

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE SUELO DEL FALSO TÚNEL**

**DE LA RAMPA PROYECTO 4100 - PROYECTO**

**COROCOHUAYCO – ANTAPACCAY S.A.**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**JIMY MICHAEL PINTO ENRIQUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE SUELOS DEL FALSO TÚNEL DE LA  
RAMPA PROYECTO 4100 – PROYECTO COROCCOHUAYCO –  
ANTAPACCAY S.A.**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:**

**JIMY MICHAEL PINTO ENRIQUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**APROBADO POR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. JUAN MAYHUA PALOMINO

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
ING. DAVID VELASQUEZ MEDINA

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
M.Sc. LUCIO QUEA GUTIERREZ

**TEMA:** Geomecánica

**ÁREA:** Ingeniería de Minas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 30 de octubre de 2019

## DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo a mis padres, Agripina y Jesús por su infinita ayuda en mi vida universitaria, a mis hermanos Gustavo y Úrsula, a todos ellos por su ayuda y confianza depositada en mi persona.

Mi más sincero agradecimiento, a mi esposa Jesica por su ayuda incondicional y a mi hija Reishell por ser una razón de mi vida.

Un agradecimiento al Ing. Arturo Chaiña; por las observaciones y correcciones para el encaminamiento del presente trabajo. Así mismo a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por sus enseñanzas en mi formación profesional.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por darme la vida, por los valores y fuerzas para afrontar el día a día, siempre dispuestos a escucharme y a darme su apoyo incondicional, también por el sacrificio que ellos realizaron para que yo culmine la carrera profesional de Ingeniería de Minas.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, que fueron parte de mi formación académica-profesional, y que estuvieron siempre dispuestos a responder mis preguntas y aclarar mis dudas, impartiendo conocimiento y experiencias que fueron vitales en mi aprendizaje.

A la universidad Nacional del Altiplano Puno, mi Alma Mater que me tuvo entre sus aulas durante los años de mi formación profesional, otorgándome parte del conocimiento que he adquirido y que me servirá en mi desenvolvimiento profesional.

**ÍNDICE GENERAL**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Variación de Carga Admisible ..... 10

Figura 2. Sección Longitudinal del Falso Túnel ..... 10

Figura 3. Diagrama del Área de Influencia de la Carga..... 13

Figura 4. Vista Externa del Falso Túnel..... 13

Figura 5. Colocado de Bolsacretos..... 13

Figura 6. Vista Interrios del Falso Túnel ..... 14

Figura 8. Esquema Para Infiltración de Cemento Debajo de la Zapata ..... 15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores Portantes del Suelo en la Prog. 0+005 ..... 11

Tabla 2. Valores Portantes del Suelo en la Prog. 0+005 ..... 11

Tabla 3. Valores Portantes del Suelo en la Prog. 0+005 ..... 14

TÍTULO ..... 6

AUTOR, AFILIACIÓN Y DIRECCIÓN INSTITUCIONAL..... 6

RESUMEN..... 6

PALABRAS CLAVE ..... 6

ABSTRACT..... 7

KEY WORDS ..... 7

INTRODUCCIÓN ..... 8

MATERIALES Y MÉTODOS ..... 10

RESULTADOS ..... 10

CONCLUSIONES ..... 14

AGRADECIMIENTOS ..... 15

REFERENCIAS..... 16

**Análisis de Estabilidad de Suelos del Falso Túnel de la Rampa Proyecto 4100 –****Proyecto Coroccohuayco – Antapaccay S.A.****Soil stability analysis of the Rampa false tunnel Project 4100 - Proyecto****Coroccohuayco - Antapaccay S.A.****AUTOR, AFILIACIÓN Y DIRECCIÓN INSTITUCIONAL**

Jimmy Michael Pinto Enriquez

Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Av. Floral 1153

[pintoenriquez@hotmail.com](mailto:pintoenriquez@hotmail.com), cell: 961263373

**RESUMEN**

El estudio se realizó el 2018, con el objetivo de verificar el dimensionamiento de cargas a colocar sobre las cimbras y su relación con la capacidad portante del suelo (Dranichnikova, 2008) del falso túnel.

La bocamina está ubicada en territorio de la Comunidad Campesina de Huini - Coroccohuayco, en el distrito de Espinar, provincia de Espinar, Región Cuzco.

Para cumplir con los objetivos de este trabajo se ha realizado investigación de campo y labores de gabinete. En la primera fase se recopilaban todos los datos técnicos observados en la obra. En la segunda fase se revisó y procesó toda la información obtenida, luego se hicieron análisis para calificar el terreno y evaluar las condiciones de estabilidad.

La capacidad portante del suelo (Fernández Gálvez, 2015) donde se han instalado las cimbras al aire libre en la progresiva 0+005 es  $Q_a = 0.255 \text{ kg/cm}^2$ , es insuficiente para absorber la presión del relleno de material prestado (Gutierrez Gonzáles, Alder Przasnyski, & Montes de Oca, 2013) que se depositará sobre la corona de la cimbra; por tanto, requerirá hacer trabajos de consolidación de suelos debajo de la zapata corrida longitudinalmente.

En las condiciones actuales, la máxima altura de carga de material prestado que se podrá depositar sobre las cimbras instaladas al aire libre en la progresiva 0+050 es de 0.7 m. A mayor altura corre el riesgo de fallar el empotramiento en el piso de la rampa; por tanto, si se quiere aumentar la carga a 1.0 m de altura se deberá reforzar la base de la cimentación con inyección de cemento.

**Palabras clave:** Suelo; estimación; carga portante; cimentación; túnel y rampa

### ABSTRACT

The study was carried out on September 21, 2018, with the objective of verifying the dimensioning of loads to be placed on the formwork and its relationship with the bearing capacity of the ground (Dranichnikova, 2008) of the false tunnel.

The bocamina is located in the territory of the Peasant Community of Huini - Coroccohuayco, in the district of Espinar, province of Espinar, Cuzco Region.

In order to fulfill the objectives of this work, field research and cabinet work have been carried out. In the first phase all the technical data observed in the work were collected. In the second phase, all the information obtained was reviewed and processed, then analyzes were done to rate the land and assess the stability conditions.

The bearing capacity of the soil (Fernández Gálvez, 2015) where the outdoor formwork has been installed in the progressive 0 + 005 is  $Q_a = 0.255 \text{ kg / cm}^2$ , is insufficient to absorb the pressure of the filling of borrowed material that will be deposited on the crown of the formwork; therefore, it will require doing soil consolidation work under the longitudinally run shoe.

Under the current conditions, the maximum loading height of borrowed material that can be deposited on the open-air formwork in the progressive 0 + 050 is 0.7 m. The higher the risk of recessing the floor of the ramp; Therefore, if you want to increase the load to 1.0 m in height, you must reinforce the foundation of the foundation with cement injection.

**Key words:** Ground; estimate; load bearing; foundation; tunnel and ramp.

## INTRODUCCIÓN

El estudio se basa en mejorar la capacidad portante del suelo (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012) para resistir las cargas que se colocaran sobre las cimbras en el tramo del falso túnel.

Las inyecciones de lechada de cemento grouteado mejoran la capacidad portante del suelo para resistir incrementos en la altura máxima de carga.

El problema objeto viene a ser la inestabilidad del suelo sobre el cual se construyó el falso túnel y su relación con el diseño de las vigas longitudinales y la carga máxima de desmonte que se colocará sobre la corona de las cimbras como recubrimiento dependiendo de la capacidad portante del suelo en el tramo que corresponde al falso túnel, de la progresiva 0+000 a la progresiva 0+050.

Se estudió por la necesidad de dar mayor estabilidad a este tramo comprendido entre la progresiva 0+000 y 0+050 correspondiente al falso túnel y conocer la altura máxima de desmonte que se podrá colocar sobre las cimbras.

La Rampa de Exploración del Proyecto Coroccohuayco, ha sido diseñada para ingresar debajo del Proyecto de Tajo Abierto que se operará a futuro, tiene la finalidad de bajar desde la superficie, cota 4099 msnm hasta el nivel -200, punto que será la cota más

baja del Tajo Abierto, sin embargo, según el proyecto, la rampa tendrá al final una longitud total de 7.8 Km a unos 930 m debajo de la plataforma de ingreso (Vilca Flores, 2019).

En una primera etapa se tiene proyectado construir 1300 m de rampa para llegar al primer acceso proyectado a unos 150 m debajo de bajo de la plataforma actual de ingreso, para que desde este punto se vayan realizando los trabajos exploratorios necesarios, en tanto se continuará con la profundización de la rampa.

Siendo esta labor un acceso principal para la mina subterránea, será la vía principal para la instalación de servicios y tendrá alta circulación de equipos pesados para las operaciones de la mina, por tanto, los parámetros de diseño de esta labor son las siguientes:

### Sección

- Ancho libre para operación :  
5.0 m.
- Altura libre para operación :  
4.5 m.
- Modelo de arco tipo baúl
- Área de sección libre :  
24.0 m<sup>2</sup>.
- Área de excavación :  
29.50 m.
- Orientación



- El azimut de la dirección de avance es:  $Z = 218^\circ$ , hacia el SW.

### Gradiente

En la plataforma de ingreso se tiene inicialmente un tramo de unos 7.0 m. de longitud con gradiente positiva de 1%, con la finalidad de evitar el ingreso de las aguas que discurren en superficie por razones operativas y/o debido a los temporales climáticos. Después de este punto la rampa continúa con gradiente negativa de 12%, avanzará en material cuaternario hasta cruzar el punto de contacto con roca diorítica en la progresiva 375.50 m. y continuará hasta llegar a su límite final.

### Duración

La obra está concebida para tener una duración de 20 años a más, según sea necesaria para la continuidad de las operaciones subterráneas después de concluido el minado a cielo abierto.

### Caracterización del terreno

Desde el punto de vista geotécnico el terreno en el cual se está construyendo el primer y segundo tramo se puede definir de la siguiente manera:

Para el primer tramo construido al aire libre como un falso túnel (Soto Vilca, 2016), desde el portal de entrada hasta los 50 metros, la base del asentamiento de la obra está conformado predominantemente por limo arcilloso de grano fino suelo, con presencia de

arena y grava (SUCS – GM y ML principalmente) en la siguiente composición:

Grava	:	1.40 %
Arena	:	26.40 %
Finos	:	72.20 %

Según estudios del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la mina Antapaccay al inicio del proyecto, el tramo tiene las siguientes propiedades mecánicas:

Cohesión	:	0.00
Kg/cm <sup>2</sup>		
Ángulo de fricción	:	26.6°
Carga admisible	:	0.225
Kg/cm <sup>2</sup>		

para un desplante (DF) de 0.50 m.  
0.365

Kg/cm<sup>2</sup> para un desplante (DF) de 0.8 m.

### Esquemas constructivos

Existen dos tramos diferenciados en la construcción de la Rampa de Exploración: un primer tramo ejecutado al aire libre como si fuera un falso túnel y un segundo tramo con excavación subterránea mecanizada (Espinoza Bustillos, 2011). Cada tramo tiene un procedimiento constructivo diferente.

### Capacidad portante del suelo

Se procedió a realizar una estimación matemática de la capacidad portante (Fernández Gálvez, 2015) del terreno para este tramo a partir de la interpolación de los datos de laboratorio

obtenidos en los ensayos realizados en las progresivas 0+005, 0+023 y 0+067.

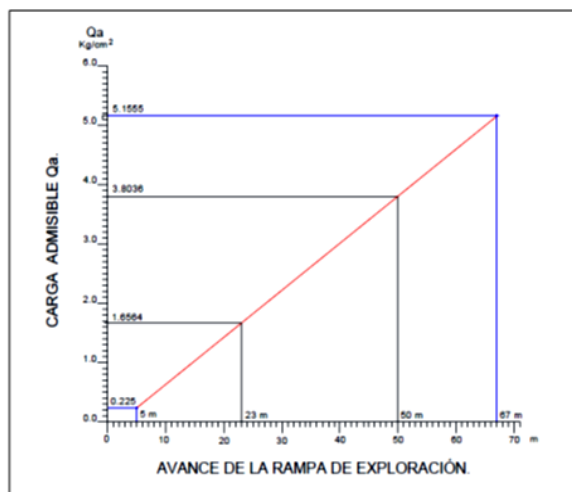


Figura 1. Diagrama de Variación de Carga Admisible

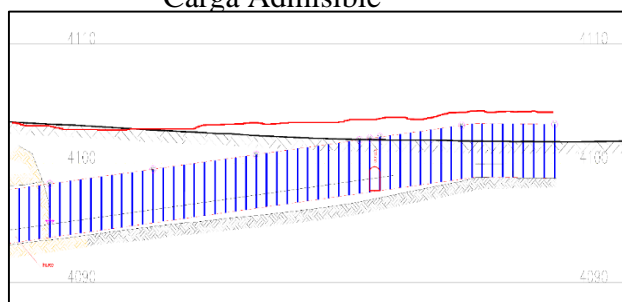


Figura 2. Sección Longitudinal del Falso Túnel

### MATERIALES Y MÉTODOS

- Los métodos utilizados son la revisión sistemática de la literatura científica con bases a la adaptación de mecánica de suelos, también se usó el método descriptivo, recurriendo a las fuentes secundarias para la recolección de datos.
- La investigación se realiza en la Rampa Proyecto Coroccohuayco (Vilca Flores, 2019) tomando

como laboratorio las instalaciones de mecánica de suelos de la Mina Antapaccay.

- Toma de muestras del suelo en las progresivas 0+005, 0+023 y 0+067 del piso de la rampa para realizar ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.
- Recopilación de planos topográficos, geológicos, geomecánicos y planos de diseño de la obra.
- Actividades de gabinete
- Confirmación de la caracterización del terreno donde se está construyendo el falso túnel de la Rampa de Exploración del Proyecto Coroccohuayco.
- Modelamientos numéricos para analizar la interacción de los elementos de sostenimiento con la reacción del terreno.

### RESULTADOS

#### Máxima altura de carga en la progresiva 0+005

Según el estudio de suelos realizado por el Laboratorio de Mecánica de suelos y Concreto de Antapaccay, la capacidad portante del terreno con un factor de seguridad 3 es el siguiente:

Tabla 1. Valores Portantes del Suelo en la Prog. 0+005

Valor del Desplante (m)	Capacidad Portante (Kg/cm2)
Dfl = 0.50	0.225
Dfl = 0.80	0.365

La densidad máxima del material cuaternario conformante del terreno en el cual se está construyendo el falso túnel de la Rampa es:

$$Y = 1445 \text{ Kg/cm}^3$$

Con estos datos se puede evaluar la capacidad portante de la cimentación aplicada al primer tramo de las cimbras instaladas al aire libre de la siguiente manera:

Considerando que sobre las estructuras de las cimbras instaladas en el primer tramo no habrá una columna de roca in situ supra yacente, sino material prestado recompactado, se asume que se debe trabajar con un factor de seguridad 2, esto quiere decir que los valores de la capacidad portante del terreno se modificarán de la siguiente manera:

Tabla 2. Valores Portantes del Suelo en la Prog. 0+005

Valor del Desplante (m)	Capacidad Portante (Kg/cm2)
Dfl = 0.50	0.3375
Dfl = 0.80	0.5475

Para la cimentación de la zapata corrida se ha excavado hasta una profundidad de 0.80 m. de la rasante del proyecto, con un ancho de 50 cm. siendo el espaciamiento entre cimbras de 1.0 m. la longitud de influencia de los postes de cada cimbra (Crispín Breña & Espinoza Huaman, 2013) es de 100 cm; por tanto, el área de cimentación para cada poste de la cimbra es:

$$Ac = 50 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 5000 \text{ cm}^2$$

La máxima carga que puede soportar el terreno sin producirse un hundimiento de la zapata de acuerdo a su capacidad portante para un desplante de 0.80 m. y con un factor de seguridad de 2 es:

$$Qm = 5000 \text{ cm}^2 \times 0.5475 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 2737.5 \text{ Kg}$$

De otra parte, el área de influencia del arco de la cimbra en el techo es 5.30 m<sup>2</sup>, siendo para cada poste, su área de influencia de 2.65 m<sup>2</sup>; entonces, la máxima carga que deberá soportar cada poste tiene que ser distribuida en esta

área de influencia para tener una carga unitaria:

$$Qu = \frac{2735.5Kg}{2.65m^2} = 1033 Kg/m^2$$

La máxima presión vertical que deberá soportar la cimentación de cada poste es igual a la carga unitaria, luego tenemos que:

$$Qu = Pv = Hv \times d$$

$$Hv = Pv/d$$

Siendo:

Hv = Altura de la carga supra yacente que actúa sobre las cimbras.

Pv = Máxima presión vertical que soportara la cimbra debido a la capacidad portante del terreno.

d = Densidad máxima del terreno limo – arcilloso según informe de laboratorio.

Entonces, la máxima altura de la carga que se podrá colocar sobre las cimbras instaladas al aire libre será:

$$Hv = \frac{\frac{1033Kg}{m^2}}{\frac{1445Kg}{m^3}} = 0.71 m$$

Esto quiere decir que sobre la cubierta de planchas acanaladas colocadas sobre el techo de las cimbras se podrá colocar una capa de desmonte máximo de 70 cm sobre la parte más alta de la bóveda de la cimbra.

### Máxima altura de carga en la progresiva 0+023

El área de asentamiento de la zapata corrida para el tramo entre cimbras para un desplante de 0.8 m, con un ancho de 50 cm es:

$$Ac = 50cm \times 100 cm = 5000 cm^2$$

Asumiendo el valor mínimo de la carga admisible (Qa=1.6564 Kg/cm<sup>2</sup>), la máxima carga que puede soportar el terreno sin producirse un hundimiento de la zapata de acuerdo a su capacidad portante es:

$$Qm = \frac{5000cm^2 \times 1.6564Kg}{cm^2} = 8282 Kg$$

El área de influencia del arco de una cimbra en el techo es 5.30 m<sup>2</sup>, siendo para cada poste, su área de influencia de 2.65 m<sup>2</sup>; entonces, la máxima carga que deberá soportar cada poste tiene que ser distribuida en esta área de influencia para tener una carga unitaria.

$$Qu = \frac{8282Kg}{2.65m^2} = 3125.3Kg/m^2$$

La máxima presión vertical que deberá soportar la cimentación de cada poste es igual a la carga unitaria, luego tenemos que:

$$Qu = Pv = Hv \times d$$

$$Hv = Pv/d$$

Siendo:

Hv = Altura de la carga supra yacente que actúa sobre las cimbras.

$P_v$  = Máxima presión vertical que soportara la cimbra debido a la capacidad portante del terreno.

$d$  = Densidad máxima del terreno limo – arcilloso compactado sea similar al obtenido en el laboratorio de mecánica de suelos ( $d = 1445 \text{ Kg/m}^3$ ).

Entonces, la máxima altura de la carga que se podrá colocar sobre las cimbras instaladas al aire libre será:

$$H_v = \frac{\frac{3125.3 \text{ Kg}}{\text{cm}^2}}{1445 \text{ Kg/m}^3} = 2.16 \text{ m}$$

Esto quiere decir que en la progresiva 0+023, sobre la cubierta de planchas acanaladas colocadas sobre el techo de las cimbras se podrá colocar una capa de desmante de 2.16 m.

**Máxima altura de carga en la progresiva 0+050**

Haciendo un cálculo regresivo similar para el valor de la carga admisible de la progresiva 0+050 ( $Q_a = 3.8036 \text{ Kg/cm}^2$ ), se obtiene que:

$$A_c = 50 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 5000 \text{ cm}^2$$

$$Q_m = \frac{5000 \text{ cm}^2 \times 3.8036 \text{ Kg}}{\text{cm}^2} = 19018 \text{ Kg}$$

Entonces la máxima altura que podrá soportar en la progresiva 0+050 es:

$$Q_u = \frac{19018 \text{ Kg}}{2.65 \text{ m}^2} = 7176.6 \text{ Kg/m}^2$$

$$H_v = \frac{\frac{7176.6 \text{ Kg}}{\text{cm}^2}}{1445 \text{ Kg/m}^3} = 4.97 \text{ m}$$

Esto quiere decir que en la progresiva 0+050, sobre la cubierta de planchas acanaladas colocadas sobre el techo de las cimbras se podrá colocar una capa de desmante de 4.97 m.

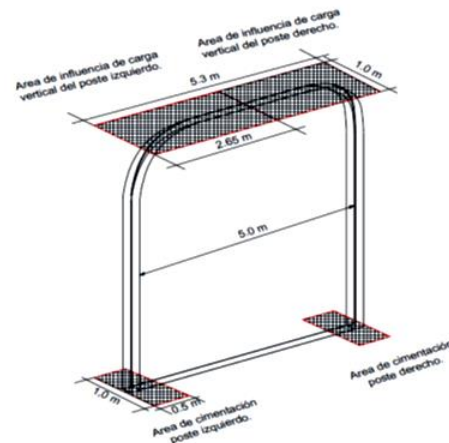


Figura 3. Diagrama del Área de Influencia de la Carga



Figura 4. Vista Externa del Falso Túnel



Figura 5. Colocado de Bolsacretos

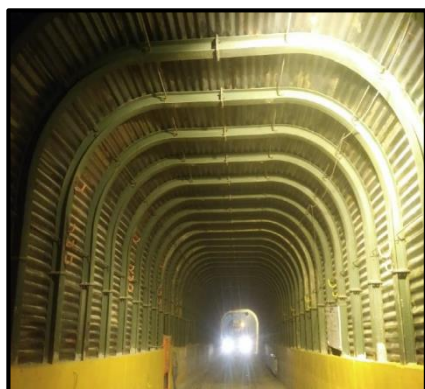


Figura 6. Vista Interrios del Falso Túnel

**DISCUSIÓN**

- Se debe mejorar la capacidad portante del suelo en el tramo de la construcción al aire libre (falso túnel) mediante la inyección de cemento grouteado (Casa Martín & Echevarría Valiente, 2002) debajo de la zapata corrida de las cimbras por lo menos un metro de longitud cementada, con taladros inclinados a 40° y espaciados a 20 cm entre sí.
- La altura del relleno prestado sobre la corona de las cimbras cubiertas por planchas onduladas, en el tramo al aire libre, deberá ser como máximo 70 cm, incluidos los bolsacretos que aseguran a la geomembrana de recubrimiento.
- Teniendo en consideración que la rampa es una labor principal para las operaciones de la mina a futuro, se recomienda rediseñar

el piso de la rampa para dotar de una pista de concreto de 20 cm. de espesor, apoyado en una base de relleno compactado con material de balastro y arcilla de unos 30 cm. de espesor, sobre la sub base conformado por el material propio del terreno (Quispe Aronés, 2012).

**CONCLUSIONES**

Los cálculos de altura máxima de carga, muestran que es necesario mejorar la capacidad portante del suelo para incrementar la altura máxima de carga.

Para colocar una carga que tenga por lo menos 1.00 m. de altura sobre el perfil de las cimbras en la progresiva 0+005 será necesario mejorar la capacidad portante del terreno en un 39.8% de modo que los valores de soporte del terreno sean los siguientes:

Tabla 3. Valores Portantes del Suelo en la Prog. 0+005

Valor del Desplante (m)	Capacidad Portante (Kg/cm2)
Dfl = 0.50	0.4718
Dfl = 0.80	0.7654

Para lograr esta mejora será necesario inyectar lechada de cemento debajo de la zapata de las cimbras por lo menos en

una franja de 1.00 m. en todo el tramo del falso túnel.

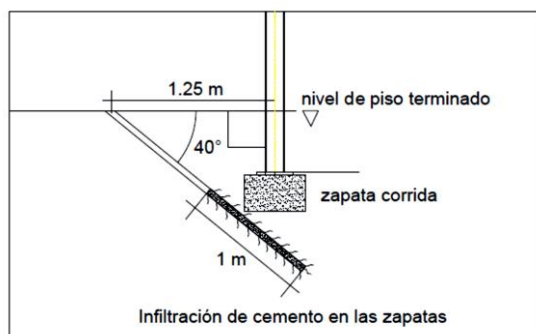


Figura 7. Esquema Para Infiltración de Cemento Debajo de la Zapata

- La Rampa de Exploración del Proyecto Corocohuayco ha sido diseñada para ingresar atravesando una capa de terreno conformado por depósitos de material cuaternario en los primeros 360 m, lo que indica que es conveniente realizar una minuciosa evaluación de la interacción de las estructuras de la obra con el terreno y adoptar las medidas que son necesarias para garantizar su estabilidad en el largo plazo para una operación futura segura.
- Desde el punto de vista geomecánico, en el tramo al aire libre el terreno está conformado por suelo limo arcilloso y gravas limosa compactadas (SUCS – GM y ML) principalmente.

- La capacidad portante del suelo donde se han instalado las cimbras al aire libre (0.255 Kg/cm<sup>2</sup>) es insuficiente para absorber la presión del relleno de material prestado que se depositará detrás de los hastiales y sobre la corona de la cimbra; por tanto, requerirá hacer trabajos de consolidación de suelos debajo de la zapata corrida longitudinalmente.
- En las condiciones actuales, la máxima altura de carga de material prestado que se podrá depositar sobre las cimbras instaladas al aire libre en la progresiva 0+005 es de 0.70 m. A mayor altura corre el riesgo de fallas el empotramiento en el piso de la rampa; por tanto, si se quiere aumentar la carga a 1.0 m. de altura se deberá reforzar la base de la cimentación con inyección de cemento.

### AGRADECIMIENTOS

A mi esposa e hija por brindarme alegría infinita.

A mi familia por el apoyo incondicional que me brindan en estos momentos.

Expreso mi agradecimiento al Ing. Juan Carlos Quinta – Gerente de JRC

en la unidad Coroccohuayco, por darme las herramientas necesarias para poder realizar esta investigación.

### REFERENCIAS

- Casa Martín, F., & Echevarría Valiente, E. (2002). Las Inyecciones Armadas Como Técnica de Recalce de Cimentaciones. *Ingeopres*, (July 2015). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/279930759>
- Crispín Breña, O., & Espinoza Huaman, F. W. (2013). *Diseño con Cimbras para Mejorar el Sostenimiento en la Rampa (-) 759 Corporación Minera Castrovirreyña S.a.* Universidad Nacional de Huancavelica.
- Dranichnikova, T. (2008). Nuevas tendencias en la Mecánica de suelos. *Ingenius*, (3). <https://doi.org/10.17163/ings.n3.2008.03>
- Espinoza Bustillos, J. C. (2011). *Sostenimiento Mecanizado en Labores Mineras, en La Compañía De Minas Volcan S.a.a – Unidad de Produccion Andaychagua.* Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Fernández Gálvez, R. A. (2015). Capacidad Portante con Fines de Cimentación Mediante los Ensayos SPT Y Corte Directo en el Distrito de Aguas Verdes- Tumbes. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 116. Retrieved from [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1640/TESIS\\_RFG\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1640/TESIS_RFG_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gutierrez Gonzáles, A. C., Alder Przasnyski, S., & Montes de Oca, R. N. (2013). Muestreo Cúbico de Suelos. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Naranjo Aguay, H., & Dranichnikov, T. (2012). *Cálculo de Capacidad Portante Basado en Geofísica y Método Convencional.* Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6133>
- Quispe Aronés, Y. I. (2012). *Comportamiento de Roca Blanda en Túnel de Exploración Diseñado con el Sistema Q* (Universidad Nacional de Ingeniería). Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1245>
- Soto Vilca, A. C. (2016). Diseño de sostenimiento en el túnel



Wayrasencca – Ollachea.

Universidad Nacional del

ALtiplano.

Vilca Flores, K. W. (2019). Diseño y

Desarrollo de Rampa 4100 Para

Explotación del Cuerpo

Mineralizado Coroccohuayco

Compañía Minera Antapaccay.

Universidad Nacional de San

Agustin de Arequipa.