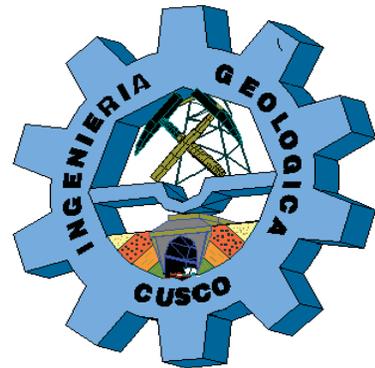


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo:
**“ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA VÍA
ALTERNA AR-115, A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN
GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA, AREQUIPA-2018”**

Presentada por:

Bach. ALVARO GERONIMO MORA COSIO

Bach. KELI ROXANI CHOQUE QUISPE

Asesor:

Ing. VÍCTOR VIDAL GARATE GÓNGORA

**CUSCO – PERU
2020**

RESUMEN

La presente tesis de investigación lleva por título “Análisis de la Estabilidad de Taludes en la Vía Alternativa AR-115, a partir de la Caracterización Geológica-Geotécnica, Arequipa-2018”; la Tercera Variante de la Vía AR-115 está ubicada en el distrito de Uchumayo, Provincia de Arequipa, Región Arequipa y forma parte de la carretera departamental AR-115 de 39.3 km con la siguiente trayectoria: Empalme PE-34 A (Desvío Tiabaya) – Tiabaya – Sachaca – Empalme PE-34 C.

El área de investigación engloba la ejecución de una variante a la carretera departamental AR-115, aproximadamente a los 7.5 Km de está, con dirección Sur-Oeste y empalmar en la misma vía AR-115, luego de un recorrido de 13.882 Km; dicha área se encuentra dentro de las estribaciones occidentales de la cordillera occidental, siendo parte de la cadena del barroso de la cual forman parte el volcán Misti y Chachani con unas altitudes alrededor de los 5000 msnm.

El área de la vía alternativa se conforma de las unidades geomorfológicas de lomadas, montaña de roca, laderas, quebradas, dunas y terrazas; de las cuales la unidad geomorfológica que predomina en la zona son las quebradas con un 47.70% seguida de la unidad geomorfológica de lomadas (26.73%).

La geología está compuesta por el complejo basal de la costa siendo la formación geológica más antigua (pre-paleozoico), la cual está caracterizada por afloramientos de rocas metamórficas, gneis graníticos y dioríticos. Posteriormente se tienen los volcánicos de la formación chocolate del Jurásico inferior, caracterizado por derrames de andesita

pseudoestratificadas, moderadamente fracturadas y alteradas. La presencia de rocas ígneas intrusivas como granodioritas y granitos es escasa.

Los depósitos laháricos, aluviales, eólicos, residuales y de relleno se encuentra como cubierta de las formaciones rocosas antes mencionadas. La unidad geológica con mayor porcentaje son los depósitos aluviales con un 48.37%, seguidos por los depósitos laháricos con un 19.36%. En cuanto a los afloramientos rocosos, los materiales volcánicos de la formación chocolate tienen un 12.08% seguidos del complejo basal de la costa con un 4.98%.

A lo largo de toda la vía proyectada la abundancia de cobertura formada por distintos tipos de depósitos cuaternarios persiste aproximadamente hasta los 10 km de la vía alterna, teniendo en ciertos tramos afloramientos rocosos; de los 10 km hasta los 13.882 km se tiene más presencia de afloramientos rocoso.

Los principales lineamientos estructurales y tectónicos a nivel regional tienen una concordancia con la dirección NO-SE, mientras que las estructuras colindantes al área de la vía Alterna AR-115 y a la Unidad Minera Cerro Verde siguen lineamientos con tendencia E-O. Durante el cartografiado geológico local en campo no se observaron la presencia de deformaciones superficiales ligadas a estructuras tectónicas o neotectónicas, por ello el área es considerada exenta de riesgos ligados a estos aspectos geológicos; localmente lo que si se ha observado son tendencias de orientaciones en fracturamientos principales de los afloramientos rocosos del complejo basal de la costa y los materiales volcánicos Chocolate. Los contactos geológicos son irregulares y se encuentran recubiertos por suelo residual.

La hidrografía de la zona se embarca en la cuenca del río Chili, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Pacífico, al inicio llamado río Sumbay que al unirse con el Blanco forman el Río Chili. El modelo de drenaje de la zona es de tipo dendrítico cuyas quebradas tienen una orientación de Sur a Norte, desembocando directamente en la cuenca del río Chili, dentro del área de investigación se clasificaron 05 microcuencas hidrográficas y 20 quebradas que forman parte de la vía proyectada.

El clima de acuerdo al Senamhi se caracteriza por una temperatura media mensual entre 13.6°C y 21.4°C, generalmente templado y seco, sin inviernos muy fríos ni veranos muy calurosos. La precipitación presenta dos (02) periodos bien diferenciados: la época de lluvias (noviembre a marzo), y la época seca (abril a octubre), con precipitación máxima mensual de 190.2 mm.

Dentro del marco hidrogeológico la información piezométrica proporcionada por Unidad Minera Cerro Verde de los piezómetros MA-7A y MAS-165 que son los más cercanos a la vía proyectada, registran el nivel piezométrico a 22.77 m de profundidad, no existiendo implicancia hidrogeológica que pueda afectar la estabilidad del terreno de fundación de la vía proyectada.

De acuerdo a la zonificación sísmica del área de la vía proyectada, se encuentra en el intermedio de las zonas 4 y 3 de la distribución espacial de sismicidad, por ello para los análisis de estabilidad Pseudoestáticos se adoptó un 50% del valor de aceleración de la zona, utilizando un valor promedio de 0.20g.

Dentro del estudio de mecánica de rocas se elaboraron treinta y cuatro (34) estaciones geomecánicas a lo largo de todo el eje de la vía, tres (03) fueron realizadas por el método GSI debido a que sus afloramientos rocosos se encuentran moderadamente fracturados y alterados.

En cada estación geomecánica se realizó la toma de datos correspondiente para las clasificaciones geomecánicas RMR y GSI, respecto a los ensayos in situ, se realizó la toma de resistencia de la roca con el esclerómetro o martillo de Schmidt. Con las muestras de roca tomadas de las estaciones geomecánicas en zonas representativas se realizaron los ensayos de propiedades físicas, carga puntual (PLT), compresión uniaxial, corte directo de discontinuidades y compresión triaxial en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de Ingeniería; así también se realizó el estudio petrográfico de rocas en el laboratorio mineralógico y petrográfico de la Pontífice Universidad Católica del Perú.

Con los valores obtenidos para la roca intacta y macizo rocoso se realizó la clasificación geomecánica Rock Mass Rating (RMR Básico), obteniendo que un 90.32% de las estaciones geomecánicas tienen valores entre 55-60, correspondiente a una calidad “regular” de clase III, mientras que la cohesión varía entre 265 y 300 kPa y el ángulo de fricción interna entre los 30° y 35°.

El determinar el RMR para el caso de rocas débiles o altamente meteorizadas ya no es adecuado según el criterio de rotura de Hoek y Brown, por ello en estos tipos de afloramientos se realizaron tres (03) estaciones geomecánicas a clasificar por el Geological Strength Index (GSI) en las progresivas del km 11+365, km 11+782 y km 11+900, obteniéndose valores entre los 15-20, 20-25 y 25-30 respectivamente. Con los valores de bajas resistencias a la compresión

uniaxial obtenidos en los macizos rocosos se ha determinado valoraciones GSI para el resto de las estaciones geomecánicas, donde la mayoría se encuentra con valores de GSI entre los 44-53, describiéndose como macizos rocosos moderadamente fracturados, de roca media a buena.

Como parte de la investigación geotécnica se realizaron métodos de investigación directos, en un total de cincuenta (50) calicatas en el eje de la vía, nueve (09) ensayos de sondajes de penetración dinámica ligera (DPL) y dentro de las investigaciones indirectas se realizaron cuatro mil seiscientos noventa y dos (4692) metros lineales de refracción sísmica. Se han elaborado catorce (14) planos de la planta estratigráfica donde se muestra la geología, ubicación de investigaciones geotécnicas y estaciones geomecánicas, así como fotografías direccionadas de la zona.

A través de los resultados de las investigaciones geotécnicas (directas e indirectas) y su ubicación a lo largo de las progresivas, se pudo obtener información de la composición del terreno a profundidad con un alto grado de certeza para la ejecución de perfiles estratigráficos hasta los tres (3) metros, y el poder diferenciar estos materiales a profundidad con las velocidades de onda, hasta los treinta (30) metros de profundidad; se realizaron catorce (14) perfiles estratigráficos, donde se ha clasificado el tipo de material (material suelto, roca suelta, roca fracturada) que se encuentra a lo largo de la vía, paralelamente a esta revisión de perfiles estratigráficos se realizó la caracterización geotécnica en las progresivas, identificando si la zona necesita un terraplén, pedraplén, relleno o corte de talud.

La estabilidad de taludes se realizó para suelos y rocas, haciendo un análisis estático y pseudoestático mediante el software Slide 6.0, tomando como parámetros los valores de peso

volumétrico, UCS, cohesión y ángulo de fricción. En el caso de rellenos, terraplenes y pedraplenes se usará el material de la cantera más cerca, a las progresivas evaluadas.

La estabilidad global de los taludes de corte supera la ratio de 1.5 para condiciones estáticas y mayor a 1.25 para condiciones pseudoestáticas, siendo resultados que dan una condición estable.

Respecto al análisis cinemático mediante el software Dips 6.0 se identificaron los tipos de falla planar, cuña y volteo cuyos resultados obtenidos nos indican que las posibles fallas en cuña generadas y analizadas con el software Swedge 4.0, no son significativos pues al presentarse en forma diagonal al corte de talud, presentan un bajo ángulo de inclinación de la cuña respecto a la inclinación del talud. En cuanto a las fallas planares y por volteo no se realizaron análisis de estabilidad por no representar fallamientos significativos en los cortes; de igual manera se realizó un análisis de caída de rocas con el software Rocfall 4.0, cuyas simulaciones no son perjudiciales en la transitabilidad de la vía.

Dentro de las recomendaciones obtenidas con la caracterización geológica y geotécnica se sugiere colocar mallas de protección con pernos de anclaje en las zonas donde se encuentran fallas en cuña con caída de rocas, respecto a la influencia de la erosión superficial y acumulación de arenas se recomienda realizar mantenimiento preventivo y programado durante el tiempo de vida de la vía; respecto a la excavación de los materiales se recomienda el uso de equipos de arranque y potencia similar al que alcanzan las excavadoras, esto debido a las velocidad de onda "P" que en promedio son menores a 2000 m/s hasta una profundidad de 5.50 a 8.50 metros, en la base de los terraplenes más altos se deberá colocar material seleccionado procedente de la

voladura conformando capas no mayores a 70 cm y con una gradación de bloques rocosos con tamaño máximo de 18" y un mínimo de 4".

Se deben realizar pruebas de pedraplenes para establecer condiciones de compactación y determinar la densidad seca máxima, la compactación debe ser con orugas D8R pues solo se requiere el reacomodo del material. Se debe evaluar el uso de rodillos lisos de 20 toneladas y/o métodos convencionales, lo recomendable será un grado de compactación de 85% a 90%.