peso del espécimen (g)	603.60	Área del espécimen (m ²)	1.59E-03
Longitud del espécimen (mm)	139.01	Volumen del espécimen (m ³)	2.21E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.98	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.81
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	126.46	Duración del Ensayo (min)	4.22
Carga Máx. de Rotura (kN)	201.70	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	27.49
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.39	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



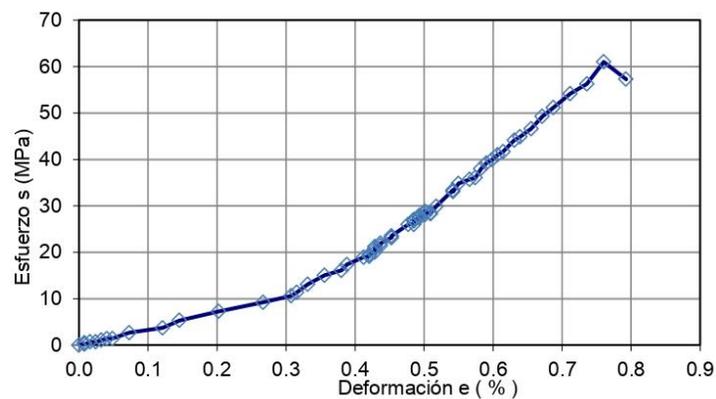
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

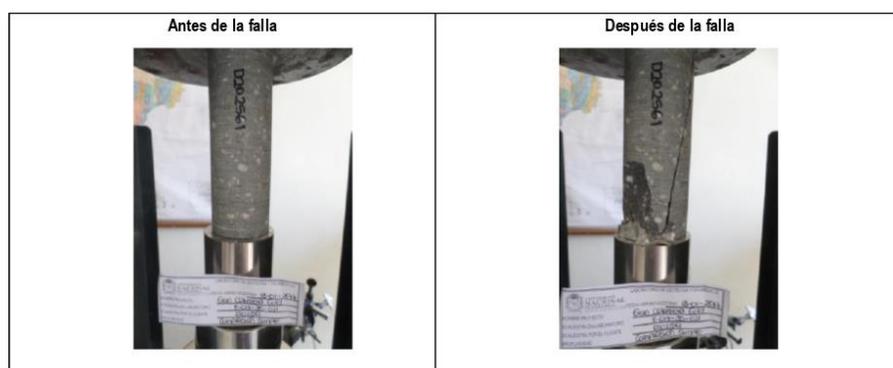
Versión: 00

Solicitud: 007

Muestra : D202561



Peso del espécimen (g)	531.48	Área del espécimen (m ²)	1.59E-03
Longitud del espécimen (mm)	123.62	Volumen del espécimen (m ³)	1.97E-04
Diámetro del espécimen (mm)	45.02	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.50
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	61.03	Duración del Ensayo (min)	2.03
Carga Máx. de Rotura (kN)	97.88	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	7.44
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.79	Contenido de humedad (%)	-



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA



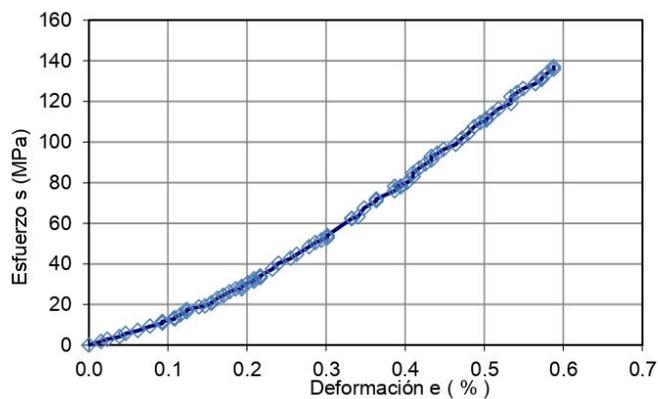
INFORME DE ENSAYOS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE MINAS

Código: FAR-001

Versión: 00

Solicitud: 007

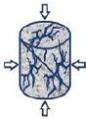
Muestra : D202562



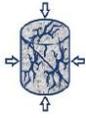
Peso del espécimen (g)	554.74	Área del espécimen (m ²)	1.58E-03
Longitud del espécimen (mm)	129.29	Volumen del espécimen (m ³)	2.05E-04
Diámetro del espécimen (mm)	44.91	Peso unitario seco (kN/m ³)	26.57
Esfuerzo Máx. de Rotura (MPa)	137.08	Duración del Ensayo (min)	4.57
Carga Máx. de Rotura (kN)	218.40	Módulo de Young E _{0m} (GPa)	19.58
Deformación Unitaria Máx. (%)	0.59	Contenido de humedad (%)	-



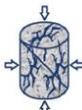
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.1	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL ASTM D 5731-08		Mayo 2017	
				Pág. 1 de 1
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-001	
SOLICITANTE	Ing. Carlos Cortés	CÓDIGO MUESTRA	MSK-T6545-B1	
PROYECTO	Mina Sandra K	CÓDIGO INTERNO	ZC-PLT-007	
FECHA DE RECEPCIÓN	10/11/2017	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca	
FECHA DE EJECUCIÓN	14/12/2017	POZO	MSK-T6545-B1	
FECHA DEL REPORTE	20/12/2017	PROFUNDIDAD	N/A	N/A
DIMENSIONES DE LA MUESTRA				
		Diámetro (mm)	58.79	
		Altura (mm)	79.89	
		Área (mm²)	2715	
DATOS DEL ENSAYO				
		Tipo de Ensayo	Irregular	
		Carga de Rotura P (kN)	32.49	
		Índice Resistencia a la Carga Puntual (I₅₀) (MPa)	5.84	
FOTOS				
				
OBSERVACIONES				
Falla por matriz de la roca, el ensayo se considera representativo				
EQUIPO DE TRABAJO		EQUIPO UTILIZADO		CALIBRACION
Ejecutó	<u>Santiago Pérez - IG Coordinador Laboratorio</u>	EQUIPO DE CARGA PUNTUAL GCTS		Apr-17
Revisó	<u>Juan Montoya - IG Gerente Técnico</u>	BALANZA LEXUS		Mar-17
Aprobó	<u>Juan Montoya - IG Gerente Técnico</u>	HORNO DE SECADO		Mar-17
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Antioquia E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com Celular: 3148646980				

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

		Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.1 Mayo 2017 Pág. 1 de 1
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		ASTM D 3967-08		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-001	
SOLICITANTE	Ing. Carlos Cortés	CÓDIGO MUESTRA	MSK-T6545-1A	
PROYECTO	Mina Sandra K	CÓDIGO INTERNO	ZC-TI-007	
FECHA DE RECEPCIÓN	10/11/2017	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca	
FECHA DE EJECUCIÓN	14/12/2017	POZO	MSK-T6545-1A	
FECHA DEL REPORTE	20/12/2017	PROFUNDIDAD	NA	NA
DIMENSIONES DE LA MUESTRA				
Diámetro [mm]		55.15		
Altura (mm)		31.22		
Área [mm ²]		2389		
Volumen [mm ³]		74579		
DATOS DEL ENSAYO				
Duración del Ensayo [s]		34		
Carga de Rotura (P) [kN]		26.09		
Velocidad de Aplicación de Carga (kN/s)		0.77		
Resistencia a la Tracción (σ_t) [MPa]		9.65		
FOTOS				
				
OBSERVACIONES	Falla diametral generada por la por matriz de la roca, el ensayo se considera representativo			
EQUIPO DE TRABAJO		EQUIPO UTILIZADO		CALIBRACION
Ejecutó: Santiago Pérez - IG Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico		PRENSA HIDRÁULICA SACK & KIESSELBACH 630T		Apr-17
		DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI		..
		BALANZA LEXUS		Mar-17
		HORNO DE SECADO		Mar-17
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Antioquia E-mail: geomecaintegral@gmail.com Celular: 3148646980				

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 1 de 1
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ASTM D 3967-08	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4B
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TI-018

FECHA DE RECEPCIÓN	11/09/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	09/10/2018	POZO	SK
FECHA DEL REPORTE	10/10/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.42	Duración del Ensayo [s]	34
Altura [mm]	30.85	Carga de Rotura P [kN]	14.47
Área [cm²]	16.20	Velocidad de Aplicación de la Carga (t_r=28 s) [kN/s]	0.52
Volumen [cm³]	49.98	Resistencia a la Tracción (σ_t) [MPa]	6.6



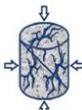
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL
1. Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio.

OBSERVACIONES
1. Falla diametral generada por la por matriz de la roca, el ensayo se considera representativo.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón – Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya – IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya – IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia E-mail: geomecaintegral@gmail.com , Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 1 de 1
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ASTM D 3967-08	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 5B
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TI-019

FECHA DE RECEPCIÓN	11/09/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	09/10/2018	POZO	SK
FECHA DEL REPORTE	10/10/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.81	Duración del Ensayo [s]	32
Altura [mm]	29.19	Carga de Rotura P [kN]	14.85
Área [cm²]	16.48	Velocidad de Aplicación de la Carga (t_r=23 s) [kN/s]	0.65
Volumen [cm³]	48.11	Resistencia a la Tracción (σ_t) [MPa]	7.1



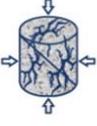
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL
1. Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio.

OBSERVACIONES
1. Falla diametral generada por la por matriz de la roca, el ensayo se considera representativo.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

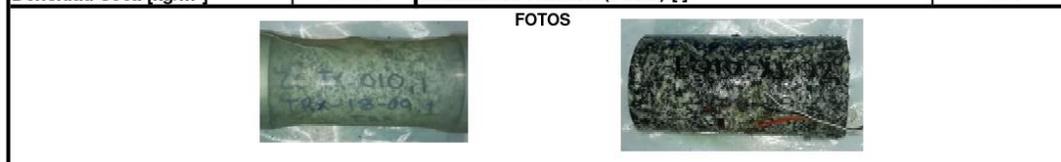
<i>Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia</i> <i>E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564</i>

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 1 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTM D 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	TX-18-09.1
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-010.1

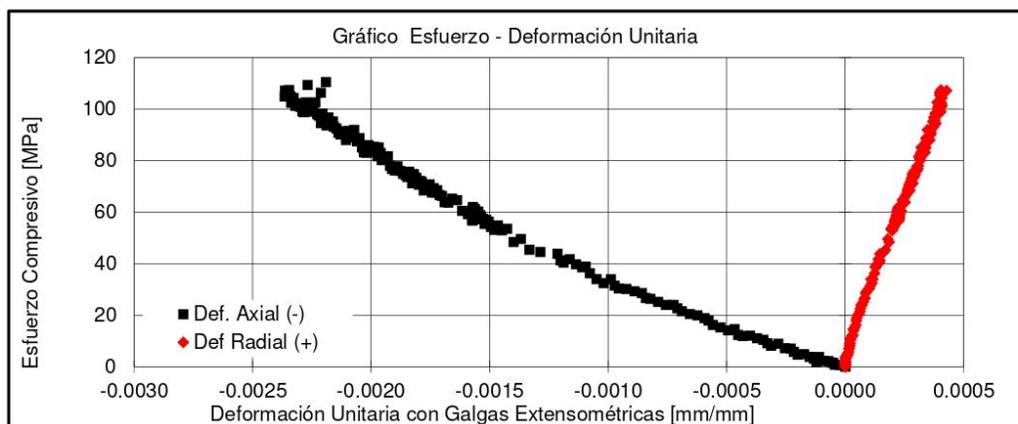
FECHA DE RECEPCIÓN	6/21/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	8/21/2018	POZO	SK-IS-013
FECHA DEL REPORTE	9/9/2018	PROFUNDIDAD	127.08 127.21

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	63.35	Duración del Ensayo [s]	202
Altura [mm]	131.23	Carga de Rotura [kN]	585.2
Área [cm²]	31.52	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	2.90
Volumen [cm³]	413.63	Esfuerzo Total de Rotura (σ_r) [MPa]	185.6
Contenido de Humedad (%)	0.03	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	43.1
Densidad Seca [kg/m³]	2722.7	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.17



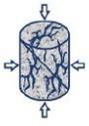
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 2 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	TX-18-09.2
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-010.2

FECHA DE RECEPCIÓN	6/21/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	8/21/2018	POZO	SK-IS-013
FECHA DEL REPORTE	9/9/2018	PROFUNDIDAD	127.37 127.50

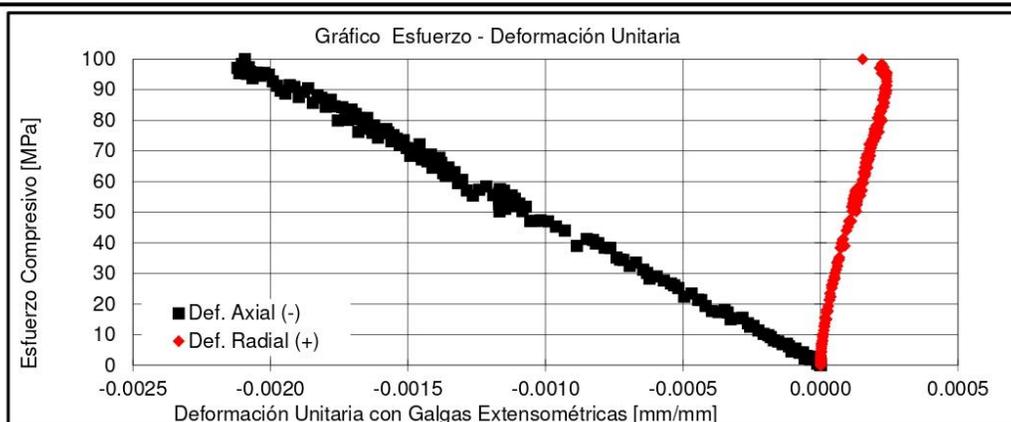
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	63.2	Duración del Ensayo [s]	196
Altura [mm]	128.67	Carga de Rotura [kN]	323.25
Área [cm²]	31.37	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.65
Volumen [cm³]	403.65	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) (MPa)	103.0
Contenido de Humedad (%)	0.02	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	44.6
Densidad Seca [kg/m³]	2725.65	Relación de Poisson (v 50%) []	0.11

FOTOS

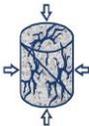


Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTMD 7012 - Nota 10.



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 4 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	TX-18-09.4
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-010.4

FECHA DE RECEPCIÓN	6/21/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	8/21/2018	POZO	SK-IS-013
FECHA DEL REPORTE	9/9/2018	PROFUNDIDAD	127.77 127.90

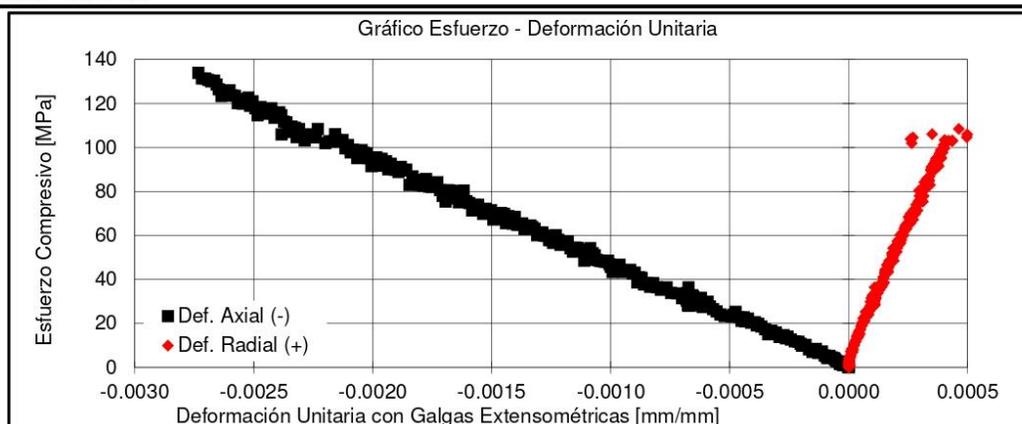
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	63.17	Duración del Ensayo [s]	265
Altura [mm]	131.43	Carga de Rotura [kN]	501.27
Área [cm²]	31.34	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.89
Volumen [cm³]	411.91	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	159.9
Contenido de Humedad (%)	0.01	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	45.7
Densidad Seca [kg/m³]	2742.81	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.18

FOTOS



Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.

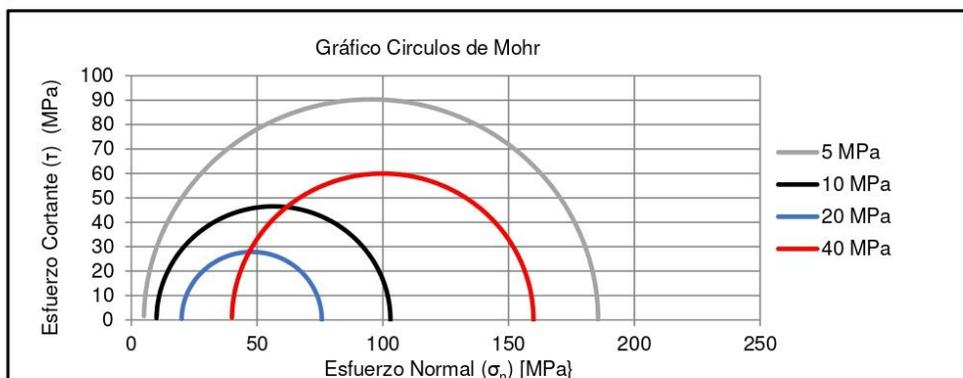
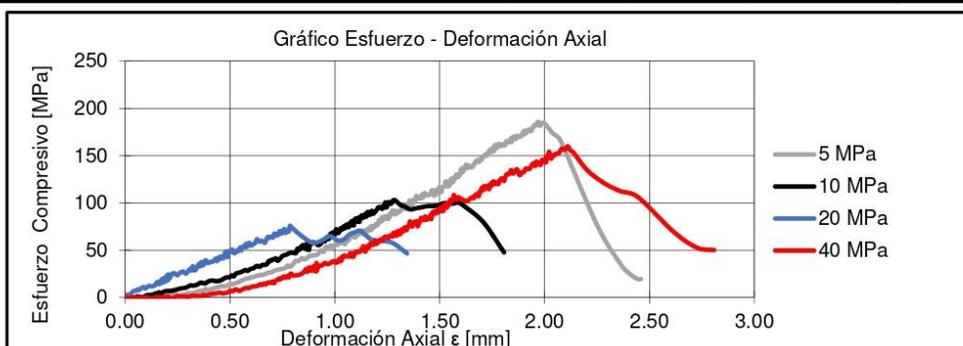


Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

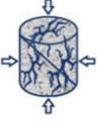
	Geomecánica Integral S.A.S.	Versión 2.2
	Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Aug-18
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14	Pág. 5 de 5
	RESUMEN DEL ENSAYO	

Variable	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Esfuerzo Confinante (σ_3) [MPa]	5	10	20	40
Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	185.6	103.0	75.7	159.9
Esfuerzo Diferencial de Rotura (σ_1, σ_3) [MPa]	180.6	93.0	55.7	119.9



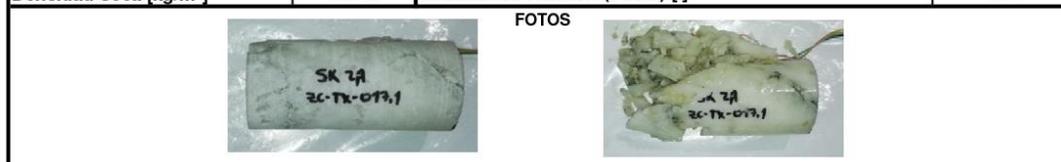
OBSERVACIONES	1. mecanismo de falla controlado por discontinuidades.	
	2. Se reportan esfuerzos principales en punto de rotura	
	3. Parámetros de resistencia al corte a ser calculados por de acuerdo al tipo de proyecto	
EQUIPO DE TRABAJO Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACION
	PRENSA HIDRAULICA SACK & KIESELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350 Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564		

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 1 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTM D 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 2A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-017.1

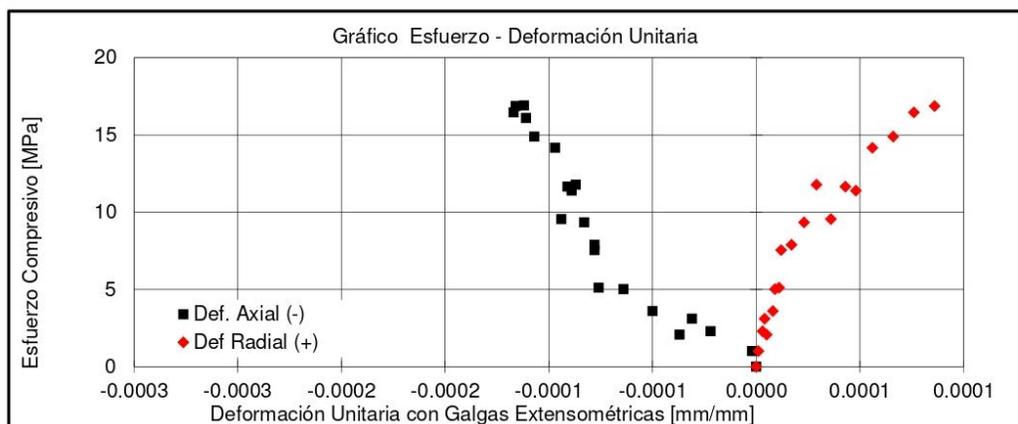
FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/12/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.62	Duración del Ensayo [s]	43
Altura [mm]	102.36	Carga de Rotura [kN]	49.0
Área [cm²]	16.35	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.14
Volumen [cm³]	167.31	Esfuerzo Total de Rotura (σ_r) [MPa]	29.9
Contenido de Humedad (%)	0.12	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	67.2
Densidad Seca [kg/m³]	2459.5	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.14



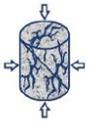
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 2 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 2A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-017.2

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/12/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

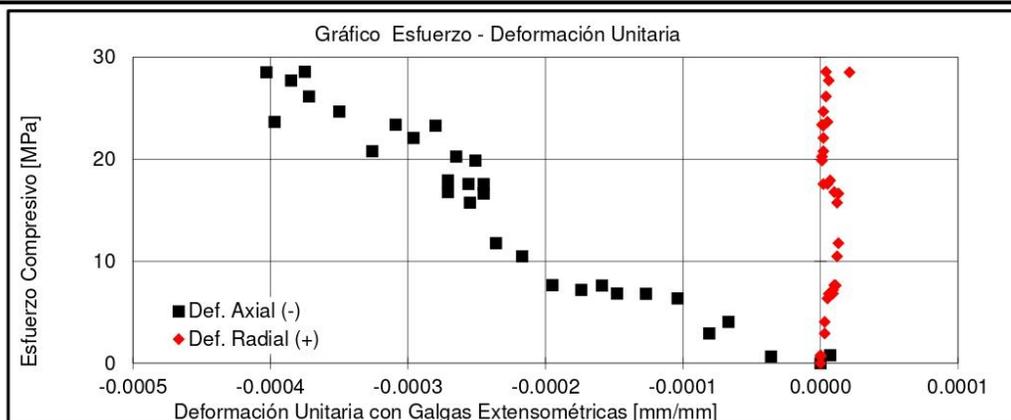
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.61	Duración del Ensayo [s]	47
Altura [mm]	101.35	Carga de Rotura [kN]	48.65
Área [cm²]	16.34	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.04
Volumen [cm³]	165.59	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) (MPa)	29.8
Contenido de Humedad (%)	0.12	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	49.8
Densidad Seca [kg/m³]	2538.20	Relación de Poisson (v 50%) []	0.06

FOTOS



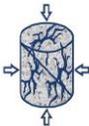
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTMD 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envidado, Colombia
E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 3 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 2A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-017.3

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/12/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

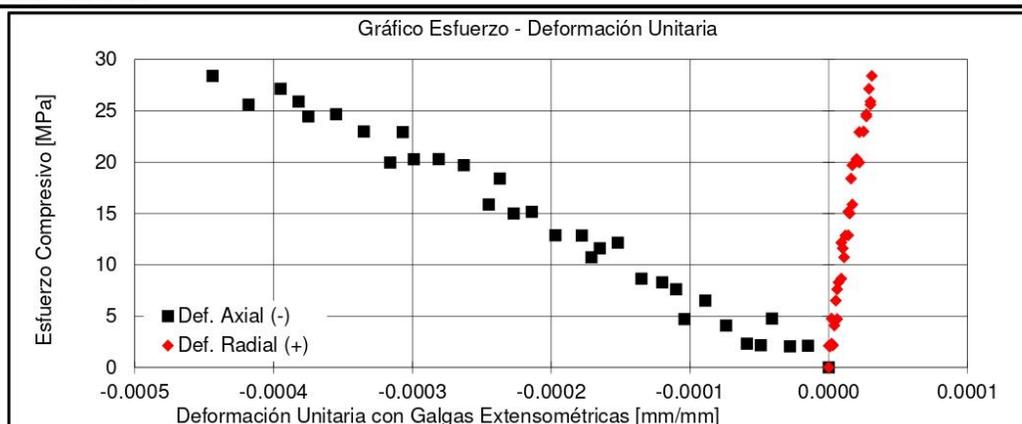
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.82	Duración del Ensayo [s]	59
Altura [mm]	101.58	Carga de Rotura [kN]	62.25
Área [cm²]	16.49	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.06
Volumen [cm³]	167.50	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) (MPa)	37.7
Contenido de Humedad (%)	0.10	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	64.8
Densidad Seca [kg/m³]	2501.53	Relación de Poisson (v 50%) []	0.07

FOTOS



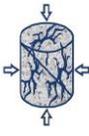
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 4 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 2A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-017.4

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/12/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

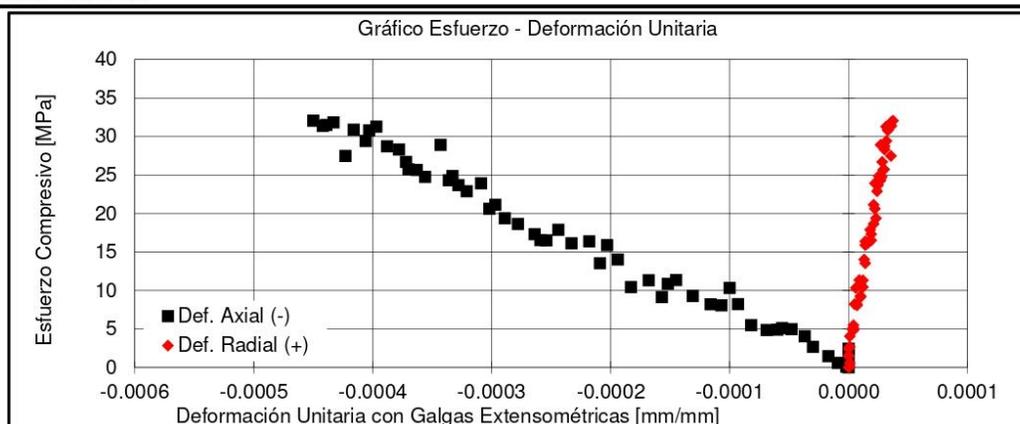
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.82	Duración del Ensayo [s]	108
Altura [mm]	101.58	Carga de Rotura [kN]	101.38
Área [cm²]	16.49	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	0.94
Volumen [cm³]	167.50	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) (MPa)	61.5
Contenido de Humedad (%)	0.12	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	64.9
Densidad Seca [kg/m³]	2496.16	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.08

FOTOS



Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



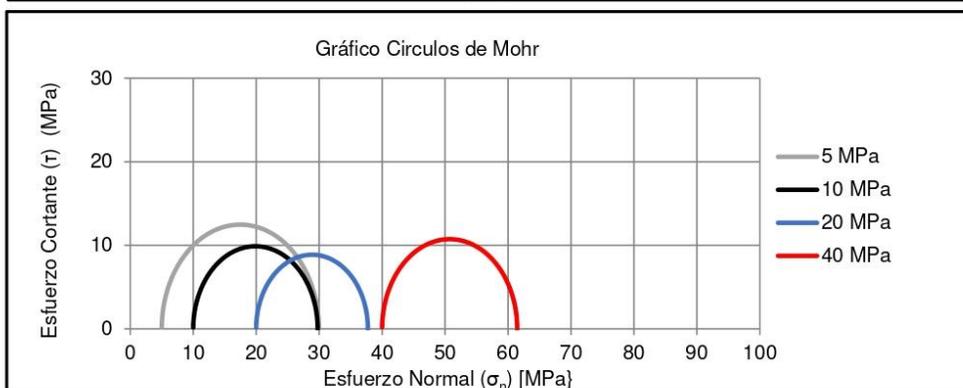
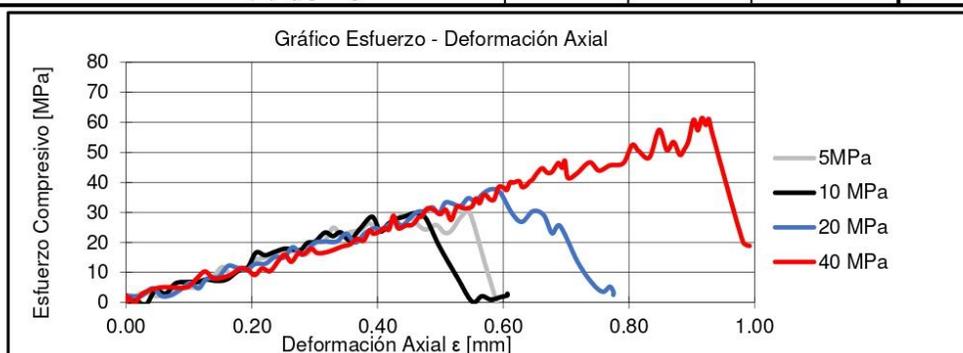
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14	Aug-18
		Pág. 5 de 5

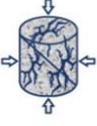
RESUMEN DEL ENSAYO

Variable	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Esfuerzo Confinante (σ_3) [MPa]	5	10	20	40
Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	29.9	29.8	37.7	61.5
Esfuerzo Diferencial de Rotura (σ_1, σ_3) [MPa]	24.9	19.8	17.7	21.5



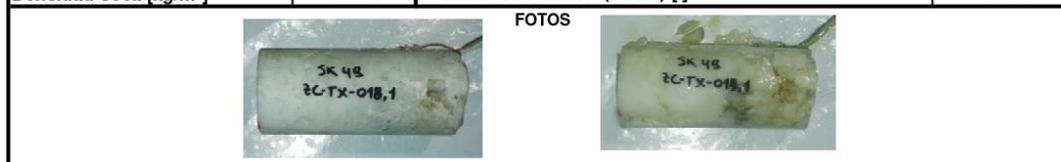
OBSERVACIONES	1. mecanismo de falla controlado por discontinuidades. 2. Se reportan esfuerzos principales en punto de rotura 3. Parámetros de resistencia al corte a ser calculados por de acuerdo al tipo de proyecto	
EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACION
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRAULICA SACK & KIESELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	-
	STRAIN GAUGE 350 Ω-6AA	-
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564		

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 1 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTM D 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4B
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-018.1

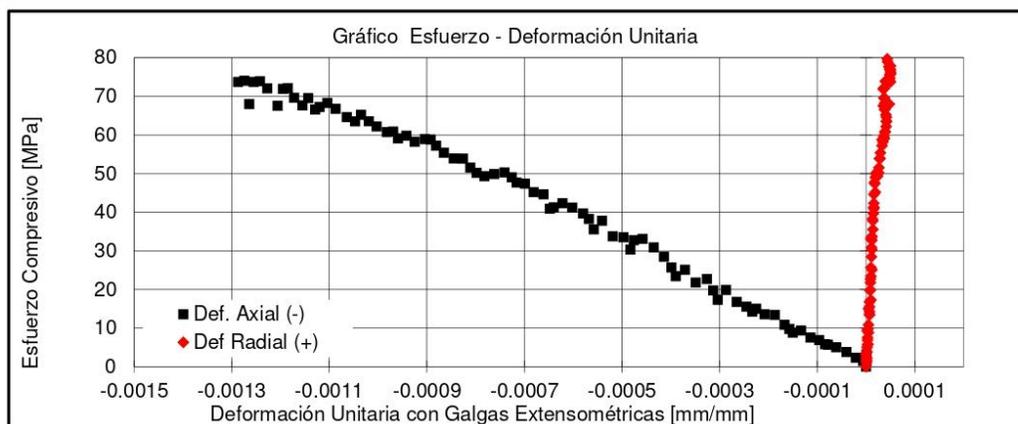
FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.79	Duración del Ensayo [s]	109
Altura [mm]	102.93	Carga de Rotura [kN]	134.6
Área [cm²]	16.47	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.23
Volumen [cm³]	169.50	Esfuerzo Total de Rotura (σ_r) [MPa]	81.7
Contenido de Humedad (%)	0.12	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	68.4
Densidad Seca [kg/m³]	2521.5	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.03

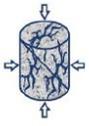


Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 2 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4B
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-018.2

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

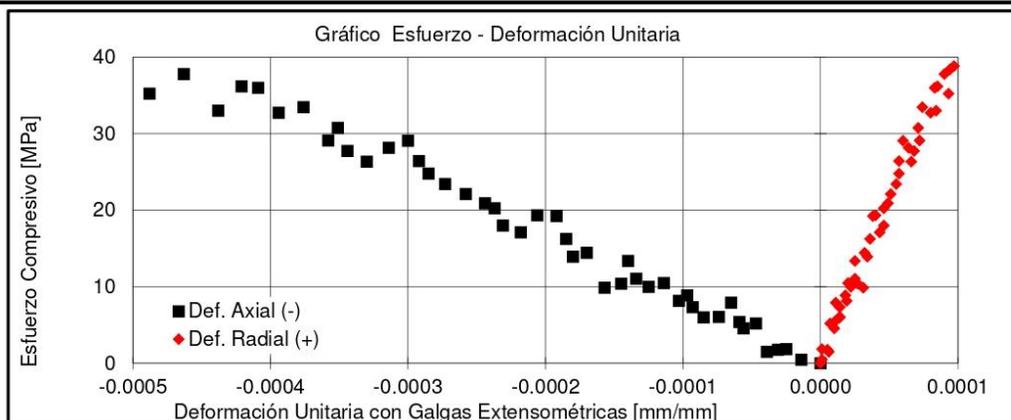
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.53	Duración del Ensayo [s]	66
Altura [mm]	94.09	Carga de Rotura [kN]	71.97
Área [cm²]	16.28	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.09
Volumen [cm³]	153.19	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) (MPa)	44.2
Contenido de Humedad (%)	0.10	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	85.6
Densidad Seca [kg/m³]	2566.10	Relación de Poisson (v 50%) []	0.20

FOTOS



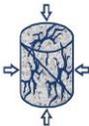
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envidado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 3 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4B
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-018.3

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

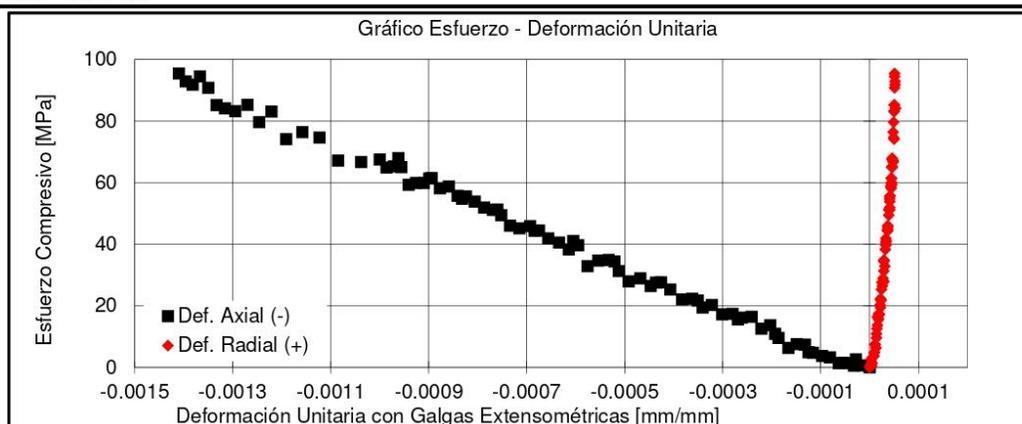
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.58	Duración del Ensayo [s]	124
Altura [mm]	99.87	Carga de Rotura [kN]	155.91
Área [cm²]	15.61	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.26
Volumen [cm³]	155.89	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) (MPa)	99.9
Contenido de Humedad (%)	0.12	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	65.7
Densidad Seca [kg/m³]	2628.22	Relación de Poisson (v 50%) []	0.05

FOTOS



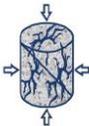
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

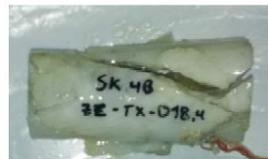
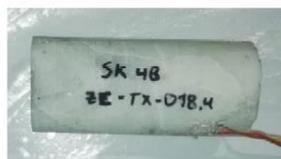
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 4 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4B
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-018.4

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

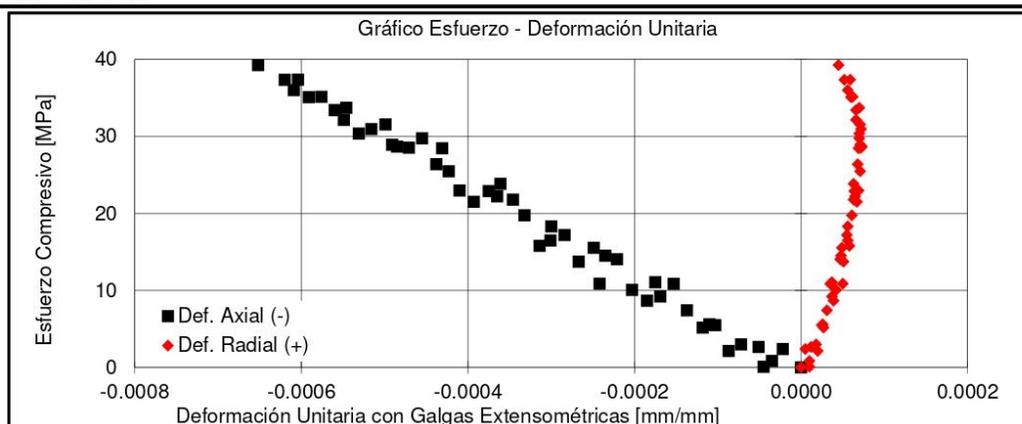
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.58	Duración del Ensayo [s]	79
Altura [mm]	99.87	Carga de Rotura [kN]	74.41
Área [cm²]	15.61	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	0.94
Volumen [cm³]	155.89	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	47.7
Contenido de Humedad (%)	0.11	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	56.1
Densidad Seca [kg/m³]	2786.66	Relación de Poisson (v 50%) []	0.17

FOTOS



Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.

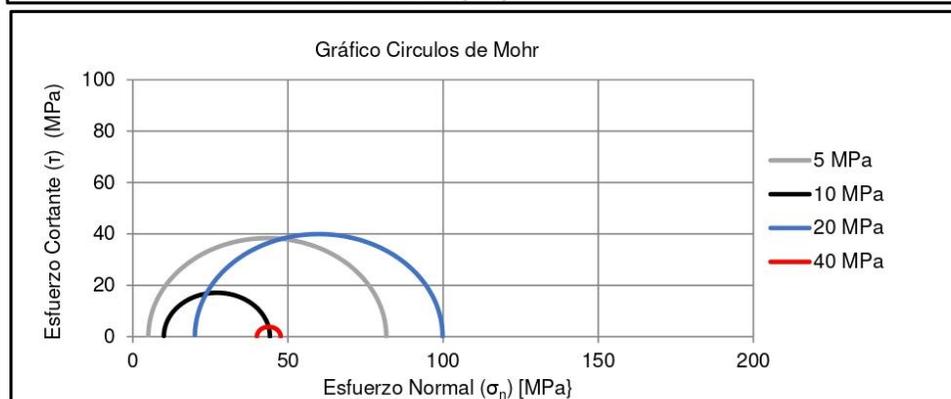
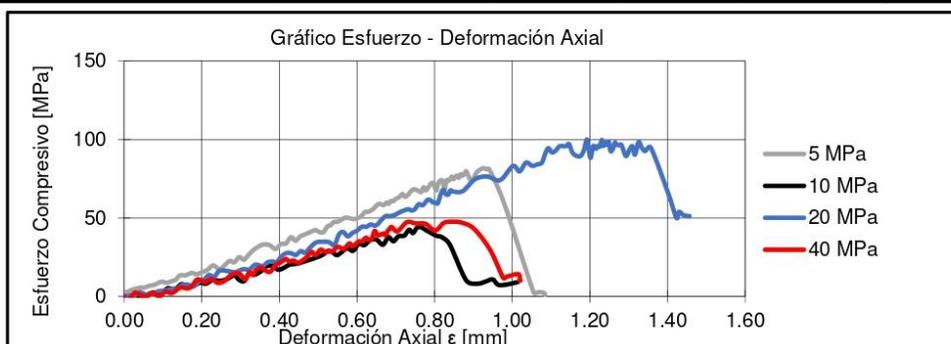


Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

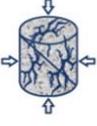
	Geomecánica Integral S.A.S.	Versión 2.2
	Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Aug-18
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14	Pág. 5 de 5
	RESUMEN DEL ENSAYO	

Variable	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Esfuerzo Confinante (σ_3) [MPa]	5	10	20	40
Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	81.7	44.2	99.9	47.7
Esfuerzo Diferencial de Rotura (σ_1, σ_3) [MPa]	76.7	34.2	79.9	7.7



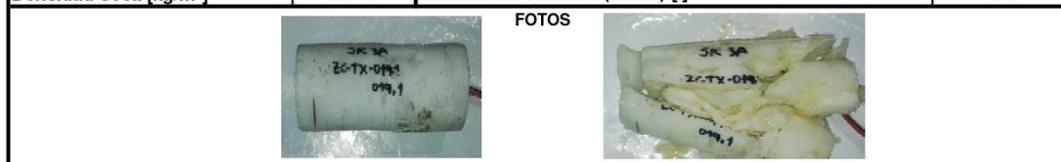
OBSERVACIONES	<ol style="list-style-type: none"> mecanismo de falla controlado por discontinuidades. Se reportan esfuerzos principales en punto de rotura Parámetros de resistencia al corte a ser calculados por de acuerdo al tipo de proyecto 	
EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACION
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRAULICA SACK & KIESELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350 Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com , Teléfono: (+574)6129564		

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 1 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTM D 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 3A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-019.1

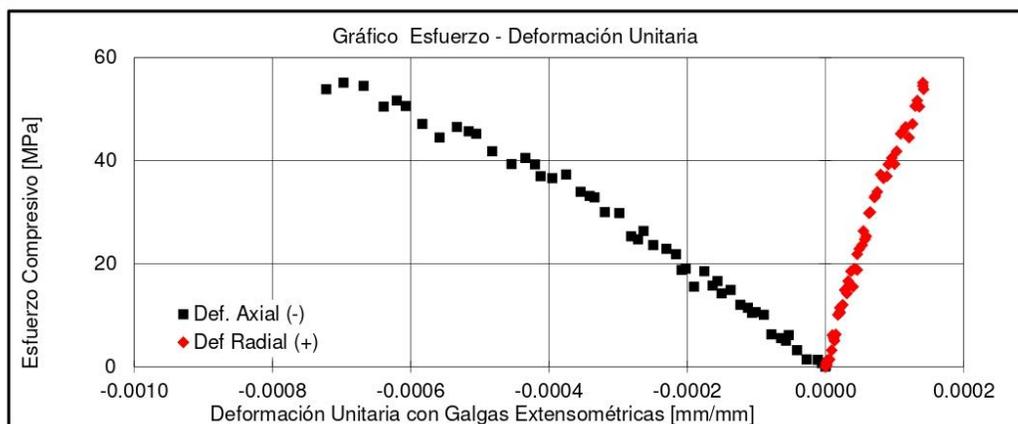
FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.38	Duración del Ensayo [s]	69
Altura [mm]	101.99	Carga de Rotura [kN]	105.5
Área [cm²]	15.47	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.53
Volumen [cm³]	157.77	Esfuerzo Total de Rotura (σ_r) [MPa]	68.1
Contenido de Humedad (%)	0.12	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	95.9
Densidad Seca [kg/m³]	2553.1	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.21



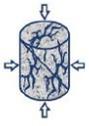
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



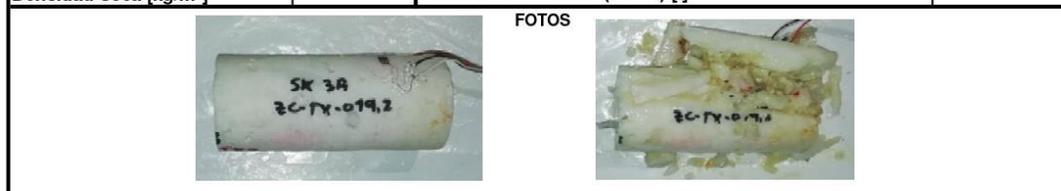
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 2 de 4
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 3A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-019.2

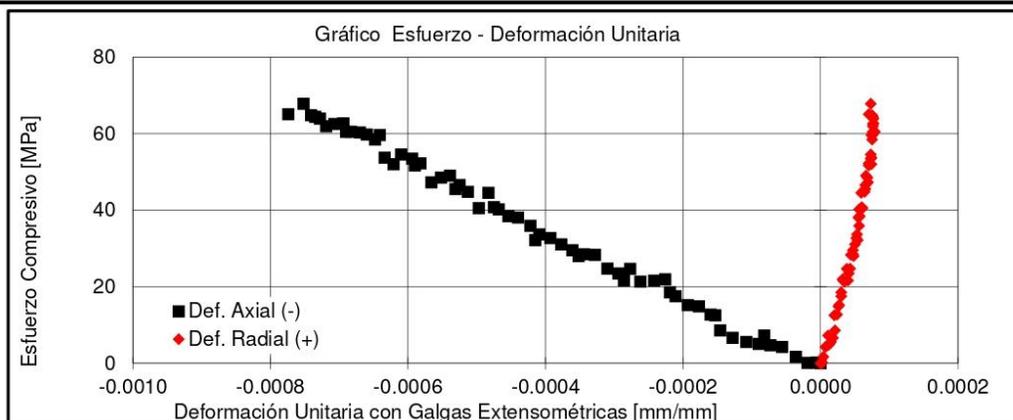
FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.61	Duración del Ensayo [s]	110
Altura [mm]	99.75	Carga de Rotura [kN]	138.53
Área [cm²]	15.63	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.26
Volumen [cm³]	155.91	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	88.6
Contenido de Humedad (%)	0.05	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	85.9
Densidad Seca [kg/m³]	2523.93	Relación de Poisson (v 50%) []	0.13



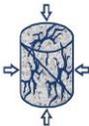
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTMD 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envidado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 3 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 3A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-019.3

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

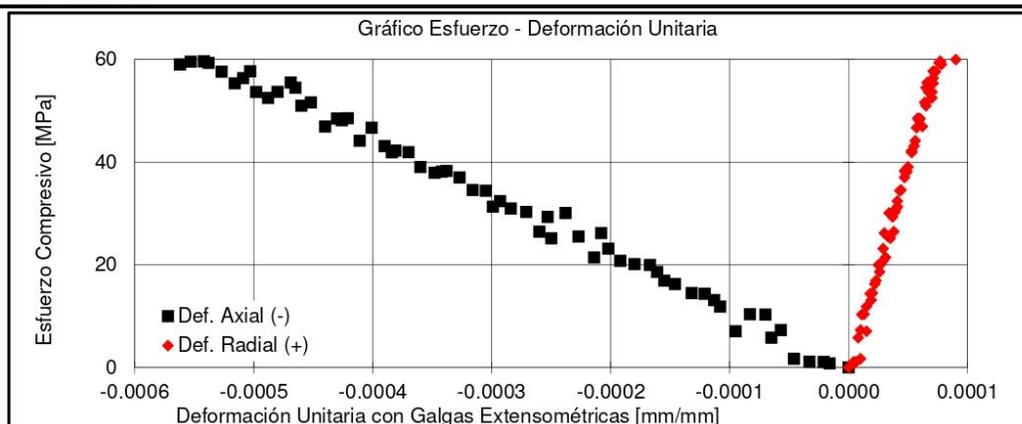
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.75	Duración del Ensayo [s]	119
Altura [mm]	99.77	Carga de Rotura [kN]	143.63
Área [cm²]	15.73	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	1.21
Volumen [cm³]	156.92	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	91.3
Contenido de Humedad (%)	0.15	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	110.6
Densidad Seca [kg/m³]	2547.81	Relación de Poisson (v 50%) []	0.14

FOTOS



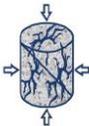
Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012 - Nota 10.



Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14		Aug-18 Pág. 4 de 4
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	MS-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 3A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-TX-019.4

FECHA DE RECEPCIÓN	6/23/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	9/13/2018	POZO	Sandra K
FECHA DEL REPORTE	9/17/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

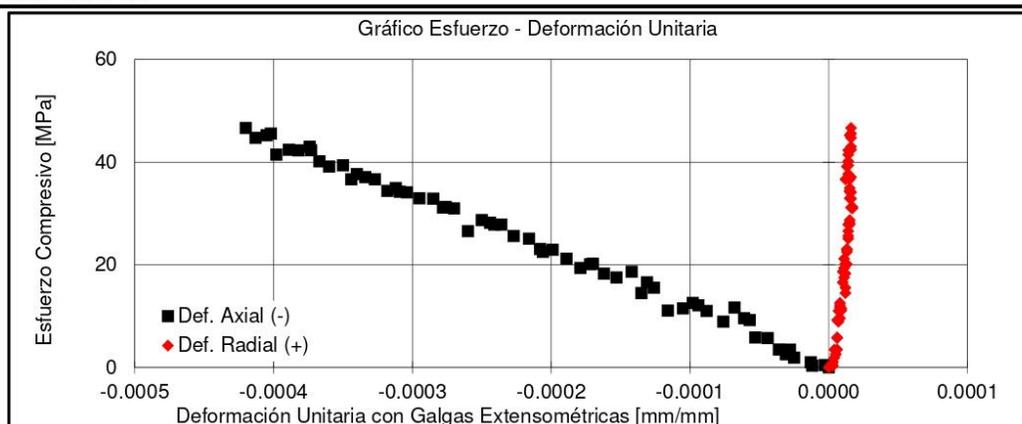
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.75	Duración del Ensayo [s]	182
Altura [mm]	99.77	Carga de Rotura [kN]	156.44
Área [cm²]	15.73	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	0.86
Volumen [cm³]	156.92	Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	99.4
Contenido de Humedad (%)	0.03	Modulo de Young (Es 50%) [GPa]	92.2
Densidad Seca [kg/m³]	2538.25	Relación de Poisson (v 50%) []	0.04

FOTOS



Descripción Textural y Estructural

1. Roca de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de microfisuras. 2. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTMD 7012 - Nota 10.



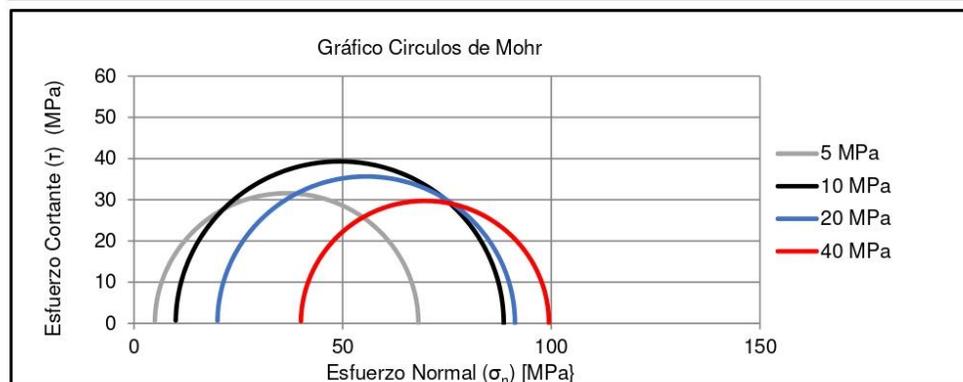
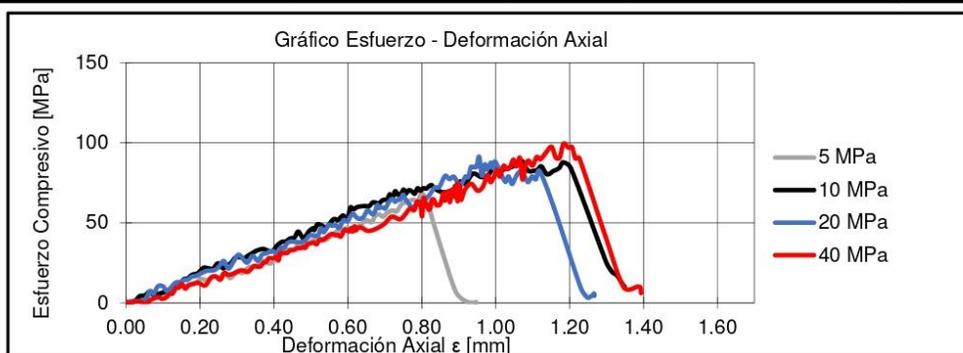
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN BAJO ESTADOS VARIABLES DE ESFUERZOS ASTMD 7012-14	Aug-18
		Pág. 5 de 5

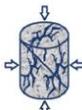
RESUMEN DEL ENSAYO

Variable	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Esfuerzo Confinante (σ_3) [MPa]	5	10	20	40
Esfuerzo Total de Rotura (σ_1) [MPa]	68.1	88.6	91.3	99.4
Esfuerzo Diferencial de Rotura (σ_1, σ_3) [MPa]	63.1	78.6	71.3	59.4



OBSERVACIONES	1. mecanismo de falla controlado por discontinuidades. 2. Se reportan esfuerzos principales en punto de rotura 3. Parámetros de resistencia al corte a ser calculados por de acuerdo al tipo de proyecto	
EQUIPO DE TRABAJO Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	EQUIPO UTILIZADO PRENSA HIDRAULICA SACK & KIESELBACH 630T DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI STRAIN GAUGE 350 Q-6AA BALANZA LEXUS HORNO DE SECADO	CALIBRACION May-18 -- -- May-18 May-18
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564		

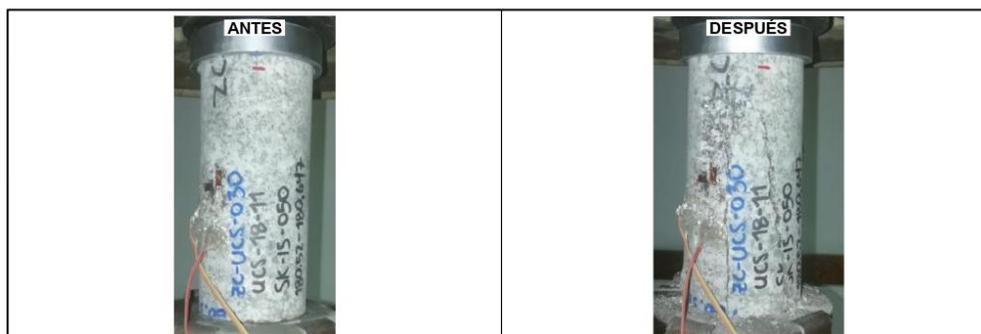
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.1 May-17 Pág. 1 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	UCS-18-11
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-030

FECHA DE RECEPCIÓN	21/06/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	29/07/2018	POZO	SK-IS-050
FECHA DEL REPORTE	09/08/2018	PROFUNDIDAD	180.52 180.65

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	61.06	Duración del Ensayo [s]	141
Altura [mm]	134.07	Carga de Rotura [kN]	208.23
Área [cm ²]	29.28	Velocidad de Aplicación la Carga [kN/s]	1.48
Volumen [cm ³]	392.59	Resistencia a la Compresión Inconfinada (σ_u) [MPa]	71.1
Contenido de Humedad [%]	0.1	Módulo de Young (Es 50%) [GPa]	66.3
Densidad Seca [kg/m ³]	2752	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.21



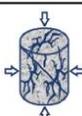
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL

- Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio.
- Dimensiones de la probeta controladas por la calidad de la muestra.

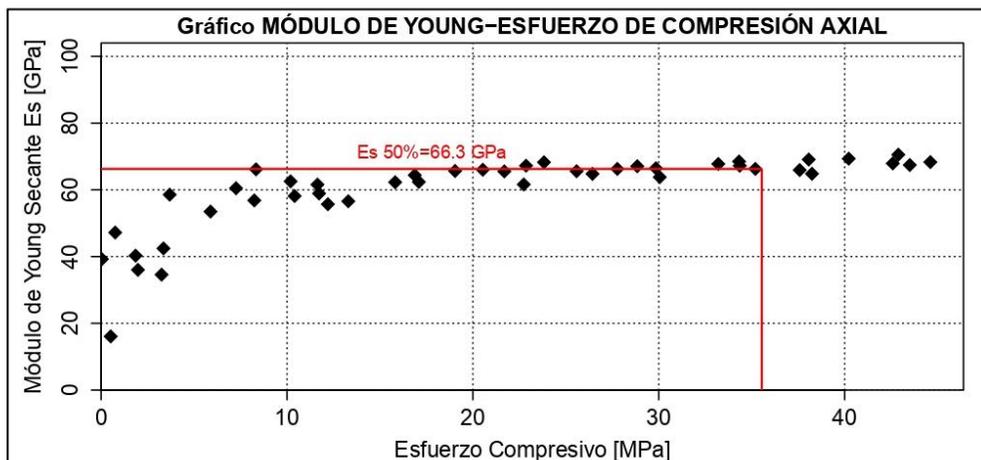
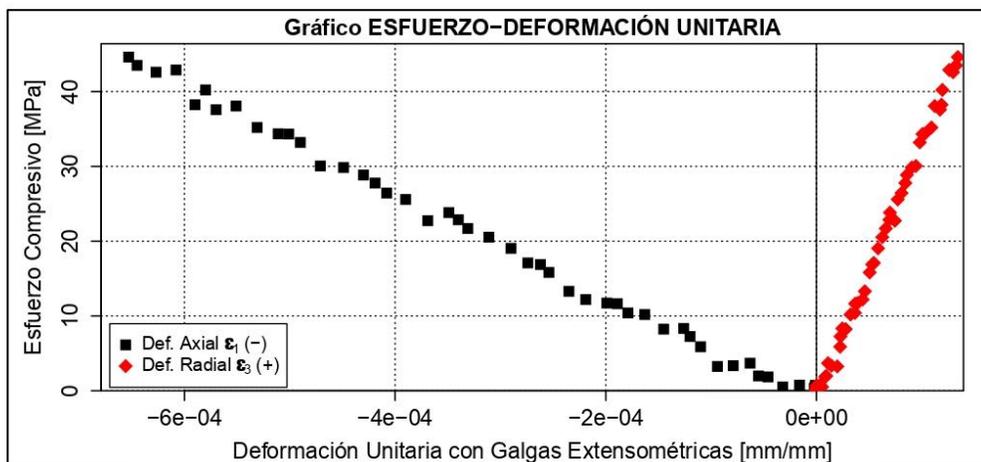


Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Celular: (+57)3148646980

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.1 May-17 Pág. 2 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	UCS-18-11
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-030



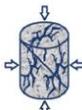
OBSERVACIONES

- Mecanismo de falla controlado por la matriz rocosa, influenciado por microfisuras no identificadas en muestra de mano.
- Parámetros elásticos reportados al 50% de la UCS (35.5 MPa).
- Se adopta como convención de signos positivo (+) para esfuerzo compresivo y negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012-14, Nota 10.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KIESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Celular: (+57)3148646980

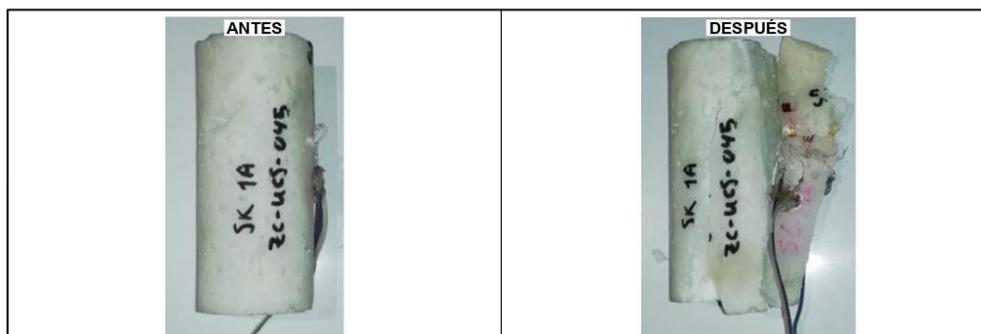
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 1 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

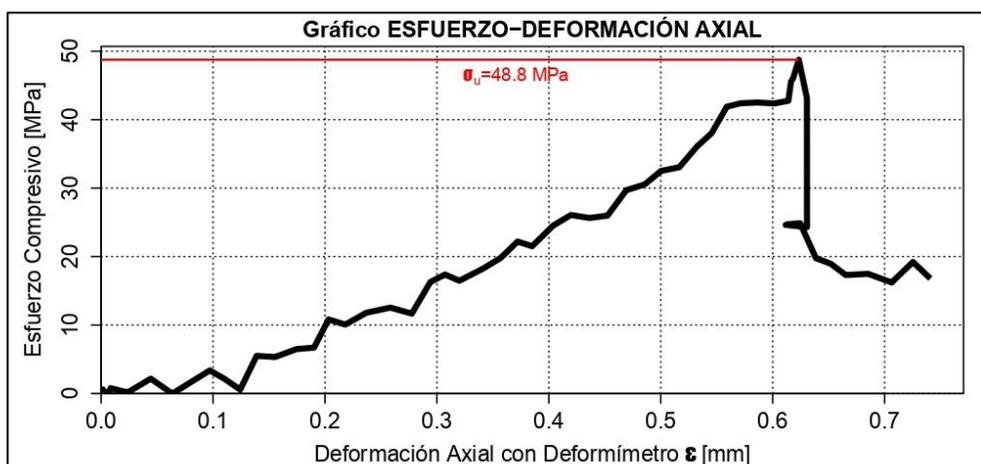
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 1A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-045

FECHA DE RECEPCIÓN	21/06/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo Extraído de Bloque
FECHA DE EJECUCIÓN	10/09/2018	POZO	SK 1A
FECHA DEL REPORTE	13/09/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	44.52	Duración del Ensayo [s]	59
Altura [mm]	101.15	Carga de Rotura [kN]	75.92
Área [cm ²]	15.57	Velocidad de Aplicación de la Carga (t _r =47 s) [kN/s]	1.62
Volumen [cm ³]	157.46	Resistencia a la Compresión Inconfinada (σ_u) [MPa]	48.8
Contenido de Humedad [%]	0.1	Módulo de Young (Es 50%) [GPa]	46.7
Densidad Seca [kg/m ³]	2526	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.05

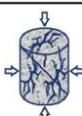


DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL
1. Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de discontinuidades. 2. Dimensiones de la probeta controladas por la calidad de la muestra.

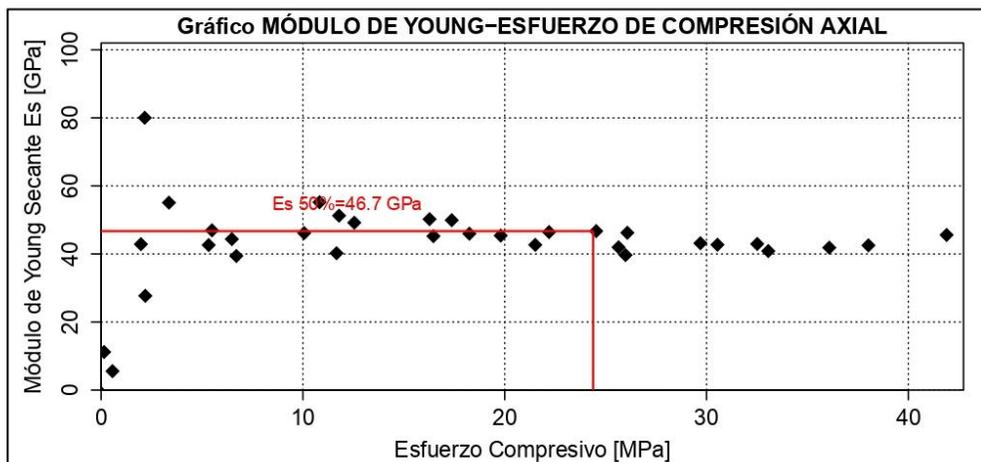
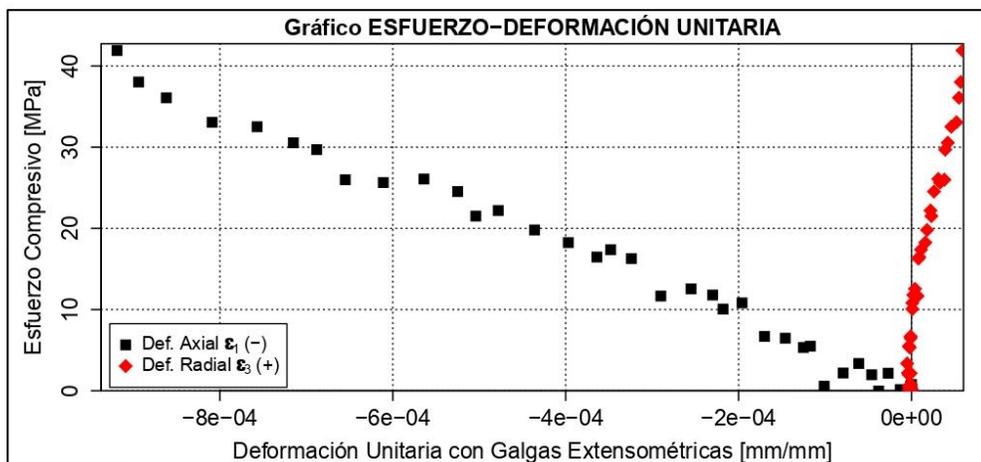


Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 2 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 1A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-045



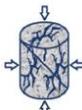
OBSERVACIONES

- Mecanismo de falla controlado por discontinuidades preexistentes en la muestra.
- Parámetros elásticos reportados al 50% de la UCS (24.4 MPa).
- Se adopta como convención de signos positivo (+) para esfuerzo compresivo y negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012-14, Nota 10.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KIESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
 E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

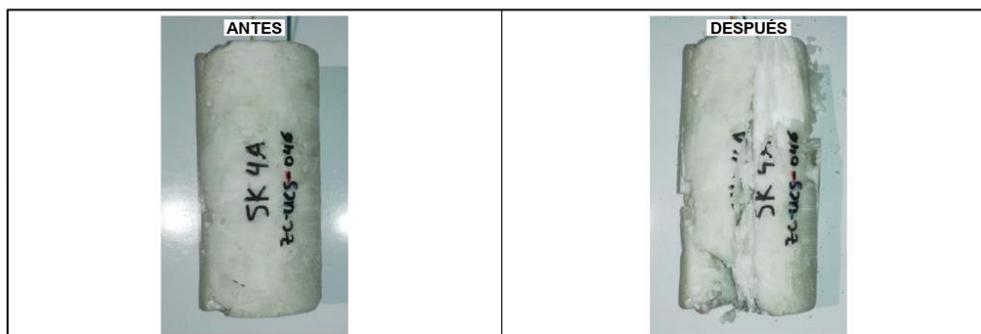
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	Ago-18
		Pág. 1 de 2

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-046

FECHA DE RECEPCIÓN	21/06/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo Extraído de Bloque
FECHA DE EJECUCIÓN	10/09/2018	POZO	SK 4A
FECHA DEL REPORTE	13/09/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	64.15	Duración del Ensayo [s]	92
Altura [mm]	131.51	Carga de Rotura [kN]	87.49
Área [cm ²]	32.32	Velocidad de Aplicación de la Carga (t _r =54 s) [kN/s]	1.62
Volumen [cm ³]	425.05	Resistencia a la Compresión Inconfinada (σ_u) [MPa]	27.1
Contenido de Humedad [%]	0.1	Módulo de Young (Es 50%) [GPa]	87.7
Densidad Seca [kg/m ³]	2524	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.15

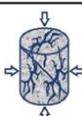


DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL
1. Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de discontinuidades.
2. Dimensiones de la probeta controladas por la calidad de la muestra.

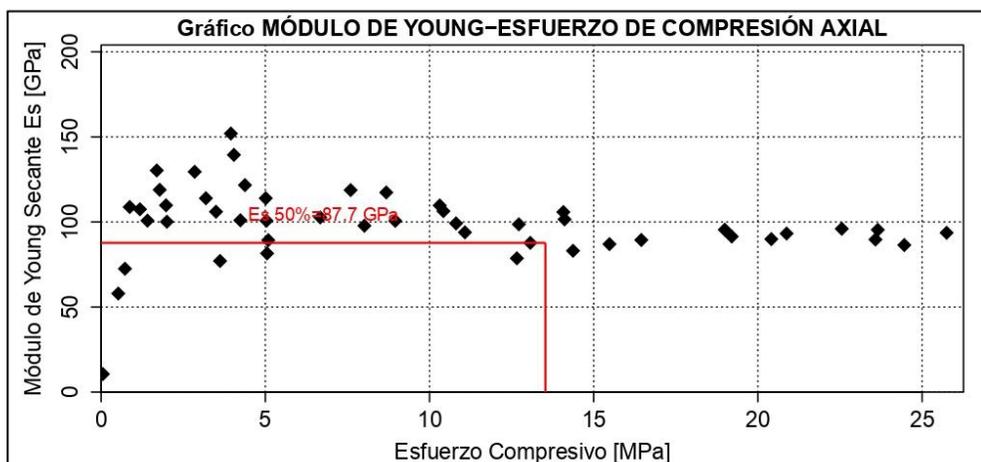
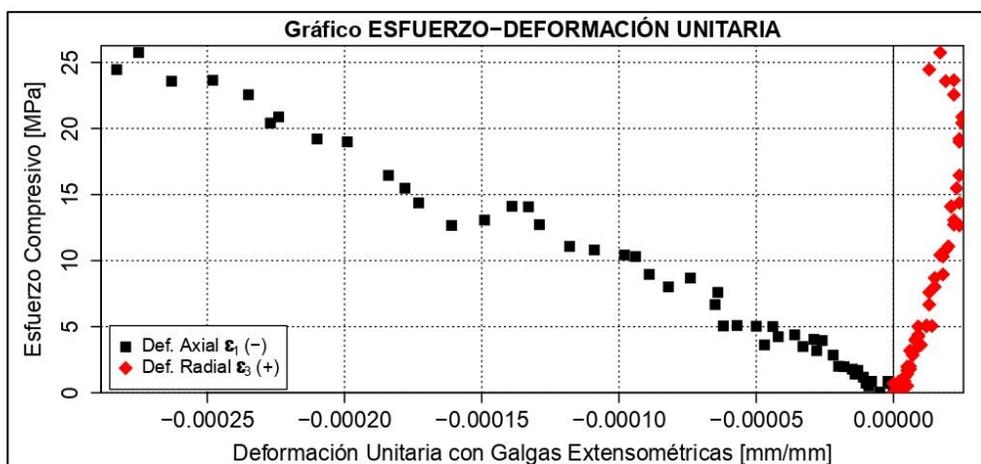


Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 2 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-046



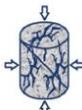
OBSERVACIONES

- Mecanismo de falla controlado por discontinuidades preexistentes en la muestra.
- Parámetros elásticos reportados al 50% de la UCS (13.5 MPa).
- Se adopta como convención de signos positivo (+) para esfuerzo compresivo y negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012-14, Nota 10.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KIESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
 E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 1 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

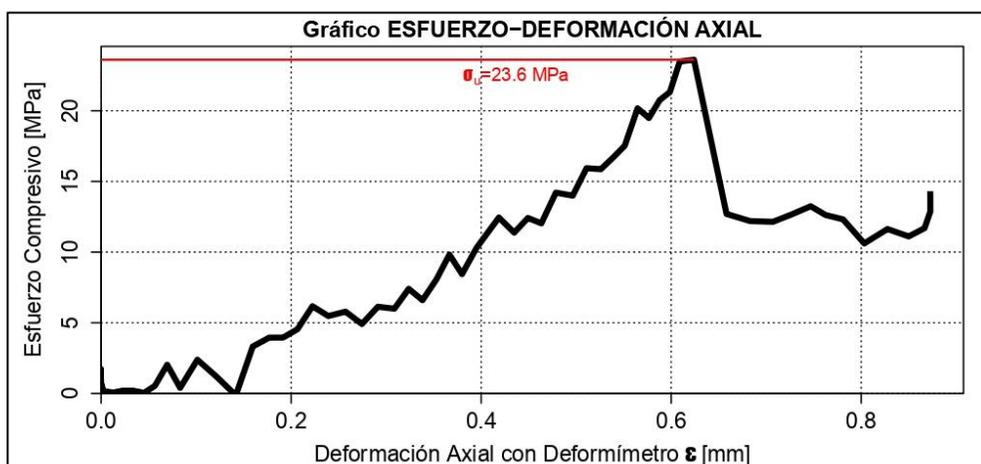
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-047

FECHA DE RECEPCIÓN	21/06/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo Extraído de Bloque
FECHA DE EJECUCIÓN	10/09/2018	POZO	SK 4A
FECHA DEL REPORTE	13/09/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	64.00	Duración del Ensayo [s]	61
Altura [mm]	117.52	Carga de Rotura [kN]	75.98
Área [cm ²]	32.17	Velocidad de Aplicación de la Carga (t _r =48 s) [kN/s]	1.58
Volumen [cm ³]	378.06	Resistencia a la Compresión Inconfinada (σ_u) [MPa]	23.6
Contenido de Humedad [%]	0.1	Módulo de Young (Es 50%) [GPa]	83.0
Densidad Seca [kg/m ³]	2532	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.21

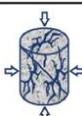


DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL
1. Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de discontinuidades.
2. Dimensiones de la probeta controladas por la calidad de la muestra.

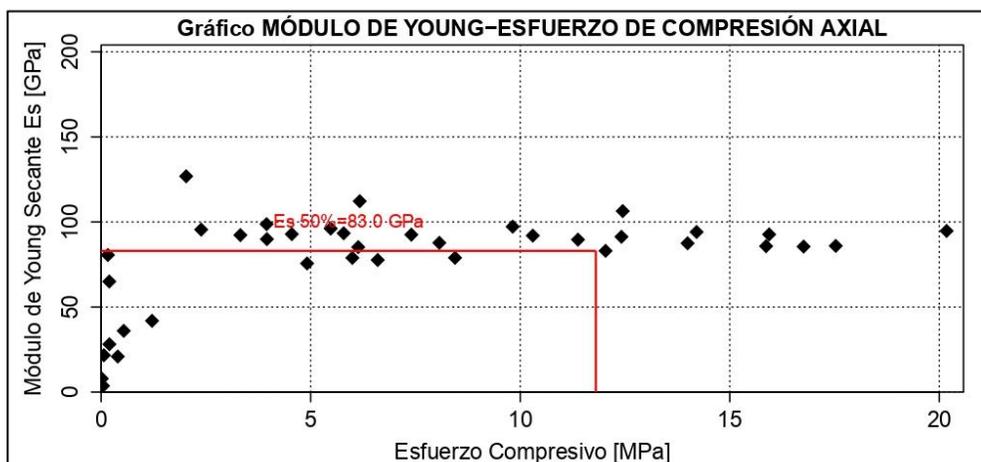
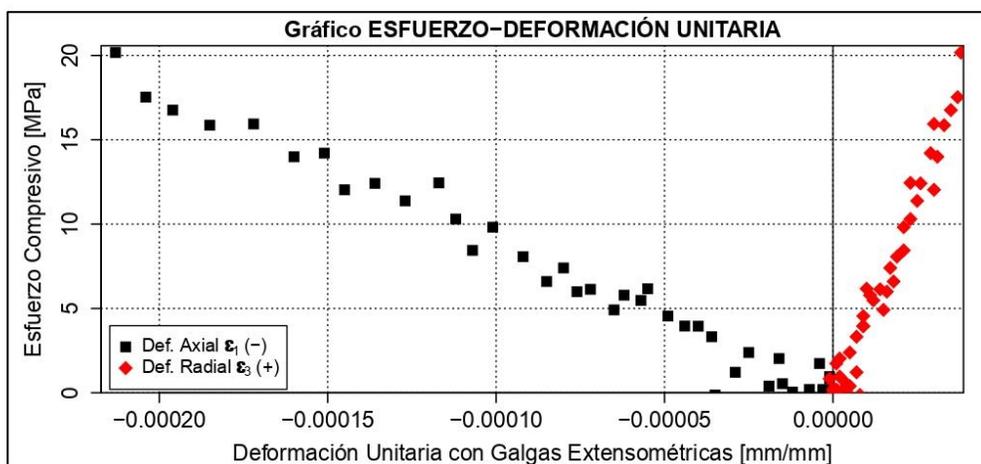


Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2 Ago-18 Pág. 2 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 4A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-047



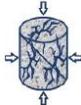
OBSERVACIONES

- Mecanismo de falla controlado por discontinuidades preexistentes en la muestra.
- Parámetros elásticos reportados al 50% de la UCS (11.8 MPa).
- Se adopta como convención de signos positivo (+) para esfuerzo compresivo y negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012-14, Nota 10.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KIESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
 E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 1 de 2
	ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA ASTM D 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Matínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 5A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-048

FECHA DE RECEPCIÓN	21/6/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo de Roca
FECHA DE EJECUCIÓN	10/9/2018	POZO	SK 5A
FECHA DEL REPORTE	13/9/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

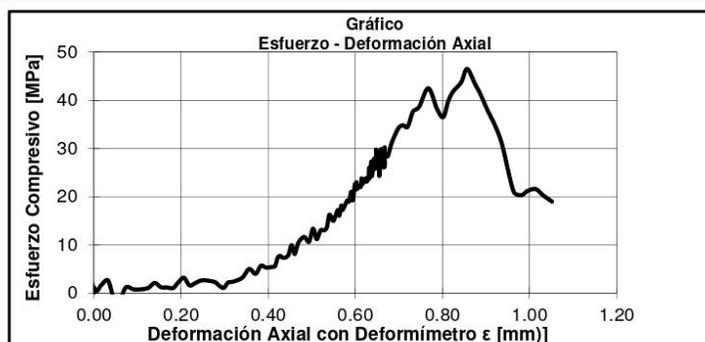
DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.44	Duración del Ensayo [s]	176
Altura [mm]	100.01	Carga de Rotura [kN]	75.4
Área [cm ²]	16.22	Velocidad de Aplicación de Carga [kN/s]	0.4
Volumen [cm ³]	162.18	Resistencia Compresión Inconfinada (σ_u) [MPa]	46.51
Contenido Humedad [%]	0.120	Módulo de Young (Es 50%) [GPa]	72.0
Densidad Seca [kg/m ³]	2558.8	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.23

FOTOS



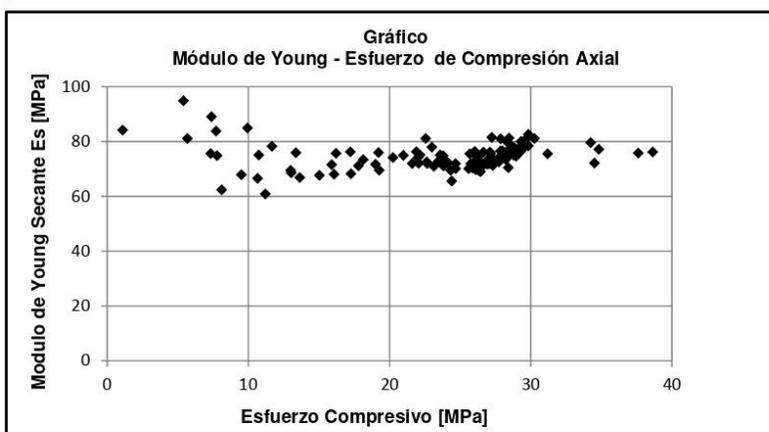
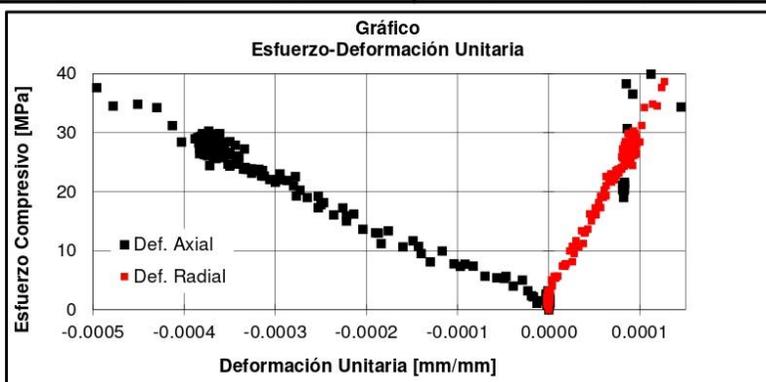
DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL

1. Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino y presencia de discontinuidades.
2. Dimensiones de la probeta controladas por la calidad de la muestra.



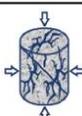
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros		Versión 2.2 Aug-18 Pág. 2 de 2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14		
EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Matínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 5A
PROYECTO	Zandor Capital	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-048



OBSERVACIONES		
1. Mecanismo de falla controlado por la matriz rocosa. 2. Parámetros Elásticos reportados al 50% de UCS. 3. Se adopta como convención de signos Positivo (+) para Esfuerzo compresivo y Negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012-14, Nota 10.		
EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACION
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRAULICA SACK & KIESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350 Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18
Transversal 32 C Sur # 32 B 03 Envigado, Colombia. E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono (+574) 6129564		

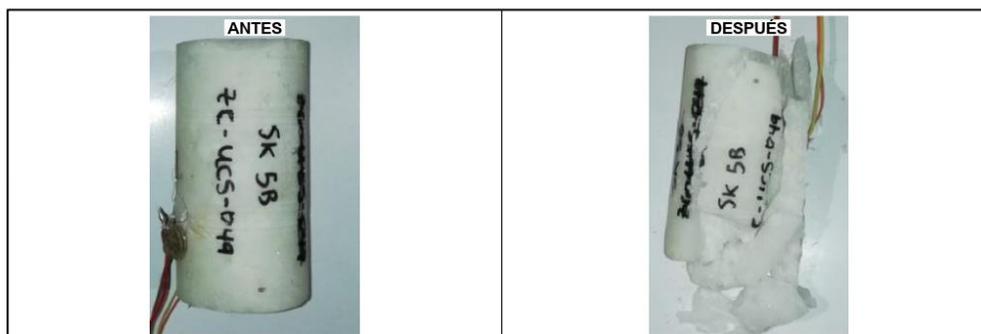
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S. Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Versión 2.2
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	Ago-18
		Pág. 1 de 2

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 5B
PROYECTO	Zandor	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-049

FECHA DE RECEPCIÓN	11/09/2018	TIPO DE MUESTRA	Núcleo Extraído de Bloque
FECHA DE EJECUCIÓN	09/10/2018	POZO	SK 5B
FECHA DEL REPORTE	11/10/2018	PROFUNDIDAD	NA NA

DIMENSIONES DE LA PROBETA		RESULTADOS DEL ENSAYO	
Diámetro [mm]	45.73	Duración del Ensayo [s]	80
Altura [mm]	85.08	Carga de Rotura [kN]	110.55
Área [cm ²]	16.42	Velocidad de Aplicación de la Carga (t _r =74 s) [kN/s]	1.49
Volumen [cm ³]	139.74	Resistencia a la Compresión Inconfinada (σ_u) [MPa]	67.3
Contenido de Humedad [%]	0.1	Módulo de Young (Es 50%) [GPa]	54.5
Densidad Seca [kg/m ³]	2440	Relación de Poisson (ν 50%) []	0.18



DESCRIPCIÓN TEXTURAL Y ESTRUCTURAL

- Muestra de textura masiva con tamaño de grano fino a medio y presencia de discontinuidades.
- Dimensiones de la probeta controladas por la calidad de la muestra.



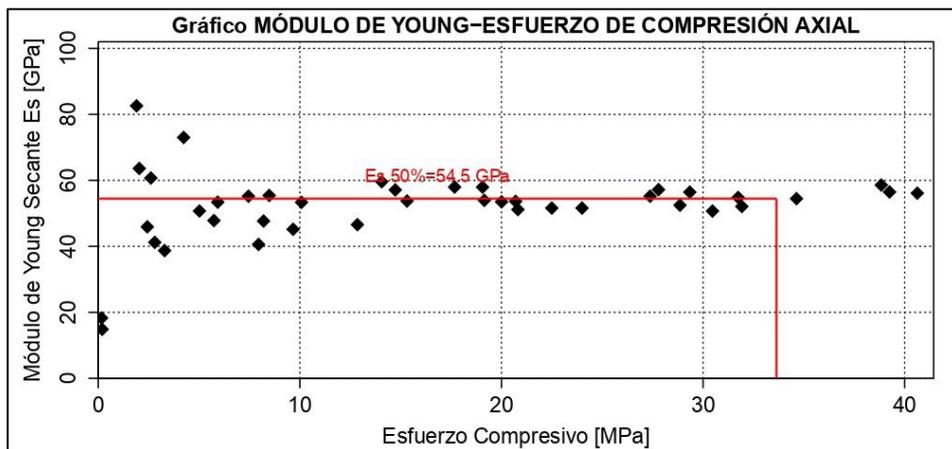
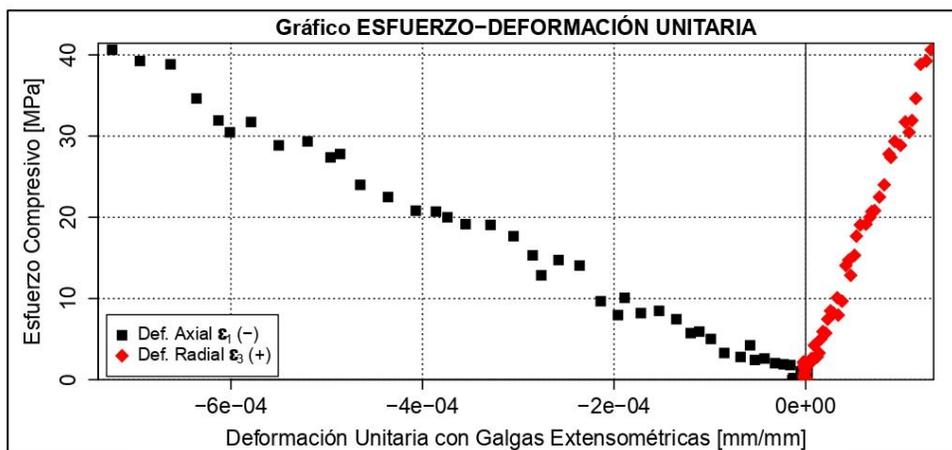
Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
 E-mail: geomecaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

Solución de software: CIG2 S.A.S. - www.cig2.co

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR ELEMENTOS FINITOS PARA ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA

	Geomecánica Integral S.A.S.	Versión 2.2
	Ensayos de Laboratorio y Consultoría para Proyectos Constructivos y Mineros	Ago-18
	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA ASTM D 7012-14	Pág. 2 de 2

EMPRESA	Zandor Capital	ORDEN DE TRABAJO	ZC-OT-002
SOLICITANTE	Ing. Nadir Martínez	CÓDIGO MUESTRA	SK 5B
PROYECTO	Zandor	CÓDIGO INTERNO	ZC-UCS-049



OBSERVACIONES

- Mecanismo de falla controlado por discontinuidades preexistentes en la muestra.
- Parámetros elásticos reportados al 50% de la UCS (33.6 MPa).
- Se adopta como convención de signos positivo (+) para esfuerzo compresivo y negativo (-) para deformación axial según ASTM D 7012-14, Nota 10.

EQUIPO DE TRABAJO	EQUIPO UTILIZADO	CALIBRACIÓN
Ejecutó: Esteban Muñetón - Coordinador Laboratorio Revisó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico Aprobó: Juan Montoya - IG Gerente Técnico	PRENSA HIDRÁULICA SACK & KIESSELBACH 630T	May-18
	DATA LOGGER NATIONAL INSTRUMENTS NI	--
	STRAIN GAUGE 350Ω-6AA	--
	BALANZA LEXUS	May-18
	HORNO DE SECADO	May-18

Transversal 32C Sur #32B-03, Envigado, Colombia
E-mail: geomecanicaintegral@gmail.com, Teléfono: (+574)6129564

Solución de software: CIG2 S.A.S. - www.cig2.co