



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
MINAS**

Aplicación de Cable Bolting para el Sostenimiento de los Taludes de Roca en La
Puntilla, Chongoyape

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Br. Albuja Arroyo, Pedro Antonio (ORCID: 0000-0002-1316-8983)

Br. Carrasco Osorio, Roberto Carlos (ORCID: 0000-0001-6209-5760)

ASESOR:

Mg. Ing. Siccha Ruiz, Orlando Alex (ORCID: 0000-0002-0638-2391)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Análisis de Estabilidad de Taludes

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Siempre me he sentido orgulloso por la familia que tengo, se han preocupado por mí, me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida. Esto se lo dedico en especial para mis abuelos y mi madre.

Pedro.

Dedico esta tesis a Dios y a mis padres, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta investigación y en especial se la dedico a mi abuelo NESTOR que desde el cielo me protege.

Roberto.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por ayudarnos siempre en todo, a los docentes de la carrera profesional de ingeniería de minas en especial a los asesores que nos fueron guiando en esta investigación y a las buenas amistades hechas durante este tiempo.

Declaratoria de autenticidad

Yo, Albuja Arroyo Pedro Antonio, identificado con el DNI 76248470, y Carrasco Osorio Roberto Carlos, identificado con el DNI 71099586, de la Universidad César Vallejo, escuela profesional de Ingeniería de Minas, con el trabajo de investigación titulado, Aplicación de cable bolting para el sostenimiento de los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape.

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de Investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de Investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de Investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseadas, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 12 de diciembre de 2019



DNI: 76248470

Albuja Arroyo, Pedro Antonio.



DNI: 71099586

Carrasco Osorio, Roberto Carlos.

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de gráficos	ix
Índice de imágenes	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2. Trabajos previos	3
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	6
1.4. Formulación del problema.....	17
1.5. Justificación del estudio.....	17
1.6. Hipótesis	18
1.7. Objetivos.....	18
II. MÉTODO	19
2.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	19
2.2 Operacionalización de variables.....	19
2.3 Población y muestra	23
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	23
2.5 Procedimiento.....	25
2.6 Métodos de análisis de datos.....	25
2.7 Aspectos éticos	26
III. RESULTADOS.....	27
3.1 Realización de levantamiento topográfico del área de estudio.....	27
3.2. Realización de estudio de la geología de la zona	28
3.3 Descripción de las características geomecánicas del macizo rocoso	34
3.4 Diseño y ubicación de los cables bolting en el talud.....	46

IV. DISCUSIÓN	64
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. PROPUESTA	68
REFERENCIAS	78
ANEXOS	85
Acta de aprobación de originalidad de tesis	112
Reporte de turnitin	113
Autorización de publicación de tesis en Repositorio Institucional UCV	114
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	116

Índice de tablas

Tabla 1. Valoraciones para la clasificación RMR.....	12
Tabla 2. Valores de clasificación de RMR	13
Tabla 3. Factores de ajustes para obtener el SMR	13
Tabla 4. Realización del levantamiento topográfico del área de estudio	27
Tabla 5. Columba estratigráfica del departamento de Lambayeque	28
Tabla 6. Descripción de las formaciones geológicas existentes en el departamento de Lambayeque.	32
Tabla 7. Geología local de Chongoyape	33
Tabla 8. Geología de la zona de estudio La Puntilla, Chongoyape	33
Tabla 9. Datos tomados con el esclerómetro	34
Tabla 10. Resistencia a la compresión simple	35
Tabla 11. Cálculo del RQD	35
Tabla 12. Separación de las juntas.....	35
Tabla 13. Estado de las juntas	36
Tabla 14. Flujo de agua en las juntas.....	36
Tabla 15. Paralelismo de las discontinuidades.....	37
Tabla 16. Buzamiento de las discontinuidades	37
Tabla 17. Relación del buzamiento de la discontinuidad y del talud	37
Tabla 18. Factor según el método de explotación.....	37
Tabla 19. Tabla de general de clasificación geomecánica SMR	38
Tabla 20. Tabla de orientación de las discontinuidades en los taludes en el kilómetro 45+071.5...40	40
Tabla 21. Consideraciones para el diseño.....	48
Tabla 22. Especificaciones técnicas de diseño en la sección 1.	50
Tabla 23. Cuadro de volúmenes para el taladro.....	51
Tabla 24. Especificaciones técnicas de diseño en la sección 2.	54
Tabla 25. Volumen para los taladros de la sección 2.....	55
Tabla 26. Especificaciones técnicas de diseño en la sección 3.	58
Tabla 27. Volumen para los taladros de la sección 3.....	59
Tabla 28. Especificaciones técnicas de diseño en la sección 4.	63
Tabla 29. Volúmenes para los taladros de la sección 4.....	63
Tabla 30. Costo de instalación de cable bolting en la sección 1	72
Tabla 31. Costo de instalación de cable bolting en la sección 2	73
Tabla 32. Costo de instalación de cable bolting en la sección 3	74
Tabla 33. Costos de instalación de cable bolting en la sección 4.....	75
Tabla 34. Costo de accesorios para la instalación de cable bolting.....	76
Tabla 35. Costo de mano de obra	77

Índice de gráficos

Gráfico 1. Diseño de Cable bolting	9
Gráfico 2. Procedimiento de la investigación	25
Gráfico 3. Trazado de polos de las discontinuidades mapeadas en el Km. 45+071.5 carretera a Chongoyape - Chiclayo.	42
Gráfico 4. Trazado de los contornos con respecto a la ubicación de las discontinuidades.	43
Gráfico 5. Trazado de planos principales.	44
Gráfico 6. Diagrama de roseta de las orientaciones.	45
Gráfico 7. Sección 1	50
Gráfico 8. Vista lateral de los taladros - Sección 1	50
Gráfico 9. Vista en planta - Sección 1	50
Gráfico 10. Vista lateral - Sección 2	53
Gráfico 11. Vista en planta - Sección 2.	53
Gráfico 12. Vista lateral - Sección 3.....	57
Gráfico 13. Vista en planta - Sección 3	57
Gráfico 14. Vista lateral - Sección 4.....	62
Gráfico 15. Vista en planta - Sección 4	62
Gráfico 16. Ciclo de instalación de cable bolting	70
Gráfico 17. Cable bolting dentro del taladro	71

Índice de imágenes

Imagen 1. Propiedades de las discontinuidades.....	14
Imagen 2. Discontinuidades más importantes del talud de estudio.....	46
Imagen 3. Vista de las discontinuidades más importante de la zona de estudio.....	47
Imagen 4. Primera sección del talud.....	49
Imagen 5. Segunda sección del talud.....	52
Imagen 6. Tercera sección del talud.....	56
Imagen 7. Cuarta sección del talud.....	61

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad proponer la aplicación del cable bolting como sistema de sostenimiento en los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape. La investigación surgió de la observación de un problema vinculado a la inestabilidad de taludes, para dicha investigación se buscó trabajar con una muestra de medio Km. de taludes que se encuentran en el Km45+071.5 de la carretea Chiclayo-Chongoyape utilizando como tipo de investigación cuantitativa y diseño de investigación descriptivo-propositivo. Asimismo, para el recojo de información se utilizaron métodos analíticos y sistemáticos, técnicas documentales y de campo, junto a instrumentos empleados como tabla de coordenadas, guía de observación para geología regional y local, tabla SMR, guía de laboratorio y guía de campo de orientación de las discontinuidades, además, se utilizaron los programas ArcGIS, Dips y Slide. Toda esta metodología le da a este informe de investigación el respaldo, sustento y seriedad respectiva. Finalmente, se obtuvo como resultados la sectorización de las zonas más inestables y como lograr estabilizarlas, todos estos resultados se presentan por medio de planos, imágenes, gráficos y tablas enumeradas, cada una con sus respectivos análisis que contribuyeron a comprobar la hipótesis que si se propone la aplicación del cable bolting se logrará el sostenimiento de los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape. Todo este trabajo permitió concluir que si se propone la aplicación de cable bolting se logrará el sostenimiento de los taludes de roca en La Puntilla, ya que se delimitó la zona de estudio mediante un levantamiento topográfico, para después caracterizar geológicamente el macizo rocoso en dicha zona, posteriormente se aplicó un estudio geomecánico donde se obtuvo un valor $SMR = 51$ y una dirección de fallas Norte-Sur, mediante el software Slide se obtuvo un valor del $F.S.=0.3$, por último se diseñó y se ubicó los cable bolting dependiendo el requerimiento de la masa rocosa, disminuyendo el riesgo de deslizamiento.

Palabras Claves: Cable bolting, talud, inestabilidad.

ABSTRACT

The present research work was intended to propose the application of the screwed cable as a support system in the rock slopes in La Puntilla, Chongoyape. The surgical investigation of the observation of a problem identified to the instability of studies, for this investigation it was sought to work with a sample of half Km. Of slopes that are located at Km45 + 071.5 of the Chiclayo-Chongoyape road using as a type of investigation Quantitative and descriptive-proactive research design. Likewise, for the collection of information, analytical and systematic methods, documentary and field techniques will be used, together with instruments used as a coordinate table, observation guide for regional and local geology, SMR table, laboratory guide and guidance field guide of the discontinuities, in addition, use the ArcGIS, Dips and Slide programs. All this methodology gives a research report support, support and respective seriousness. Finally, the sectorization of the most unstable areas is obtained as results and how to stabilize them, all these results are presented by means of plans, images, graphs and tables listed, each with its analysis of analyzes that contributed to analyze the hypotheses that if It is proposed the application of the screwed cable will support the rock slopes in La Puntilla, Chongoyape. All this work should conclude that if the application of bolted cable is proposed, the maintenance of the rock slopes in La Puntilla will be achieved, since the study area was delimited by a topographic survey, and then geologically characterize the rock mass in that area , a geometric study was subsequently applied where an SMR value = 51 and a North-South fault direction were obtained, using the Slide software a value of FS = 0.3 was obtained, finally the cables were designed and located screwed to the requirement of the rock mass, reducing the risk of slipping.

Keywords: screwed cable, slope, instability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La formación de taludes es de gran importancia puesto que ayudan al desarrollo tanto como obras civiles y en minería; para su diseño y construcción necesitamos conocer las características geológicas y geomecánicas del área de estudio, para así lograr una estructura lo suficientemente estable y segura.

Existen dos tipos de taludes, uno de forma natural que se le denomina laderas y el otro donde participa el hombre aplicando sus conocimientos que se le conoce como cortes o taludes artificiales. Mayormente los taludes son estructuras constituidas de suelos y roca.

Según Cepeda, Leal, & García (2010) menciona que las principales causas de la inestabilidad de taludes de roca son los deslizamientos, meteorización, erosión y hundimiento, siendo los deslizamientos el que más frecuente ocurre.

Los taludes son estructuras importantes tanto en minería pues permiten una extracción óptima de manera planificada y por etapas, en obras civiles permiten la construcción de obras principalmente carreteras, sin embargo aún existe un problema relacionado con la inestabilidad de taludes la cual está dada por los deslizamientos y volcaduras de rocas continuas que ocurren en el lugar de estudio, esto es un problema ya que por estar muy cerca de una autopista podría ocasionar pérdidas humanas y materiales, que es provocado por diversas causas como: precipitaciones, movimientos sísmicos, pendientes pronunciadas del talud.

Cuando se refiere a las precipitaciones Castañón (2011) menciona que en la época de lluvias los taludes son dañados a causa de la saturación de suelos, provocando mayor peso de la masa, una disminución del esfuerzo cortante y la erosión de la superficie. Cuando el agua de las lluvias entra en las discontinuidades del talud, las fuerzas actuantes incrementan generando la falla del mismo talud.

El mismo autor afirma que durante las lluvias los taludes se vuelven más inestables a causa de la presión que ejercen en sus discontinuidades y por qué generan volcaduras de rocas.

La primera evidencia encontrada la publicó El Diario Andina (2009) esta tuvo lugar en Junín específicamente en la autopista Tarma-La Merced donde sucedió un deslizamiento de rocas en el kilómetro 67 de la mencionada vía a raíz de las intensas precipitaciones impidiendo por varias horas el tránsito de vehículos de carga y de transporte público.

Según Ochoa (2016) una evidencia clara es lo que ocurre en Huancavelica donde la mayor parte de la expansión urbana se ubica en zonas de riesgo debido a la geomorfología de dicho departamento, y es en los tiempos de lluvia (invierno) donde dichas zonas se vuelven vulnerables y se generan los deslizamientos de taludes. Específicamente en el sector de Santa Barbara donde entre el año 2010-2011 se registraron importantes pérdidas materiales afectando directamente a los pobladores de dicha zona.

El diario El Comercio (2017) precisa un acontecimiento semejante ocurrido en Huarochiri provincia de Lima en el que se deslizaron rocas producto de las constantes lluvias registradas en centro poblado Ocatara, distrito de San Mateo a la altura del kilómetro 82 de la carretera central ocasionando la muerte de dos personas y dejando a dos más con heridas graves.

Cuando se refiere a los sismos Morales (2000) refiere que la estabilidad en taludes que han ocurrido sismos ha sido estudiada hace mucho tiempo un deslizamiento de un talud depende del factor de seguridad de dicho talud en ese instante. Lo ideal sería que el factor de seguridad sea alto en todo momento para que pueda contrarrestar las fuerzas liberadas por el sismo convirtiéndose así en un vínculo directo que depende del factor de seguridad y posibilidad de deslizamiento. El factor de seguridad óptimo sería a partir de la unidad, ósea de uno a más.

La evidencia es el sismo ocurrido en Pisco en el año 2007, según Tavera (2014) donde se registraron numerosas fallas causados por suelos licuables y deslizamientos de taludes de gran altura con talud (400 metros de largo) en la zona de Jahuay, terraplenes de carreteras afectados por desplazamientos laterales.

Algo similar sucedió en Tacna donde el diario Sin Fronteras (2017) informó que se registraron deslizamientos a causa del sismo de 6.3 grados afectando las vías de las provincias Jorge Basadre, Tarata y la zona alta de Tacna siendo esta las principales carreteras interprovinciales, llegando en algunos casos a cubrir y dañar parte del asfalto

El Comercio (2019) expresa lo ocurrido en Arequipa tras el sismo de magnitud 7.0 el cual tuvo como epicentro Azangaro, Puno generando deslizamientos de rocas en los taludes existentes en las Matarani-Moyendo y Arequipa-Camana, los cuales dañaron y obstaculizaron dichas carreteras afectando a la circulación del transporte.

Según Gutiérrez (2016), la principal causa de la inestabilidad de taludes se basa en un principio básico-intuitivo, que se da en los terrenos con cohesión, el factor de seguridad se reduce a medida que incrementa la pendiente o altura del talud. Es por eso que este autor propone maximizar el factor de seguridad, pretendiendo diseñar taludes menos altos y con

pendientes más suaves. Un ejemplo según la oficina nacional de riesgos del Ecuador (2014) es lo ocurrido en Aloa - Tandapi donde en el pasado al igual que en el presente se registraron cambios morfológicos de gran magnitud relacionándose directamente a las pendientes de dicha zona. Considerándose lo antes dicho y relacionándolo con el efecto del ser humano en su entorno, la definición de los taludes inestables es de gran importancia para poder prever y controlar.

Cuando se refiere a una de las causas comunes como la que es la falta de sostenimiento Codina (2005) dice que, la falta de sostenimiento es factor muy importante que aporta a que el talud sea más inestable ya que incrementa la vulnerabilidad del talud de causar daños al deslizarse una evidencia clara sucedió según Codina (2005) en el municipio de Santa Tecla – El Salvador en el año 2001 ocurrió un deslizamiento por factores externos pero esto se pudo haber evitado con la implementación de un tipo de sostenimiento en el talud evitando la pérdida de muchas vidas.

1.2. Trabajos previos

En relación con la investigación se encuentran **estudios internacionales y nacionales.**

1.2.1. A nivel internacional

En el ámbito internacional figura el trabajo realizado en Australia por RASEKH, Haleh quien en el 2017 elaboró una investigación titulada “The shear performance of cable bolts in experimental, numerical and mathematical studies”. (El rendimiento de corte de los cables bolt en estudios experimentales, numéricos y matemáticos) teniendo como objetivo investigar el comportamiento de diferentes tipos de cable bolts bajo diversas cargas de pretensión sometidas a corte simple y pruebas dobles en donde se concluye que el comportamiento de corte de cada cable bolt tiene tres etapas: elástico, ablandamiento por deformación y el fracaso y a su vez los factores importantes en el pico de carga de cizallamiento de los cable bolts son el tipo de carga, carga de pretensión, el ángulo de fracaso, longitud y fuerza de bloque.

Asimismo, se tiene la tesis trabajada también en Australia realizada por LI, Xuwei en el 2017 la cual esta titulada “Study of cable bolt shear strength characteristics for ground reinforcement in mines”. (Estudio de las características de resistencia al corte del perno del

cable para refuerzo de suelo en minas) en la cual el autor tiene como objetivo Realizar un estudio paramétrico sobre un conjunto de componentes que intervienen en la eficacia del cable bolt, incluyendo la tensión previa del cable, el coeficiente de fricción de la unión, la resistencia del hormigón y el ángulo de instalación del cable concluyendo que Se deduce, según la revisión de los métodos de prueba existentes, la fricción de la junta, el desajuste del cable bolt, las condiciones de contorno, el ángulo de instalación del cable bolt, la condición de contacto entre el cable bolt y el molde de acero y el modo de carga son factores importantes para el diseño de un aparato / método de prueba de corte eficaz y versátil.

1.2.2. A nivel nacional

Por otro lado, en el ámbito nacional, está el trabajo realizado en Perú por VENEGAS OLIVARES, Jherson quien en el año 2017 presentó la investigación titulada “Aplicación del relleno en pasta para reducir los costos operativos en la unidad minera Cerro Lindo” en la cual tiene por objetivo evaluar el diseño de mezcla de relleno en pasta y la clasificación geomecánica para incrementar la producción del mineral y capacidad de planta de relleno en la unidad minera Cerro Lindo, concluyendo que el relleno en pasta es el refuerzo correcto y al colocarlo hará que el macizo rocoso sea estable consiguiendo que la actividad de minado no se paralice.

También se tiene como respaldo la investigación hecha por BUSTAMANTE MURILLO, Anquilino quien en el 2008 elaboró una investigación denominada “Geomecánica aplicada en la prevención de pérdidas por caída de rocas mina Huanzala - CIA Minera Santa Lucia S. A” teniendo por finalidad cumplir con el tipo de sostenimiento sugerido por geomecánica: anclajes de pernos, cable bolt, concreto lanzado y en mallado dependiendo de las labores en donde concluye que los refuerzos más utilizados en esa mina son los, cables bolting se utilizan en zonas de acuerdo al tipo de terreno y tabla geomecánica.

Asimismo se tiene la investigación trabajada en el Perú, realizada por los autores GONZALES VERGARA, Marcial & VELÁSQUEZ TAIPE, José quienes en el 2012 sustentó la investigación titulada “Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la 1 unidad de producción Uchucchacua” teniendo como propósito comprobar el aumento de tonelaje por mes, empleando el método sublevel stoping con taladros largos en cuerpos, en la mencionada unidad, concluyendo que se ha comprobado mediante la prueba t de student con un grado de significancia del 5% si empleamos la

explotación por subniveles (taladros largos) se aumentara la cantidad mensual de mineral generando más beneficio para la empresa en la U.P. Uchucchacua.

Asimismo, la investigación del peruano PANTIGOZO DELGADO, Johnny quien en el año 2013 presenta el estudio llamado “Comparación de rendimiento entre swellex e hydrabolt en el sostenimiento en minas subterráneas para elección óptima” tiene por finalidad principal dar a conocer las diferencias de pernos swellex e hydrabolt, para así escoger como refuerzo eficaz en minas subterráneas, basado como elementos de fricción y trabajo inmediato concluyendo que el grado de anclaje de los pernos no está relacionado con su longitud, a través de ello se demuestra la hipótesis de esta investigación.

Continuando con los trabajos nacionales se encuentra, el realizado en Moquegua hecha por el autor MALDONADO VERA, José quien presenta la investigación titulada “Análisis del proceso constructivo del sostenimiento de los taludes en la chancadora secundaria del nivel 3195 del proyecto de la ampliación de la Mina Toquepala” la cual tiene como objetivo analizar el proceso constructivo más óptimo para sostener taludes de la trituradora secundaria del nivel 3195 del programa de extensión de la mina Toquepala, concluyendo que se consideró el sostenimiento más óptimo en los taludes en el lado norte no se colocará ningún sostenimiento, en el lado centro se consideró sostenimiento en los taludes 1 y 2, en el lado sur se consideró sostenimiento en los taludes 1, 2, 3, 4 y 5. A la vez se indica que, si el anclaje es de mayor longitud, el factor de seguridad aumenta.

De la misma forma se tiene la investigación realizada en Cusco hecha por CONDE CASTELO, Yarica titulada “Análisis del macizo rocoso y su aplicación de cables bolting en la ejecución de echaderos de relleno detrítico en la Mina San Rafael Melgar – Puno” teniendo como objetivo el control de los parámetros que afectan a la integridad de la roca que creando inestabilidad en dichos echaderos con el fin de aumentar la producción de la Mina San Rafael, concluyendo que se logró estabilizar el echadero mediante la instalación de un diseño adecuado de cable bolting mellizos, elevando así el factor de seguridad, lo que indicó que la seguridad en dicha zona de trabajo es mayor, logrando así el desarrollo óptimo de las actividades programadas de la Mina San Rael.

Terminando con los estudios nacionales que respaldan la investigación el autor MUCHA ARMAS, Alfredo quien en el año 2019 presentó la investigación sobre “Aplicación de cable bolting como reforzamiento del sostenimiento para poder estabilizar al macizo rocoso, en la unidad de producción Carahuacra – Compañía Minera Volcan S.A.A.” teniendo como objetivo estabilizar las labores mineras al usar cable bolting como reforzamiento del

sostenimiento en las operaciones mineras en Compañía Minera Volcán S.A.A. – Unidad Arahuaca, durante el año 2018, concluyendo que En la explotación subterránea se logra la estabilización tanto de labores pequeñas como de cámaras de grandes dimensiones con el sistema de cables cementados, por los métodos de explotación que se viene llevando a cabo en la mina Carahuacra sub level stoping con taladros largos; para lograr la estabilidad de las labores mineras hay necesidad de usar como reforzamiento del sostenimiento cable bolting.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Geología, Pérez y Merino (2009) precisan que la geología estudia y analiza los elementos que conforman la tierra desde su génesis, a su vez examina los cambios sufridos por el macizo rocoso a través del paso del tiempo.

Según The Geological Society (2015) en la geología se basa un porcentaje importante de recursos para la sociedad actual como son la energía, los minerales, agua y alimentos. A su vez está directamente asociada a la extracción de minerales para la construcción diferentes obras civiles.

Earle (2019) considera la geología como el tratado de las rocas y materiales que nos rodean (interior y exterior) así como el conocimiento de los procesos que dieron como resultado dichos materiales, aquí también se tratan las aguas superficiales y subterráneas del globo terráqueo y sus cambios a través del tiempo para poder predecir su comportamiento a futuro.

Mecánica de rocas, Córdova (2008) sustenta que la mecánica de rocas se vincula con dos principios el primero es el empleo de la ingeniería mecánica en macizos rocosos y el segundo la relación orientada a los tipos de mecánica (clásico y continuo), aunque se le reconoce como un ámbito de la ingeniería diferente y lógica. La mecánica de rocas está asociada a la geofísica, geología estructural, hidrogeología, las cuales al unirse forman un fundamento teórico y real, teniendo así los datos suficientes para poder así pronosticar y monitorear de forma controlada la conducta de la roca.

Swapan (2018) La mecánica de rocas es el estudio de las respuestas geotécnicas de los fenómenos geológicos. Implica la medición de la estabilidad de los estratos de roca y el suelo depositado dentro de huecos extraídos. El conocimiento e indicación de las características geotécnicas, incluidos los parámetros de resistencia de la roca, es evidentemente el primer

paso, y se complementa aún más con el estudio de la meteorización, juntas, cizallas, fallas y otras deformaciones de la roca.

Matemáticas, Raffino (2019) La matemática es una ciencia que usa la lógica para estudiar las características y la interacción que se da a través de elementos tales como números, signos y figuras geométricas, etc.

Knorr (2019) Matemáticas, la ciencia de la estructura, el orden y la relación que ha evolucionado a partir de prácticas elementales de contar, medir y describir las formas de los objetos. Trata del razonamiento lógico y el cálculo cuantitativo, y su desarrollo ha implicado un grado creciente de idealización y abstracción de su tema. Desde el siglo XVII, las matemáticas han sido un complemento indispensable para las ciencias físicas y la tecnología, y en tiempos más recientes ha asumido un papel similar en los aspectos cuantitativos de las ciencias de la vida.

Topografía, Fuentes (2012) argumenta que la topografía es una disciplina que representa geoméricamente una parte determinada de la tierra, modelando el relieve de un terreno y las diferentes edificaciones o construcciones que puedan existir sobre él. Las dos principales tareas en la topografía son la toma de datos in situ para posteriormente plasmarlo en un plano de forma entendible y viceversa (del plano al terreno).

Higgins (2017) La topografía es un término amplio utilizado para describir el estudio detallado de la superficie de la tierra. Esto incluye cambios en la superficie, como montañas y valles, así como características como ríos y carreteras. También puede incluir la superficie de otros planetas, la luna, los asteroides y los meteoritos. La topografía está estrechamente vinculada a la práctica de la topografía, que es la práctica de determinar y registrar la posición de los puntos en relación entre sí.

Fernández (2019) La topografía es la ciencia que consiste en tomar medidas describiendo las características de un terreno en estudio, detallando los factores naturales de la zona, y características generales in situ para así tener un panorama claro del lugar de la investigación.

Cable bolting, Pantaleón, Carbajal (2017) infiere que este tipo de anclaje es aplicado a grandes superficies naturales y estructuras artificiales como taludes que presentan discontinuidades pronunciadas, teniendo como principal finalidad asegurar una labor de trabajo estable.

La empresa Remicsa (2015) indica que es un instrumento de refuerzo constituido de alambres de aleaciones de hierro y carbono los cuales se unen para formar un cabo metálico que se aplica acompañado de una mezcla cementada dentro de una perforación.

Medina (2001) fundamenta que es el uso de cables de acero más lechada de cemento, el acero debe tener una tenacidad alta y ambos componentes de sostenimiento deben ubicarse en el interior de la perforación. El objetivo es reforzar el contacto entre el mineral y la caja techo y así evitar el deslizamiento de bloques de mineral.

Anclaje, Cañas (2013) considera que los anclajes son muy usados debido a su alta eficiencia en el soporte de minas subterráneas y taludes, hoy en día los parámetros principales de anclaje dependerán de la rigidez de los materiales que componen el cable y de los requerimientos del terreno donde se aplicara.

Inyecciones de cemento, Rimachi (2016) plantea que las inyecciones de cemento sirven para impermeabilizar superficies rocas por medio de presión de una combinación de agua, cemento, agregados, luego se delimita el fondo del taladro donde se aplicara la mezcla, según sus características geológicas y geomecánicas se determinara la presión a ejercer.

Ovando (2011) cataloga que las inyecciones son métodos en los que se aplica cemento a presión en los aberturas u orificios dentro de una estructura determinada, esta mezcla se fragua e impermeabiliza dando dureza a dicha zona.

- Dentro de los parámetros a tener en cuenta para el diseño de sostenimiento con cable bolting se encuentran los siguientes:

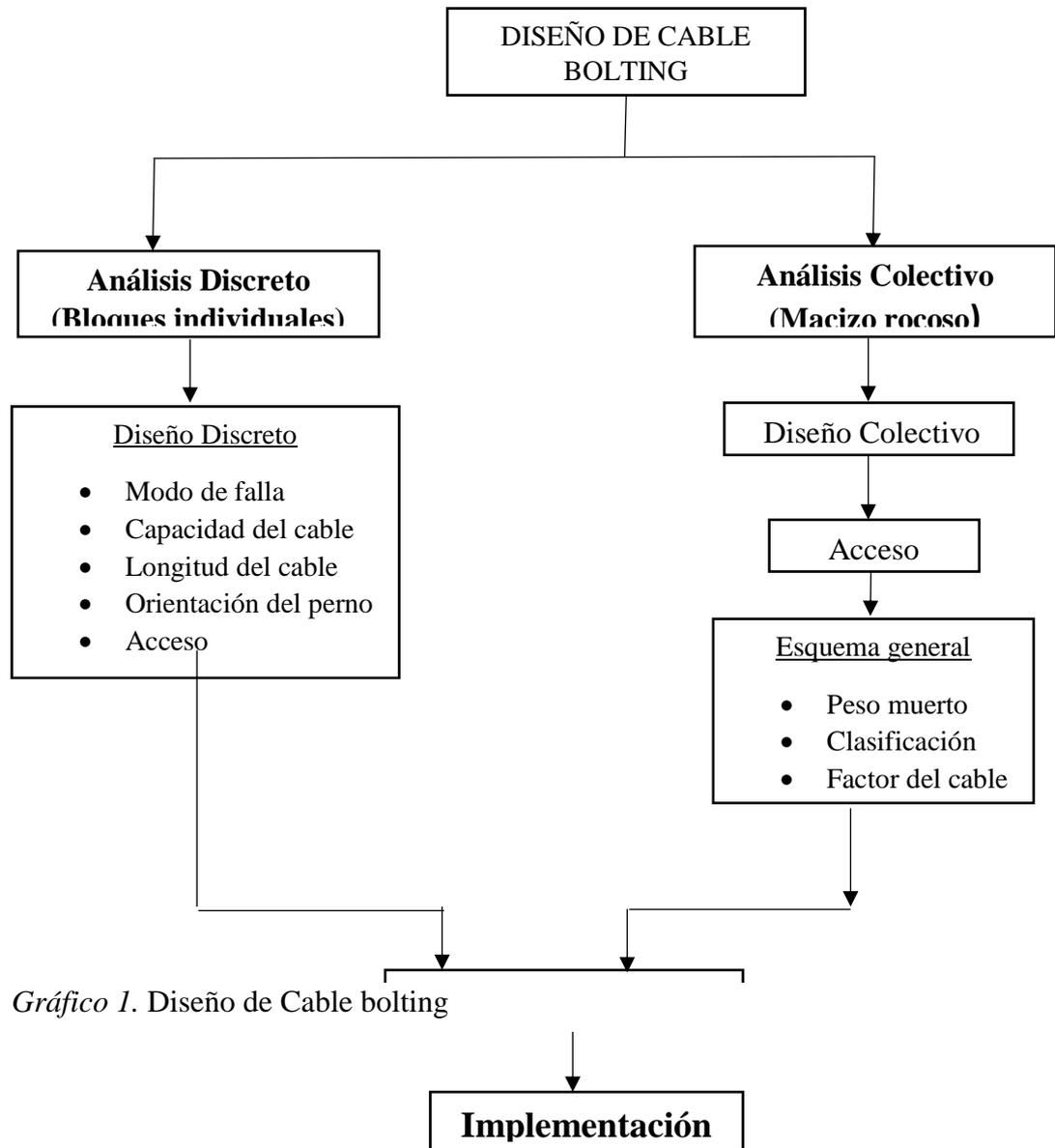


Gráfico 1. Diseño de Cable bolting

Fuente: elaboración propia.

Sostenimiento, Escalante (2017) declara que es un estilo de reforzamiento y se determina la categorización mediante de los componentes de anclaje, así como: reforzado activo y reforzado pasivo. Los conocidos como reforzamiento activo son los tipos de bulonajes como los split set, swellex, pernos cementados, pernos helicoidales.

Caracterización geológica, Burgoa (2013) considera que la geología (regional y local) es un factor primordial para representar el terreno en estudio, la mayoría de investigaciones relacionadas con el tema consideran irrelevante esta información, motivo por el cual se desperdicia datos que necesarios para saber el estado en el que se encuentra el sólido rocoso y la presencia de discontinuidades.

Houlding (1994) El objetivo principal de casi todas las caracterizaciones geológicas se refiere a predecir la variación espacial de una o más variables geológicas. En este contexto, una variable se define como cualquier propiedad del subsuelo geológico que exhibe variabilidad espacial y puede medirse en términos de valores numéricos reales.

Factor de seguridad, Calderón (2018) postula que la perspectiva más utilizada a la hora de proyectar el modelo del talud dependerá de dos factores importantes como son el aguante del macizo y las fuerzas que generarían su inestabilidad como fuerzas de compresión. El factor de seguridad optimo es 1, cuando es menor el talud tiende a fallar o deslizarse es ahí donde se decide reforzar para incrementar el factor de seguridad.

Rouse (2018) El factor de seguridad es la capacidad de la capacidad estructural de un sistema para ser viable más allá de sus cargas esperadas o reales. Un FS puede expresarse como una relación que compara la resistencia absoluta con la carga aplicada real, o puede expresarse como un valor constante que una estructura debe cumplir o exceder de acuerdo con la ley, especificación, contrato o estándar.

Carácteres geomecánica y discontinuidades, Calderón (2018) define que la caracterización geomecánica consiste en determinar los atributos peculiares en el aspecto geomecánico que sea particular y lo diferencie de los demás para un estudio en específico.

A su vez Calderón (2018) señala que las discontinuidades son condicionantes definitivas de las propiedades y el comportamiento del macizo rocoso; la resistencia al corte de las discontinuidades es el aspecto más importante y para determinarlo debemos conocer las características y respectivas propiedades de las discontinuidades.

Devkota (2018) Las discontinuidades son características geológicas importantes en una masa rocosa. El espaciado de discontinuidad es uno de los parámetros importantes ya que de ello dependerá la calidad de la roca.

Propiedades mecánicas del macizo, Terán (2015) asume que el comportamiento del macizo rocoso depende de sus propiedades físico-químicas, presencia de discontinuidades y

el tiempo de exposición a factores ambientales, pues de esto dependerá que tanto se pueda modificar el comportamiento del macizo rocoso de forma general.

Clasificación geomecánicas del macizo rocoso, Ramírez y Alejano (2004) manifiesta que las categorizaciones geomecánicas emplean de forma continua especialmente en reconocimientos geotécnicos de conductos subterráneos, donde la mayoría de estas estructuras se le aplica la clasificación del macizo. En lo correspondiente a taludes, estas clasificaciones aportan al investigador por medio de correlaciones el módulo de elasticidad y coeficientes de rotura.

Según la empresa ROSDRILL LLC (2017) Las propiedades mecánicas de las rocas determinan su comportamiento bajo la influencia de fuerzas externas: cargas. Se manifiestan y evalúan directamente por la resistencia y la deformabilidad de las rocas. Los indicadores de propiedades mecánicas se utilizan para varios cálculos de ingeniería.

- **CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SMR (Slope Mass Rating)**, Romana (1985) es un sistema para aplicar a la clasificación RMR de Bieniawski (1973, 1979, 1989, 1993) los factores de ajuste oportunos para el caso de taludes. Proporciona una división en clases de estabilidad y recomendaciones para métodos de soporte y/o corrección (Ver Tabla N°14). El principio SMR está dado por la sumatoria entre RMR clásico y un factor de ajuste que en la cual está comprendido por tres subfactores y un factor que consiste del método empleado

$$\mathbf{SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4}$$

Dónde:

F1 (factor de ajuste que es el paralelismo entre la dirección de las juntas y el frente del talud), F2 (buzamiento de la junta), F3 (Refleja la relación entre los buzamientos de la junta y el talud), F4 (factor de ajuste según el método de excavación).

Cuando aparecen diferentes familias de juntas en el talud se ha de calcular el SMR para cada familia, tomando el valor más desfavorable. Si el flujo de agua es irregular y/o la roca no está meteorizada en su totalidad, también debe tomarse el valor más desfavorable.

- **RMR:** Esta caracterización geomecánica refiere a la suma de Rock Quality Designation (RQD), rotura a compresión simple, separación de juntas y flujo de agua en las fisuras.

Tabla 1. Valoraciones para la clasificación RMR

RMR básico = \sum VALORACIONES						
PARAMETRO	VALORACIONES					
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa) DE LA MATRIZ ROCOSA	> 250	250-100	100-50	50-25	< 25	
	15	12	7	4	25-5	5-1
RQD (%) (ROCK QUALITY DESIGNATION)	100-90	90-75	75-50	50-25	<25	
	20	17	13	8	3	
SEPARACIÓN (mm) ENTRE JUNTAS	>2000	2000-600	600-200	200-60	<60	
	20	15	10	8	5	
ESTADO DE LAS JUNTAS: RUGOSIDAD, CONTINUIDAD, SEPARACIÓN, RELLENO Y ESTADO DE LOS BORDES	MUY RUGOSAS. NO CONTINUAS. CERRADAS. BONORDES SANOS.	ALGO RUGOSAS. SEPARACIÓN < 1 mm. BORDES ALGO METEORIZADOS.	ALGO RUGOSAS. SEPARACION < 1 mm. BORDES MUY METEORIZADOS.	ESPEJOS DE FALLA o RELLENO < 5 mm o SEPARACIÓN 1-5 mm. CONTINUAS.	RELLENO BLANDO >5mm o SEPARACIÓN > 5 mm. CONTINUAS	
	30	25	20	10	0	
FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS (RAZÓN DE PRESIONES INTERSTICIALES)	SECAS (0)	LIGERAMENTE HÚMEDAS (0-0.1)	HÚMEDAS (0.1-0.2)	GOTEANDO (0.2-0.5)	FLUYENDO (0.5)	
	15	10	7	4	0	

Fuente: Bieniawski (1989)

Tabla 2. Valores de clasificación de RMR

Fuente:

RMR	Descripción	Clase	Tiempo de auto sostenimiento	Angulo de fricción de masa rocosa	Cohesión KPa
0 - 21	Muy pobre	V	30 min./1m de Apert.	< 15°	< 100
21 - 40	Pobre	IV	10 horas /2.5 m de Apert.	15 – 25°	100 - 200
41 - 60	Regular	III	1 sem. /5 m de Apert.	25 – 35°	200 - 300
61 - 80	Bueno	II	1 año /10 m de Apert.	35 – 45°	300 - 400
81- 100	Muy bueno	I	20 años /15 m de Apert.	> 45°	> 400

Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989)

Tabla 3. Factores de ajustes para obtener el SMR

$SMR = RMR_b + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$ (ROMANA, 1985)					
FACTORES DE AJUSTE DE LAS JUNTAS (F_1, F_2, F_3)			α_j = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA α_s = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DEL TALUD β_j = BUZAMIENTO DE LA JUNTA β_s = BUZAMIENTO DEL TALUD		
	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
ROTURA PLANA $ \alpha_j - \alpha_s =$ VUELCO $ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ =$ VALORES	> 30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 5°	< 5°
AJUSTE ANALÍTICO	$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s)^2$				
VALORES $ \beta_j =$ ROTURA PLANA VUELCO AJUSTE ANALÍTICO	< 20°	20° - 30°	30° - 35°	35° - 45°	> 45°
	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
AJUSTE ANALÍTICO	$F_2 = \text{tg}^2 \beta_j$				
ROTURA PLANA $\beta_j - \beta_s =$ VUELCO $\beta_j + \beta_s =$ VALORES	> 10°	10° - 0°	0°	0° - (-10°)	< (-10°)
AJUSTE ANALÍTICO	0	-6	-25	-50	-60
	$F_3 =$ (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)				
FACTOR DE AJUSTE POR EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN	$F_4 =$ VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN				
	TALUD NATURAL	PRECORTE	VOLADURA SUAVE	VOLADURA ó MECÁNICO	VOLADURA DEFICIENTE
	+ 15	+ 10	+ 8	0	- 8

Fuente: Romana (1985).

- PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES, Llanque (2010) afirma que el espaciamiento es la longitud entre discontinuidades paralelas.

>Espaciado = Bloques pequeños

< Espaciado = Bloques grandes

Apertura: Es el grado de abertura de una discontinuidad.

> Apertura = Mejores condiciones

< Apertura = Condiciones desfavorables

Persistencia: es la extensión o dimensión de una discontinuidad.

> Persistencia = masa rocosa estable

< Persistencia = masa rocosa menos estable.

Rugosidad: es la anomalía o grado de alteración de la pared de una discontinuidad.

> Rugosidad = Masa rocosa menos competente

< Rugosidad = Masa rocosa más competente.

Relleno: son los detritos al interior de una discontinuidad.

Material suave = Masa rocosa menos competente

Material duro = Masa rocosa más competente.



Imagen 1. Propiedades de las discontinuidades.

Fuente: Llanque (2010)

- PROPIEDADES MECÁNICAS DE ROCA INTACTA, Osinergmin (2017) declara que el macizo rocoso está formado por roca intacta y discontinuidades, esta roca rígida al estar sometida a fuerzas naturales y ejercidas puede tener como resultado una fragmentación brusca, en cambio en rocas suaves solo se deforman, pero pueden mantenerse por un cierto tiempo.

Según (ASTM) las principales características geomecánicas que presentan este tipo de roca son: resistencia uniaxial, resistencia máxima a los esfuerzos cortantes, ensayos de tracción de la roca, ensayo triaxial, y el cálculo la elasticidad mediante diversos aspectos.

- MODOS DE FALLA, Wyllie y Mah (2004) agrega que las diversas maneras de fallas en los taludes están relacionados a formaciones geológicas, esta información es crucial para el ingeniero que sabrá donde se ubican los lados más vulnerables del talud y servirá para la realización de un buen proyecto.

Empleando las palabras de Valeriano (2015) viéndolo desde el aspecto geomecánica estas formas de fallamiento se presentan de cuatro tipos en un talud:

- a) Los modos por desprendimiento de uno o muchos planos que aparecen en el talud de roca pueden ser de cuña o plana.
- b) Los modos por desplazamiento de bloques de roca mediante discontinuidades antes presentes pero que no se noten en la superficie los cuales generaran fallas por volteo o vuelco.
- c) Modos generados por deslizamiento en toda la discontinuidad lo cual conllevaran modos de falla en escalón y pandeo.
- d) Los modos de fallas que se crean persiguiendo una superficie circular, sin vinculo significativo con planos de juntas, las cuales se les llaman fallas circulares.

Entre los **conceptos básicos** se tiene lo referente:

Talud, Gonzales (2002) expresa que tanto las obras civiles y mineras demande una zona plana en un área de inclinación se tendrá que formar un talud, dicha infraestructura se realizan con pendiente pronunciada hasta tal punto aguante al terreno y que conserve un factor de seguridad aceptable.

Deslizamientos, Suarez (1998) refiere que es un movimiento de cizalla que altera una superficie o varias superficies, este dicho movimiento podría darse gradualmente significándose que no se inicia al mismo tiempo en toda la discontinuidad, los deslizamientos también pueden suscitarse debido a efectos naturales como sismos, precipitaciones y también por causa de la deforestación.

Discontinuidades, Gonzales (2002) manifiesta que es una superficie que se originó por movimientos o por sedimentos que separa la matriz en macizos rocoso.

Bordehore (2013) enfatiza que la discontinuidad en una fractura en el macizo que podría expandirse o ya lo está. estas fracturas aparecen durante la consolidación de la roca o después por causas externas.

Macizo rocoso, Rodríguez (2019) considera que es el escenario donde se encuentran distintos tipos de características estructurales (diaclasas, fallas, discontinuidades, etc.)

Pendiente, Coliente (2010) califica la pendiente como el ángulo de declive que muestra un talud, generalmente se estima en grados, a su vez es una relación entre una longitud horizontal y 1.

Sismicidad, García (2005) especifica que es un fenómeno mediante el cual se libera energía desde el interior de la corteza terrestre; concentrándose especialmente en placas tectónicas.

Meteorización, Ramírez Y Alejano (2004) indica es la modificación de las propiedades físico- químicas de las rocas expuestas a agentes climatológicos, el grado de meteorización dependerá del tipo de roca a la que esta afecte. Una roca con alto nivel de meteorización dará como resultado un material desintegrado.

Hidrogeología, Según Varas (2011) define la hidrología como una especialidad de la geofísica que estudia la formación, comportamiento y principales características del agua. al relacionar la hidrología con la ingeniería hacemos referencia a los enfoques cuantitativos, que se relacionan con los diferentes procesos en obras ingenieriles y ciencias en las que se necesite llevar un control del agua.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo se puede mejorar la estabilización de los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape?, la misma que se resolverá a lo largo de la investigación.

1.5. Justificación del estudio

Los motivos del por qué realizamos esta investigación son de carácter netamente académico, personal y técnico el motivo más importante es porque en el centro poblado de la puntilla- Chongoyape se ha notado un problema muy serio con respecto a los taludes que están aledaños a la carretera es por ello que se evaluara la inestabilidad de los taludes basándonos en estudios geotécnicos teóricos que están dadas por autores y sus clasificaciones; también realizaremos experimentaciones dando así ideas, conclusiones y recomendaciones. Por otro lado, lo personal se da gracias al interés propio del tema y dar solución, aportes e ideas que ayudará a eliminar el problema planteado y así dar beneficios a la población y a los conductores que transitan continuamente en el sector del estudio.

En cuanto a lo técnico se ha optado el método de soporte o reforzamiento de rocas porque es el más adecuado ya que es un tipo de sostenimiento activo (va de acuerdo al movimiento del talud) su principal característica es la flexibilidad y se descartó otros tipos de anclaje ya que son rígidos en la roca lo que causaría que con un movimiento podría generarse la rotura.

La **importancia** que tiene el presente trabajo de investigación es que se oriente a evaluar la inestabilidad de los taludes en La Puntilla, Chongoyape, para ello se especificara el área de la evaluación conociendo así información del lugar de estudio, también se identificarán los taludes inestables en la zona de estudio para luego determinar los lugares donde requieran el tipo de sostenimiento planteado en La Puntilla – Chongoyape.

1.6. Hipótesis

Si se propone la aplicación del cable bolting se logrará el sostenimiento de los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Proponer la aplicación del cable bolting como sistema de sostenimiento en los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento topográfico del área de estudio
- Realizar un estudio de la geología de la zona de estudio
- Describir las características del macizo rocoso
- Diseñar y ubicar los cables bolting según requerimiento de talud.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

Acorde a las cualidades y objetivos planteados este estudio pertenece al tipo cuantitativo con un diseño de investigación descriptivo-propositivo y de acuerdo con Hernández, Fernández y Batista, (2015) esta investigación está dirigida a describir la influencia y las pronunciaciones de las variables para luego proponer una alternativa de solución al problema planteado.

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1. Variables

Variable independiente: Aplicación del cable bolting.

Medina (2001) expone en el presente informe que la aplicación del cable bolting implica la unión de varios hilos de acero y lechada de cemento, los cuales son introducidos dentro de una perforación, ambos deben de soportar los esfuerzos producidos en el macizo rocoso. Con el propósito de enlazar las discontinuidades para no permitir el deslizamiento de bloques.

Variable dependiente: Sostenimiento de los taludes.

Son métodos que pueden usarse para estabilizar un talud de roca, estos incluyen la alteración de la geometría de la pendiente, la instalación de drenaje, la adición de refuerzo o el uso de combinaciones de estos métodos, es decir es la capacidad que tienen elementos de refuerzo para incrementar el factor de seguridad en un talud.

2.2.2. Operacionalización

Variable independiente	Dimensión	Indicador	Sub Indicador	Índice	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección
Aplicación de cable bolting	Técnico	Parámetros	Altura de talud	Metros	Observación	Fotometría
			Ancho de talud	Metros		GPS
			Pendiente del talud	Grados		Brújula
			Número de hilos por cable	Adimensional	Observación	Guía de observación
			Número de cables por sección	Adimensional		
			Espaciamiento longitudinal	Metros		
	Procedimientos	Perforación	Diámetro de taladro	Pulgadas	Observación	Guía de observación
			Profundidad del taladro	Metros		
			Inyección de cemento	Relación agua cemento		

Variable dependiente	Dimensión	Indicador	Sub Indicador	Índice	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección
Sostenimiento de taludes	Topografía	Levantamiento topográfico	Altura	Metros	Observación	GPS
			Coordenadas	UTM	Observación	GPS
	Geología	Geología regional	Litología	Adimensional	Observación	Formato
		Geología local	Litología	Adimensional		
	Mapeo geomecánica	Geología estructural	Pliegue	Discontinuidades de la zona	Observación	Guía de observación
			Diaclasa			
			Falla			
		Simulaciones	Buzamiento	Grados	Observación	Brújula
	Dirección de buzamiento					

	Clasificaciones geomecánicas	Clasificación de masa en pendiente SMR	RMR	Adimensional	Observación	Guía de observación
Factor de ajuste de las juntas			Adimensional			
Factor de ajuste según el método de excavación			Adimensional			

2.3 Población y muestra

2.3.1. Población

La población estuvo conformada por los taludes ubicados en la carretera Chiclayo-Chongoyape, lugar de tránsito constante que se encuentra en riesgo de deslizamiento por causa de taludes inestables.

2.3.2 Muestra y muestreo

- a) La muestra de estudio lo conformó un total de medio kilómetro de taludes que se encuentran en Km. 45+071.5 de La Puntilla, Chongoyape.
- b) Y para su elección se trabajó con el muestreo no probabilístico, específicamente con el de conveniencia en vista que en esa zona presenta muchos riesgos.
- c) Entre los criterios de selección se encuentran de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

- Presencia de riesgos.
- Inestabilidad.
- Cercano a una población o comunidad.

Criterios de exclusión:

- Zona estable
- Taludes con pendiente moderada

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la investigación se emplearon técnicas de recolección de datos tales como: técnicas documentales y técnicas de campo.

• Técnicas de investigación documental (de gabinete):

Ayudó a analizar la información documental o bibliográfica permitiendo la identificar el problema a la vez contribuir en la redacción de las teorías que se vinculan con las variables.

Se utilizaron citas textuales y de parafraseo bajo el sistema ISO690 que se obtuvieron de investigaciones que se ubicaron en repositorios.

Las fuentes de investigación fueron de tipos bibliográficas extraídos de tesis en físico y virtuales, revistas, paginas virtuales, cartas geológicas y artículos periodísticos obtenidos de los diarios El Comercio, Andina y Sin Fronteras.

• Técnicas de campo:

Este tipo de técnica ayudó a recopilar datos in situ y para ello se recurrió a la técnica de la observación sistemática.

Técnica de la observación sistemática:

Esta técnica se empleó para recoger información sobre el talud como su diaclasamiento, pendiente, estado de discontinuidades, tipo de roca apoyándonos en los instrumentos de la libreta de campo y formatos dados

1) Tabla de coordenadas:

Esta guía nos permitió obtener los datos de la ubicación exacta y así realizar el levantamiento topográfico (ver anexo 02).

2) Guía de observación para geología regional y local:

Gracias a esta guía recopilamos las unidades estratigráficas que hay en la zona de estudio, con la información que nos brinda el boletín del INGEMMET (ver anexo 03 y anexo 04)

3) Tabla SMR:

Mediante esta guía permitió saber la clasificación del macizo rocoso por lo cual obtuvimos la calidad de la roca, el estado de las discontinuidades, espaciamiento de las discontinuidades. (ver anexo 05)

4) Guía de laboratorio:

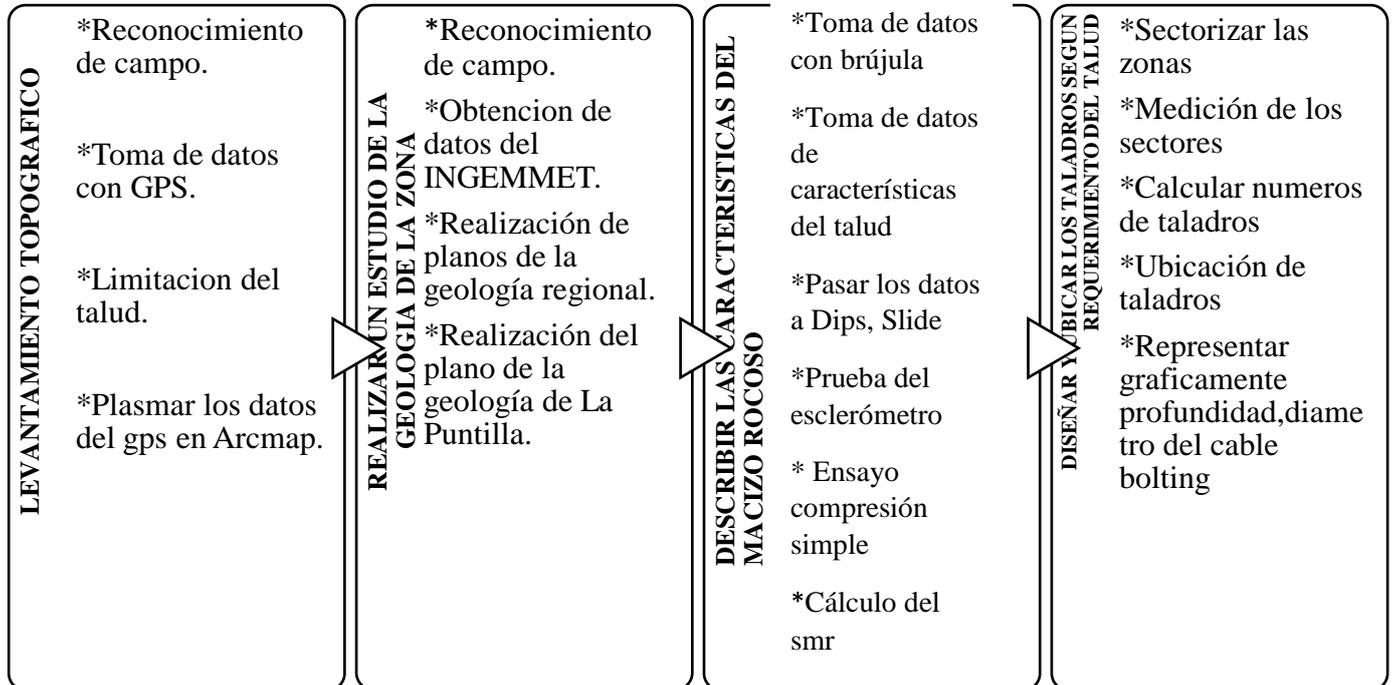
Esta guía de laboratorio nos permitió recopilar datos como esfuerzo máximo de la roca, cohesión, Angulo de fricción, resistencia de la compresión simple (ver anexo 06).

5) Guía de campo de orientación de las discontinuidades

La presente guía de campo nos ayudó a recopilar el buzamiento y la dirección de buzamiento para reconocer el área de las cuñar y las zonas más inestables del área de estudio para aplicar el cable bolting (ver anexo 07).

2.5 Procedimiento

Gráfico 2. Procedimiento de la investigación



Fuente: elaboración propia

2.6 Métodos de análisis de datos

En el trabajo de investigación, se emplearon el método analítico sintético y sistemático. El análisis de datos se apoyó en la posición del investigador de acuerdo a sus conocimientos.

- **Método analítico:** Se hizo esta investigación basada en caracterización, consiste en el desmembramiento de un todo el cual es objeto de estudio, realizando un estudio detallado de la estructura completa.
- **Método sistémico:** Es un proceso que impone una estructura correspondiente a manejo de reglas que la investigación dada, lo que permitió entender mejor un objeto de estudio, la información obtenida y ayudó a ordenar, teniendo como antecedentes tesis anteriores.

2.7 Aspectos éticos

Acorde con los principios implantados por la Universidad Cesar Vallejo y la esencia de la investigación los aspectos éticos a tener en cuenta para la investigación presentada son:

- **Manejo de fuentes de consulta:** porque en la investigación se explica todo el trabajo en base bibliográfica. Es vital que la información se muestre según las fuentes de donde se adquirió, por medio de citas no textuales que se dieron considerando lo expuesto por los especialistas.
- **Claridad en los objetivos de la investigación:** los objetivos planteados fueron considerados a partir del inicio para explicar la finalidad del trabajo de investigación.
- **Transparencia de los datos obtenidos:** la tesis presentada detalla la problemática y sus causas reales sin cambiarlos, tomando en cuenta la postura de los investigadores sin alterar los datos.
- **Profundidad en el desarrollo del tema:** el trabajo de investigación toma en consideración diferentes posiciones correspondientes al tema de investigación, recopilando nuevos datos que ayudaron en el análisis y profundidad del tema a investigar.

III. RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrará los resultados adquiridos conforme a los instrumentos relacionados a cada objetivo específico, recolectando datos con equipos especializados y apoyándonos en bases teóricas, softwares, técnicas topográficas y cartográficas para alcanzar el propósito de la investigación.

3.1 Realización de levantamiento topográfico del área de estudio

Tabla 4. Realización del levantamiento topográfico del área de estudio

PUNTO N°	COORDENADAS UTM		ALTURA	OBSERVACIÓN
	NORTE	ESTE		
1	9254343	665840	71	Punto de inicio (BM)
2	9254381	665827	86	
3	9254584	665886	109	Pie del talud (M-1)
4	9254651	665868	120	
5	9254311	665697	124	
6	9254431	665667	125	
7	9254624	665879	134	
8	9254594	665867	143	Cuerpo del talud (M-2)
9	9254570	665822	163	Cresta del talud (M-3)

Fuente: Elaboración propia

El levantamiento topográfico se efectuó mediante un GPS (Global Positioning System) de marca GARMIN el cual nos arrojó coordenadas UTM norte y este, los cuales se representan en la tabla n°1 de nuestros resultados, estas coordenadas nos ayudaron a delimitar el área de estudio de nuestra investigación.

Comenzamos tomando un punto de referencia o también llamado benchmark el cual está ubicado al pie del talud luego tomamos las coordenadas de cada nivel del talud obteniendo una altura máxima de 163 M.S.N.M. y una altura mínima de 71 M.S.N.M. Luego se trasladaron las coordenadas al programa arcgics para georreferenciar la zona de estudio obteniendo la ubicación exacta y las curvas de nivel para de este modo realizar un plano topográfico del área de estudio (Ver Anexo 3 y Anexo 4)

3.2. Realización de estudio de la geología de la zona

Tabla 5. Columba estratigráfica del departamento de Lambayeque

ERA	SISTEMA	SERIE	PISOS	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLOS	ROCAS IGNEAS	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depósito Fluvial Reciente			Constituidos por sedimentos, bloques, cantos, grava, gravilla, arena.
				Depósito Eólico Reciente			Depósito de arena fina de cuarzo y en menos proporción minerales ferromagnesianos
		HOLOCENO		Depósito Marino Reciente			Constituida por grava y gravilla sueltas y en algunos sectores por acumulaciones de arenas
				Depósito Fluvio-Aluvial			Constituidos por bloques de roca, cantos rodados,
		PLEISTOCENO		Depósito Aluvial			Este hecho de cantos rodados, grava, gravilla, arena y matriz arenolimosas.
				Depósito Marino-Lacustre			sedimentos de la Serie Holocénica; se hallan sedimentos de granulometría a fin; limos, arcillas; propias de sedimentos lagunar.
	NEOGENO	PLIOCENO MIOCENO		Depósito Coluvial			Compuesto por grandes bloques, gravas y arenas, con muy poca matriz de material fino, forma de los granulos angular.
				Depósito Aluvial Antiguo			Sedimentos de cantos, grava y arena en una matriz arcilla limosa, forma de los granulos sub angularo.
				Tablazo Talara			Sedimentos acumulados en un ambiente marino de plataforma continental, depósito de conglomerados, areniscas arcosa, matriz bioclástica.

	PALEOGENO	OLIGOCENO		Volcanico Huambos	Np-vh	Andesita	T-an	Depósitos de rocas volcánicas, está compuesto por tobas y brechas de composición ácida.	
				Volcanico Porculla	Po-vp	Dacita	T-da	Compuesta por una roca dacítica con fenocristales de plagioclasa y cuarzo en una matriz fina, color gris verdoso.	
		PALEOCENO	Volcanico Llama	Pp-vl	Pórfido Cuártifero	T-pc	Compuesto por andesitas, dacitas y piroclásticas que afloran irregularmente.		
	MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR		Volcánico Licurnique	Ks-vl	Piroxenita Granodiorita	Ks-px Kti-gd	Compuesta por flojos piroclásticos con líticos de esquistos y cuarcitas blancas, en una matriz de ceniza muy compacta.
					PALEOSOICO	MEDIO	Cenomaniaco-Aptiana	Grupo Pullucan y Quilquiñan	Kt-m-p-q
		Diorita	Kti-di						

			Albiano	Formaciones Inca, Chúlec y Pariatambo		Adamelita		
						Tonalita		Formación inca consiste en areniscas y lutitas.
						Gabro		
						Granitoideos		
	JUÁSICO	INFERIOR	Neocamiana - Aptiana	Grupo Goyllarisquizga				Secuencia de cuarcitas blanquecinas y marrones de grano medio a grueso de ambiente eólico y fluvial.
								Constituidas por lutitas, niveles de areniscas cuarzosas, conglomerados.
		SUPERIOR	Berrisiano-Titoniano	Formación Tinajones				
	JUÁSICO	MEDIO	Oxfordiana	Volcánico Oyotún				Lavas de andesitas y dacitas.
		INFERIOR	Pliensbachiano-Toarciano	Formación Savila				Constituidas por areniscas de grano grueso a medio, gris plomizas a gris verdosas

	TRIÁSICO	SUPERIOR	Noriano-Sinemuriano	Formación La Leche	Tr-H		Secuencia de areniscas de grano fino, calizas negras bituminosas silificadas con fósiles.
	PERMICO	SUPERIOR		Grupo Mitu	Ps-m		Consiste en una secuencia de capas rojas intercaladas con conglomerados finos.
	ORDOVICIANO	INFERIOR		Formación Salas	Pi-s		Compuestos por filitas, tobas pizarrosas, esquistos.
				Complejo Olmos	Pi-co		Fulitas negras con niveles de cuarcitas gris negruscas a blanquecinas del ambiente marino

Fuente: Gobierno Regional de Lambayeque.

Geología regional y local

Lambayeque es un departamento con una columna estratigráfica con unidades litológicas comprendidas entre las eras del paleozoico, mesozoico y cenozoico, estas a su vez están ligada a diferentes fenómenos geológicos tanto de sedimentación como de deformación, lo cual dio como consecuencia una superficie con presencia de erupciones volcánicas y numerosas fallas y pliegues. Debido al efecto de la meteorización el relieve es netamente sedimentario con presencia de afloraciones en las rocas.

Actualmente el relieve de Lambayeque es producto de dos procesos geológicos (Neotectónica y geodinámica), y está constituido por depósitos cuaternarios (holoceno y pleistoceno), lo cual dio formación a un plano paralelo a la costa, este plano está formado por depósitos detríticos intercalados (marino, eólico, fluvial y aluvial) (Ver Anexo 5 y Anexo 6).

Tabla 6. Descripción de las formaciones geológicas existentes en el departamento de Lambayeque.

FORMACIÓN GEOLÓGICAS	DISTRITOS	DESCRIPCIÓN
Dunas, mantos y corredores	Chérrepe, Ucupe, Mocupe, Puerto Eten, ciudad Eten, Jayanca, salas, motupe, olmos	Formado por meteorización eólica
Colinas de arena	Desierto de morrope, parte del desierto de sechura	
Grava, arenas, matriz limo arcillosa	Zaña, Chancay - Reque, La Leche, Salas, Motupe, Jayanca, Olmos, Cascajal, San Cristóbal	Depósitos fluvio-aluviales de los cauces de valles cercanos
Planicies	Mórrope, Jayanca, Motupe, Olmos y confluencia de los ríos Cascajal, San Cristóbal e Insculas.	Depósitos aluviales

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Geología local de Chongoyape

CRONOESTRATIGRAFÍA			LITOESTRATIGRAFÍA	
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION LITOLÓGICA
Mesozoico	Triásico	Superior	Formación La Leche Tr-l	Areniscas y calizas
Mesozoico	Cretáceo	Medio	Formaciones incas, Chulec Kti-to	Compuesto por tonalita
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Grupo Goyllarisquizca Ki-g	Secuencias de cuarcita
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Deposito aluvial Qr-al	Compuesto por sedimentos y grava
Mesozoico	Jurásico	Medio	Volcánico Oyotun J-vo	Compuesto por andesitas y lacitas

Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Geología de la zona de estudio La Puntilla, Chongoyape

CRONOESTRATIGRAFÍA			LITOESTRATIGRAFÍA	
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION LITOLÓGICA
Mesozoico	Cretáceo superior	Superior	volcánico licurnique Kti-gd	Compuesto por piroxenita y granodeorita

Fuente: elaboración propia

3.3 Descripción de las características geomecánicas del macizo rocoso

Tabla 9. Datos tomados con el esclerómetro

LECTURA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	ORDENADO	LECTURA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	ORDENADO
1	73	65	1	75	72
2	70	66	2	72	73
3	66	68.5	3	76	74
4	71	70	4	77	75
5	71.5	71	5	75	75
6	75.5	71.5	6	75.5	75
7	76	73	7	74	75.5
8	68.5	75.5	8	73	76
9	76	76	9	75	76
10	65	76	10	76	77
Prom.	71.125 MPa	71.125MPa	Prom.	74.85MPa	74.85MPa

Fuente: elaboración propia

El presente ensayo del esclerómetro se realizó en dos rocas de distintas secciones del talud para calcular su resistencia a la compresión simple su proceso de medición mediante el martillo de Schmidt consta de colocar el punzón de impacto sobre la superficie de la roca empujándola lo que da lugar a que se almacene energía en el interior del esclerómetro que se libera automáticamente cuando esa energía elástica alcanza el nivel máximo y rebota contra la muestra de roca donde nos arrojó la dureza y por tanto la resistencia a la compresión simple en mega pascales, esto lo realizamos 10 veces por cada muestra de roca del talud y luego se promedió para un resultado más exacto

SMR

Tabla 10. Resistencia a la compresión simple

Resistencia a la compresión simple(MPa)	>250	250-100	100-50	50-25
	15	12	7	4

Fuente: elaboración propia

Realizamos este ensayo a compresión simple en el laboratorio de mecánica de rocas sometiendo el testigo perforado a una fuerza uniaxial dándonos como resultado una compresión simple de 86 MPa por lo cual le corresponde la valoración 7.

Tabla 11. Cálculo del RQD

RQD	100-90	90-75	75-50	50-25	<25
	20	17	13	8	3

Fuente: elaboración propia

$$RQD = 115 - 3.3jv$$

$$RQD = 100 - 3.3(4)$$

$$RQD = 86.8$$

En este estudio no se contó con perforación in situ por lo que se hizo imposible calcular el RQD mediante la fórmula de longitudes sin embargo aplicamos la fórmula de número de fisuras por metro cúbico, este dato lo obtuvimos estudiando la cara del talud y suponiendo que esas fisuras tenían un metro de profundidad a más y así conocimos el (jv). En gabinete el RQD nos arrojó de 86.6 con valoración 17.

Tabla 12. Separación de las juntas

Separación entre juntas(mm)	>2000	2000-600	600-200	200-60	<60
	20	15	10	8	5

Fuente: elaboración propia.

En el macizo rocoso se observó que las juntas tienen una separación de 60 a más centímetros por lo cual le corresponde la valoración de 15.

Tabla 13. Estado de las juntas

Estado de las juntas.	Muy rugosas no continuas cerradas, bordes sanos	Algo rugosas. Separación < 1m Bordes algo meteorizados	Algo rugosas Separación < 1mm Bordes muy meteorizados	Espejos de falla < 5mm Relleno < 5mm Separación 1-5mm continuas	Relleno blanco > 5mm Separación > 5mm continuas
	30	25	20	10	0

Fuente: elaboración propia

En el campo se observó que las discontinuidades están rellenas con sedimentos producto de las lluvias menor a 5mm.

Tabla 14. Flujo de agua en las juntas

Flujo de agua en las juntas	secas	Ligeramente humedad	húmedas	goteando	fluyendo
	15	10	7	4	0

Fuente: elaboración propia

En La Puntilla se encontró las discontinuidades y juntas con humedad ya que ocurren lluvias constantes por esa zona y esto se intensifica en las épocas de verano cuando las lluvias incrementan en los distritos de patapo y Chongoyape por lo cual en las tablas de flujo le corresponde juntas húmedas con valoración de 7.

Estos índices de corrección son 4 los tres primeros son sub índices que dependerán de la orientación de las discontinuidades y el buzamiento del talud y el cuarto factor de corrección depende del método de excavación utilizado.

Tabla 15. Paralelismo de las discontinuidades

Fuente: elaboración propia

El ángulo entre los rumbos de las discontinuidades encontradas en el talud es mayor a 30° por lo cual le corresponde una valoración de 0.15.

F1	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00

Tabla 16. Buzamiento de las discontinuidades

F2	>20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00

Fuente: elaboración propia

Los buzamientos de las discontinuidades de rotura plana son mayores a 45° por lo cual tiene una valoración de 1.

Tabla 17. Relación del buzamiento de la discontinuidad y del talud

F3	>10°	10°-0°	0°	0°-(-10°)	<(-10°)
	<110°	110°-120°	>120°	-	-
	0	-6	-25	-50	-60

Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Factor según el método de explotación

Factor de ajuste por método de excavación (F4)	Talud natural	precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
	+15	+10	+8	0	-8

Fuente: elaboración propia

En el talud de La Puntilla es un talud modificado con voladuras normales que afectaron la estabilidad para realizar una carretera y debido a esto según las tablas de factor de corrección le corresponde una valoración de 0.

$$SMR = RMR + (F1XF2XF3) + F4$$

$$SMR = 51 + (0.15X1X - 6) + 0$$

$$SMR = 50.1$$

Tabla 19. Tabla de general de clasificación geomecánica SMR

Clases de estabilidad					
Clase	V	IV	III	II	I
SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Descripción	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente inestable	Buena	Muy buena
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas y grandes cuñas	Algunos bloques	Ninguno
Tratamientos	Re-excavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del smr primero se sacó un rmr básico que dio como resultado de 51 y más los factores de corrección para taludes nos arrojó un valor de 50.1 que en el cuadro de smr nos quiere decir que pertenece a una estabilidad media parcialmente inestable con algunas juntas o discontinuidades y grandes cuñas y este resultado lo podemos ratificar en campo donde podemos observar una gran cuña y juntas existentes que harían del talud inestable, en esta tabla dada nos quiere decir que para un smr de 50.1 necesita un tratamiento o reforzamiento sistemático activo por lo cual lo planteado es correcto de que el cable bolting es lo óptimo para este tipo de macizo rocoso.

Diagnóstico de las discontinuidades

Se llevó a cabo la recopilación de datos de las discontinuidades existentes en los taludes de la zona de estudio, específicamente en el kilómetro 45+071.5, donde se mapeo un total de medio kilómetro de talud. El primer paso para realizar este objetivo fue seccionar el talud en estudio en tres partes con la finalidad de conseguir datos más acertados; el segundo paso fue la toma de datos por sección

con la brújula con la finalidad de obtener la dirección del buzamiento y buzamiento, donde se obtuvieron un total de 100 datos. Como tercer paso utilizamos el paquete Roscience, específicamente el software Dips v6.008 en el cual pasamos estos datos conseguidos con la finalidad de analizar y conocer las principales familias, la concentración y distribución de las discontinuidades.

Factor de seguridad:

El factor de seguridad hallado en el lugar de estudio se obtuvo gracias al software slide donde se ingresaron datos como las de carga máxima aplicada, tipo de roca, condición de agua en el talud y tipo de talud donde nos dio como resultado un factor de seguridad de 0.318 por lo cual se deduce que es un talud altamente inestable que requiere de un reforzamiento o sostenimiento que permita la integridad de las masas rocosas. (ver anexo 12 y anexo 13)

luego se simulo un factor de seguridad con el cable bolting ya instalado en dicho talud y el factor de seguridad subió a 1.87 esto es un principio básico intuitivo que al no haber refuerzo el factor de seguridad es bajo y que al ver refuerzo el factor de seguridad incrementara (ver anexo 114)

Tabla 20. *Tabla de orientación de las discontinuidades en los taludes en el kilómetro 45+071.5.*

Nº	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	Nº	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO
1	63	82	26	35	350
2	77	83	27	67	275
3	55	85	28	68	277
4	56	87	29	69	272
5	61	86	30	66	270
6	72	86	31	64	271
7	67	72	32	66	277
8	69	73	33	67	275
9	67	75	34	68	274
10	68	75	35	71	276
11	67	76	36	70	271
12	66	77	37	68	275
13	76	122	38	69	266
14	66	121	39	66	261
15	75	119	40	62	269
16	77	115	41	72	268
17	65	75	42	73	262
18	77	121	43	74	263
19	63	65	44	64	270
20	63	271	45	25	328
21	66	274	46	63	334
22	67	275	47	24	326
23	71	262	48	59	82
24	68	273	49	60	321
25	34	342	50	54	330

N°	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	N°	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO
51	29	351	76	28	328
52	33	346	77	32	333
53	35	347	78	30	332
54	30	344	79	31	334
55	32	354	80	32	335
56	31	353	81	31	335
57	28	349	82	31	331
58	36	341	83	29	328
59	38	356	84	28	324
60	39	352	85	29	329
61	35	347	86	26	331
62	31	354	87	27	328
63	32	355	88	28	330
64	36	339	89	29	327
65	45	330	90	30	327
66	24	325	91	27	332
67	51	248	92	48	260
68	52	246	93	46	256
69	20	328	94	22	326
70	23	324	95	23	327
71	24	327	96	48	259
72	21	328	97	45	253
73	21	330	98	44	258
74	46	255	99	42	255
75	47	256	100	41	253

Fuente: Elaboración propia

Al ingresar a Dips este nos muestra un interfaz que se caracteriza por presentar una hoja con un cuadro de datos que tiene tres ítems en el encabezado (id, dip y dip direction). Los 100 datos anteriormente mostrado en la Tabla N°14 se ingresaron al software Dips v6.008, los cuales al ser analizados por el software nos ofrece varios planos de las orientaciones de las discontinuidades en distintas hojas, las cuales se muestran y se describen a continuación:

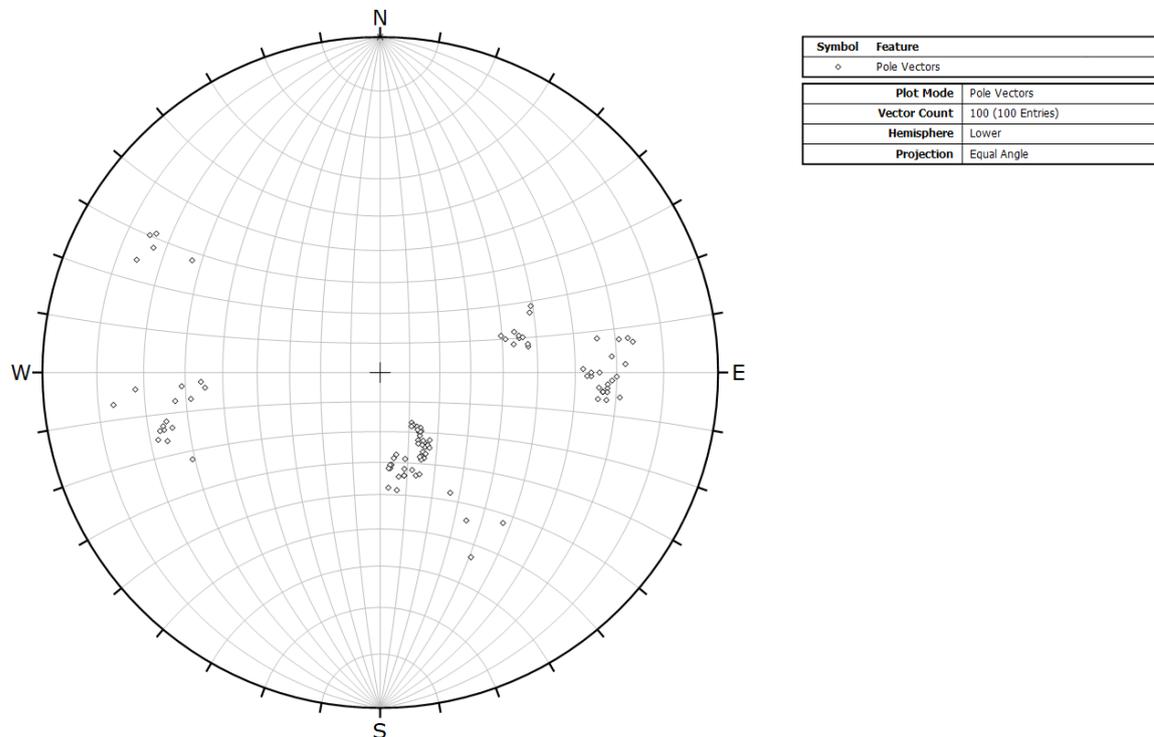
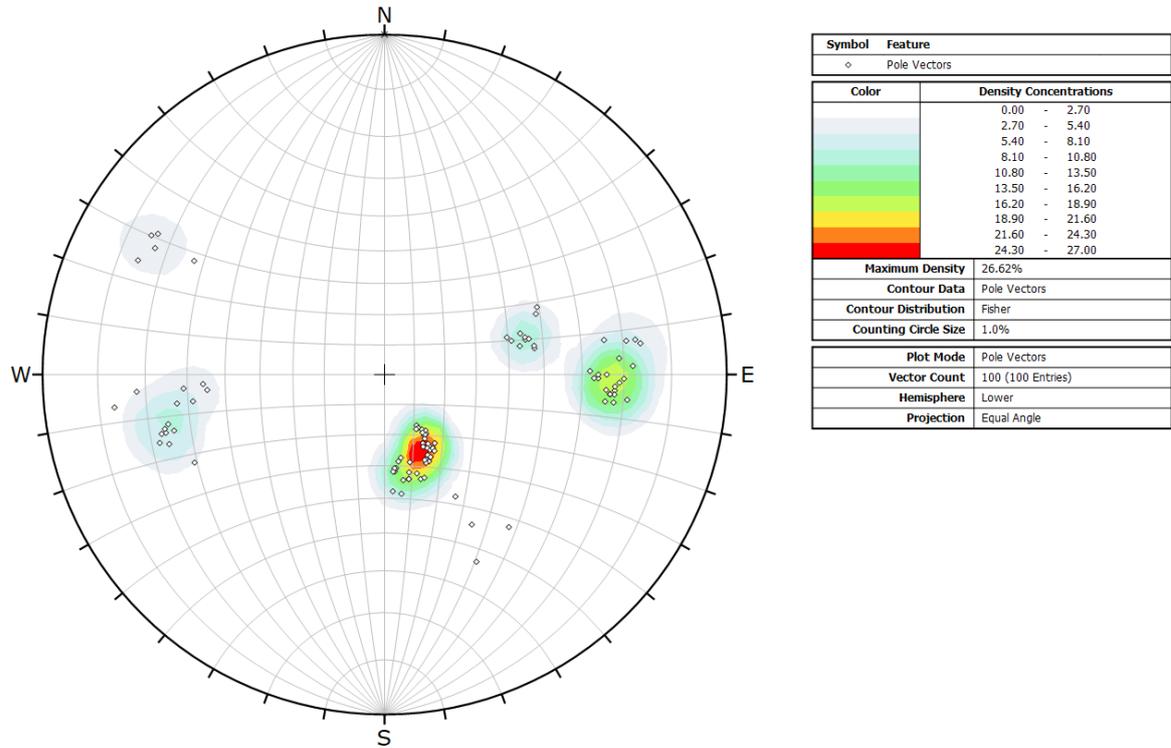


Gráfico 3. Trazado de polos de las discontinuidades mapeadas en el Km. 45+071.5 carretera a Chongoyape - Chiclayo.

Fuente: Software Dips

En esta imagen se puede apreciar una gráfica básica de los datos analizados por el software Dips, nos muestra su estereografía de acuerdo a la orientación de los polos graficados planos.

Gráfico 4. Trazado de los contornos con respecto a la ubicación de las discontinuidades.



Fuente: Software Dips

Esta imagen muestra el trazado de contorno de las discontinuidades lo que significa la concentración de polos, lo que muestra la leyenda son los colores que varían según su densidad de concentración.

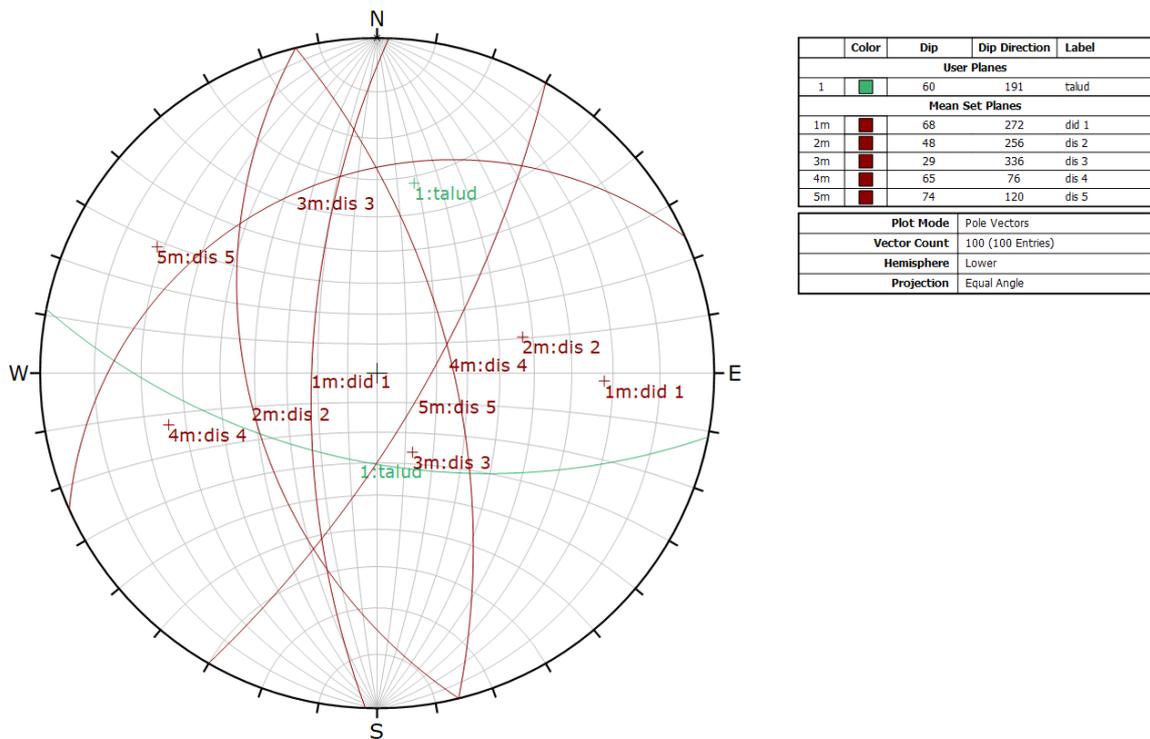


Gráfico 5. Trazado de planos principales.

Fuente: Software Dips

En esta imagen se puede ver de una forma más clara la estereografía de los principales planos, sin las opciones anteriores (contornos y polos). En la leyenda se observan sus respectivas orientaciones con su dip y dip direction.

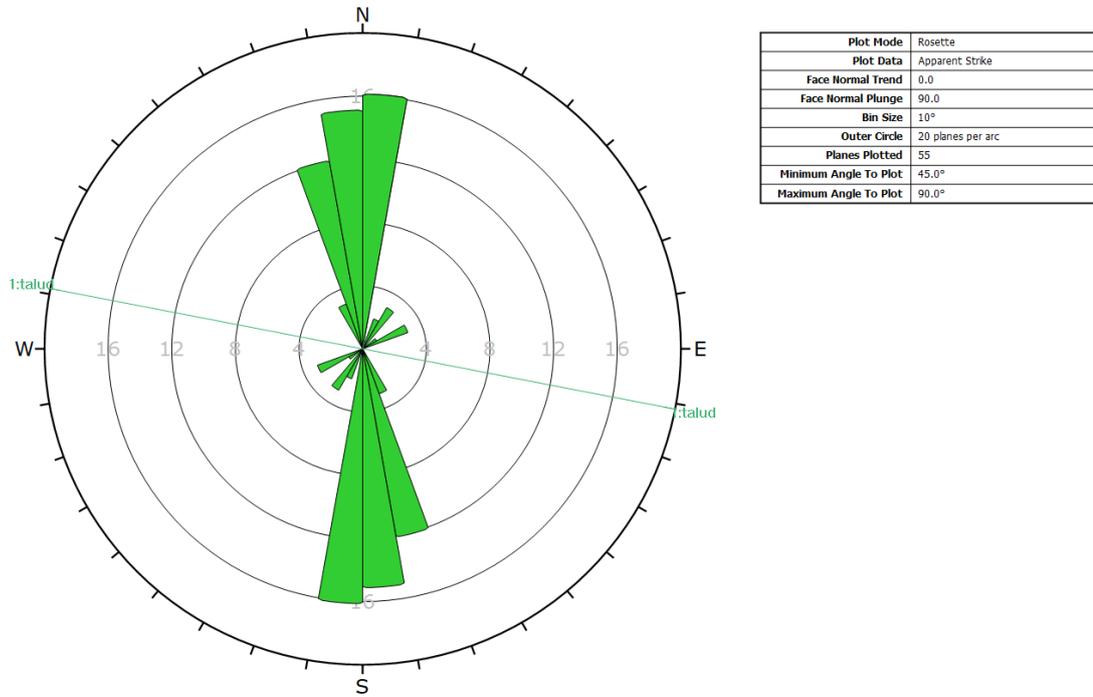


Gráfico 6. Diagrama de roseta de las orientaciones.

Fuente: Software Dips

En esta imagen que tiene la forma de un histograma, pero redondo, se verifica la dirección de las discontinuidades. La dirección que predomina es la Norte-Sur y en menor escala la dirección Norte-Este y Sur-Oeste.

3.4 Diseño y ubicación de los cables bolting en el talud.



Imagen 2. Discontinuidades más importantes del talud de estudio.

Fuente: Google Earth Pro

Esta imagen obtenida mediante Google Earth pro nos muestra claramente las discontinuidades más importantes en el talud de La Puntilla gracias a estas discontinuidades pronunciadas se seccionó el talud en 4 zonas, permitiendo un mejor entendimiento de como irán colocados los taladros en estas 4 secciones y como serán distribuidos dependiendo de factores de la roca como su tamaño del bloque y extensión de la discontinuidad.

Estas secciones están divididas por discontinuidades representadas de diferentes colores la sección uno está representado por la discontinuidad de color rojo la sección 2 por las dos discontinuidades de color azul y amarillo, la sección 3 por la discontinuidad de color verde y turquesa y por último la sección 4 que está representada por la discontinuidad de color morado.

Considerando los resultados del análisis de campo, se ha elaborado un diseño de sostenimiento con cables bolting para la estabilidad del talud de La Puntilla dependiendo de las discontinuidades en partes del talud que requieran este soporte activo.

En el talud de La Puntilla, es posible concretar sostenimiento activo a través de Cables Bolting. para ello se realizó la distribución de cables y seccionamiento

del talud. Mediante la vista isométrica se observa las discontinuidades más importantes del talud que requieren el cable bolting para maximizar el factor de seguridad.

Imagen 3. Vista de las discontinuidades más importante de la zona de estudio.



Fuente: Global maper

Estas representaciones rojas y azules mostradas en la imagen 2, son grietas superficiales causadas por la erosión del agua que recorre en las épocas de lluvia las cuales aumentan la inestabilidad y podemos notar que están relacionadas a las secciones de donde se realizará el sostenimiento con cable bolting.

Para el diseño primero se calculó la cantidad de cables bolting que tendría que ir para que resista la magnitud de la masa rocosa a sostener por lo tanto primero se calculó la magnitud de la masa rocosa multiplicando su volumen por la densidad de la granodiorita que es de 2.6 y luego se calculó la resistencia de cada cable por toneladas con lo cual nos dio como resultado una resistencia por cable de 220 tn.

Para el calculo de lechada de cemento en el taladro se calculo el volumen por cada taladro vacio y se resto con el volumen de los dos cables bolting que ingresarian en el taladro obteniendo un volumen restante que sera ocupado por la lechada de cemento, dicha lechada de cemento tendra una relacion cemento-agua de 42.5kg de cemento portland tipo V tendria que añadirse 17lt de agua (2.5kg:1lt).

Tabla 21. *Consideraciones para el diseño*

Resistencia por cable	220 Tn
Relación agua/cemento	17lt/1bolsa
Masa rocosa	Volumen x Densidad
Densidad de la granodiorita	2.6 gr/cm
Orientacion de taladros	Perpendicular a discontinuidad

Fuente: elaboración propia

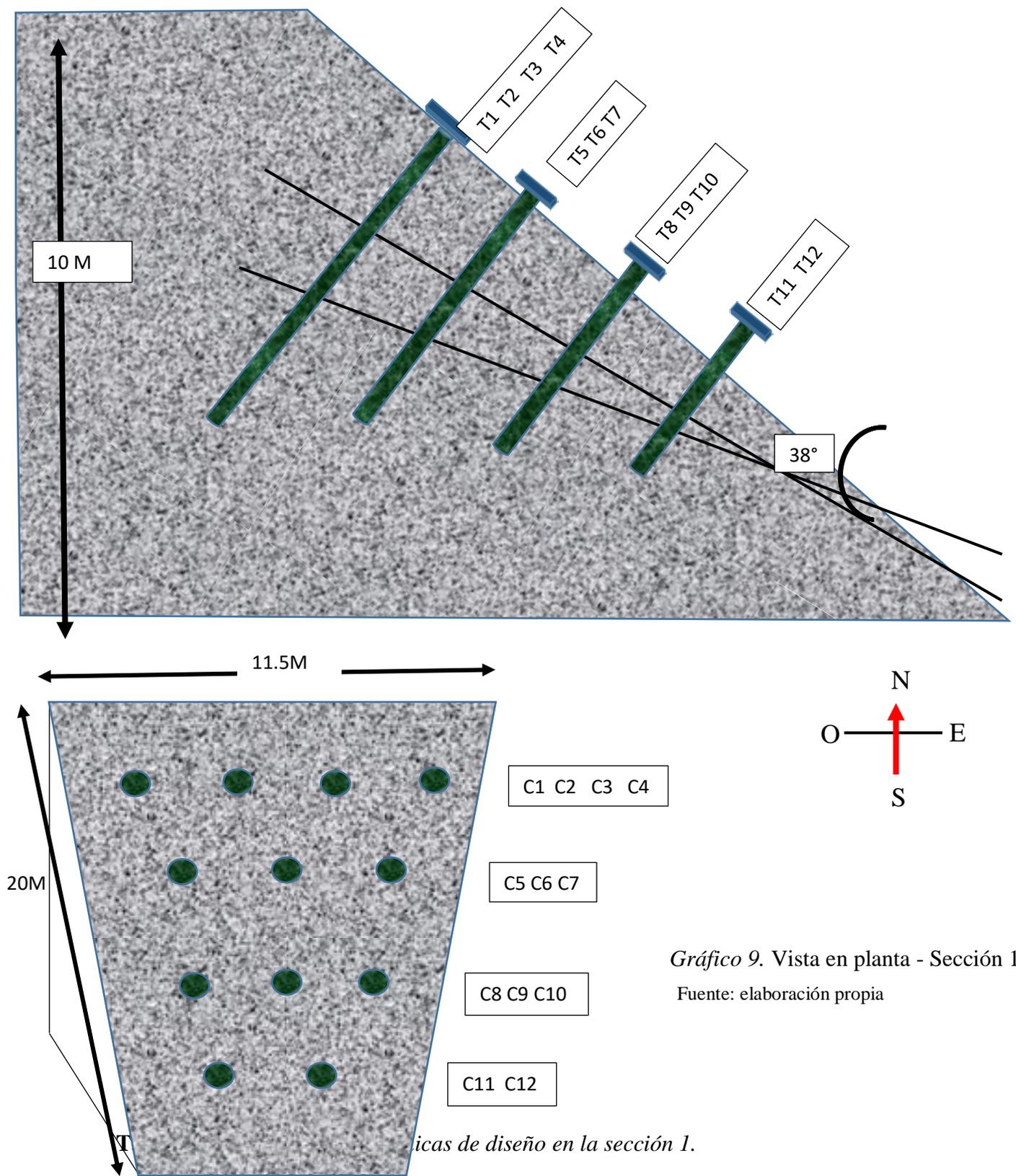
3.4.1 Sección 1 del talud:

Imagen 4. Primera sección del talud



Fuente: Google Earth Pro

En esta sección se calculó una magnitud de la masa rocosa de 5200 toneladas y resistencia por cada cable de 220tn, dividiendo nos da como resultado 23.63 cables redondeando nos da como resultado 24 cables que necesita esta sección, es una de las más pequeñas por lo cual se realizaría 12 taladros ya que a cada taladro le correspondería 2 cables con un diámetro de cable de 5/8". Estos taladros están diseñados de forma que forme un anticucho con las discontinuidades con ángulos de taladro de 81° a 86° con dirección de sur a norte. (Ver Gráficos 8 y 9)



Fuente: elaboración propia

Cable	Diámetro de cable(pulg)	Diámetro de taladro(pulg)	Profundidad(m)	N° de hilos	Cables por taladro
T1	5/8"	2.5"	7	7	2
T2	5/8"	2.5"	7	7	2
T3	5/8"	2.5"	7	7	2
T4	5/8"	2.5"	7	7	2
T5	5/8"	2.5"	5	7	2
T6	5/8"	2.5"	5	7	2
T7	5/8"	2.5"	5	7	2
T8	5/8"	2.5"	4	7	2
T9	5/8"	2.5"	4	7	2
T10	5/8"	2.5"	4	7	2
T11	5/8"	2.5"	3	7	2
T12	5/8"	2.5"	3	7	2

Tabla 23. Cuadro de volúmenes para el taladro

Taladro	VOLUMEN T VACIO	VOLUMEN C	CEMENTO(KG)
T1	0.022098	0.00554	23
T2	0.022098	0.00554	23
T3	0.022098	0.00554	23
T4	0.022098	0.00554	23
T5	0.015784	0.00395	16
T6	0.015784	0.00395	16
T7	0.015784	0.00395	16
T8	0.012627	0.00316	13
T9	0.012627	0.00316	13
T10	0.012627	0.00316	13
T11	0.009470	0.00237	9
T12	0.009470	0.00237	9

Fuente: elaboración propia

3.4.2 Sección 2 del talud



Imagen 5. Segunda sección del talud

Fuente: Google Earth Pro

En esta sección se calculó una magnitud de la masa rocosa de 10782.2 toneladas y resistencia por cada cable de 220tn, dividiendo nos da como resultado 49.8 cables que necesita esta sección, se realizaría 25 taladros ya que a cada taladro le correspondería 2 cables con un diámetro de cable de 5/8". Estos taladros están diseñados de forma que forme un anticucho con las discontinuidades con ángulos de taladro de 83° a 87° con dirección sur a norte. (ver gráfico 10 y 11)

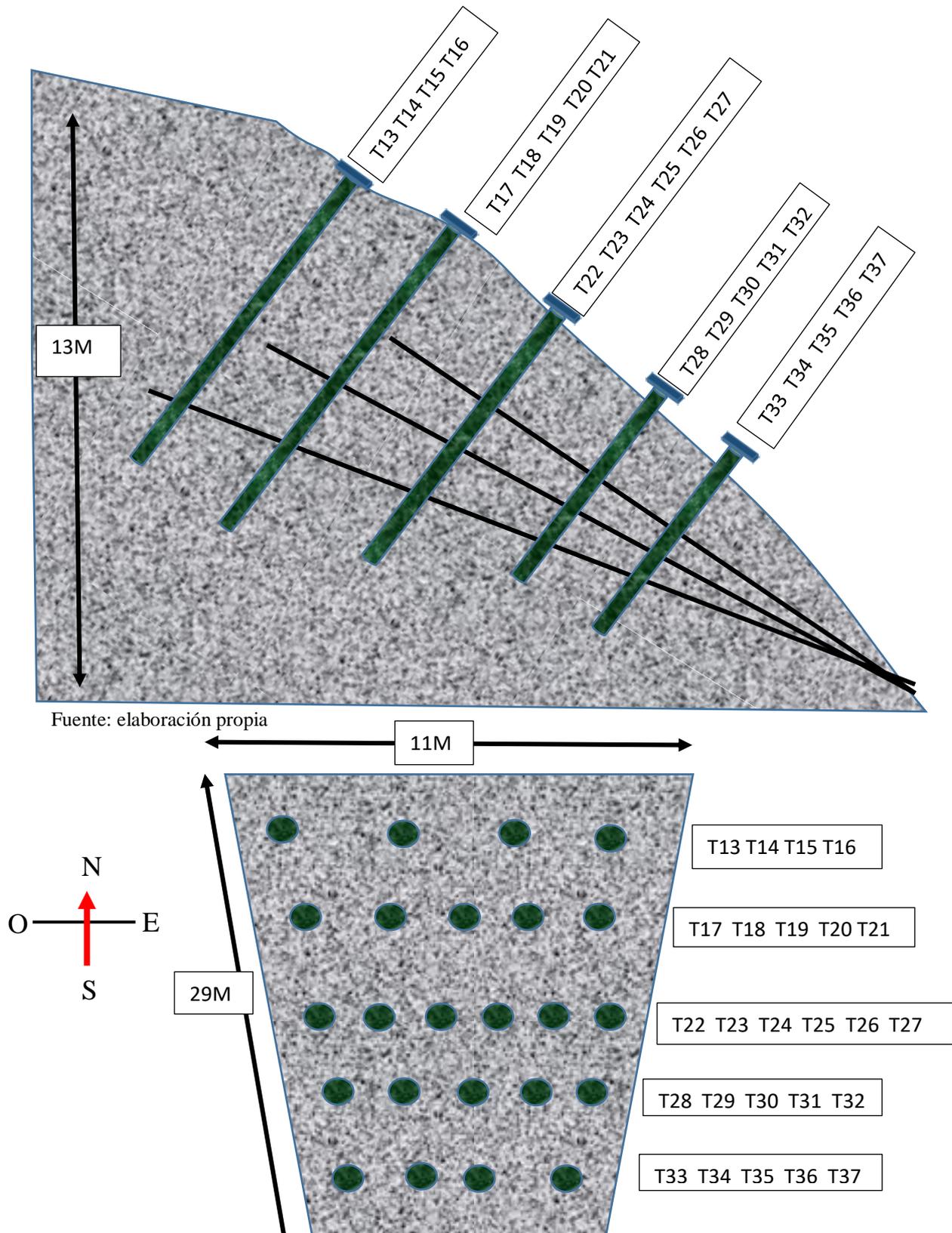


Gráfico 11. Vista en planta - Sección 2.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. *Especificaciones técnicas de diseño en la sección 2.*

Cable	Diámetro de cable(pulg)	Diámetro de taladro(pulg)	Profundidad(m)	Nº de hilos	Cables por taladro
T13	5/8"	2.5"	10	7	2
T14	5/8"	2.5"	10	7	2
T15	5/8"	2.5"	10	7	2
T16	5/8"	2.5"	10	7	2
T17	5/8"	2.5"	10	7	2
T18	5/8"	2.5"	10	7	2
T19	5/8"	2.5"	10	7	2
T20	5/8"	2.5"	10	7	2
T21	5/8"	2.5"	10	7	2
T22	5/8"	2.5"	6	7	2
T23	5/8"	2.5"	6	7	2
T24	5/8"	2.5"	6	7	2
T25	5/8"	2.5"	6	7	2
T26	5/8"	2.5"	6	7	2
T27	5/8"	2.5"	6	7	2
T28	5/8"	2.5"	4	7	2
T29	5/8"	2.5"	4	7	2
T30	5/8"	2.5"	4	7	2
T31	5/8"	2.5"	4	7	2
T32	5/8"	2.5"	4	7	2
T33	5/8"	2.5"	2.5	7	2
T34	5/8"	2.5"	2.5	7	2
T35	5/8"	2.5"	2.5	7	2
T36	5/8"	2.5"	2.5	7	2
T37	5/8"	2.5"	2.5	7	2

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. *Volumen para los taladros de la sección 2*

Taladro	VOLUMEN T VACIO	VOLUMEN C	CEMENTO(KG)
T13	0.031569	0.007917	34
T14	0.031569	0.007917	34
T15	0.031569	0.007917	34
T16	0.031569	0.007917	34
T17	0.031569	0.007917	34
T18	0.031569	0.007917	34
T19	0.031569	0.007917	34
T20	0.031569	0.007917	34
T21	0.031569	0.007917	34
T22	0.018941	0.004750	20
T23	0.018941	0.004750	20
T24	0.018941	0.004750	20
T25	0.018941	0.004750	20
T26	0.018941	0.004750	20
T27	0.018941	0.004750	20
T28	0.012627	0.003166	13
T29	0.012627	0.003166	13
T30	0.012627	0.003166	13
T31	0.012627	0.003166	13
T32	0.012627	0.003166	13
T33	0.007892	0.001979	8
T34	0.007892	0.001979	8
T35	0.007892	0.001979	8
T36	0.007892	0.001979	8
T37	0.007892	0.001979	8

Fuente: elaboración propia

3.4.3 Sección 3 del talud:



Imagen 6. Tercera sección del talud

Fuente: Google Earth Pro

En esta sección se calculó una magnitud de la masa rocosa de 16005.6 toneladas y resistencia por cada cable de 220tn, dividiendo nos da como resultado 73.4 cables redondeando nos da como resultado 74 cables que necesita esta sección, se realizaría 37 taladros ya que a cada taladro le correspondería 2 cables con un diámetro de cable de 5/8". Estos taladros están diseñados de forma que forme un anticucho con las discontinuidades con ángulos de taladro de 80° a 85° con dirección sur a norte.

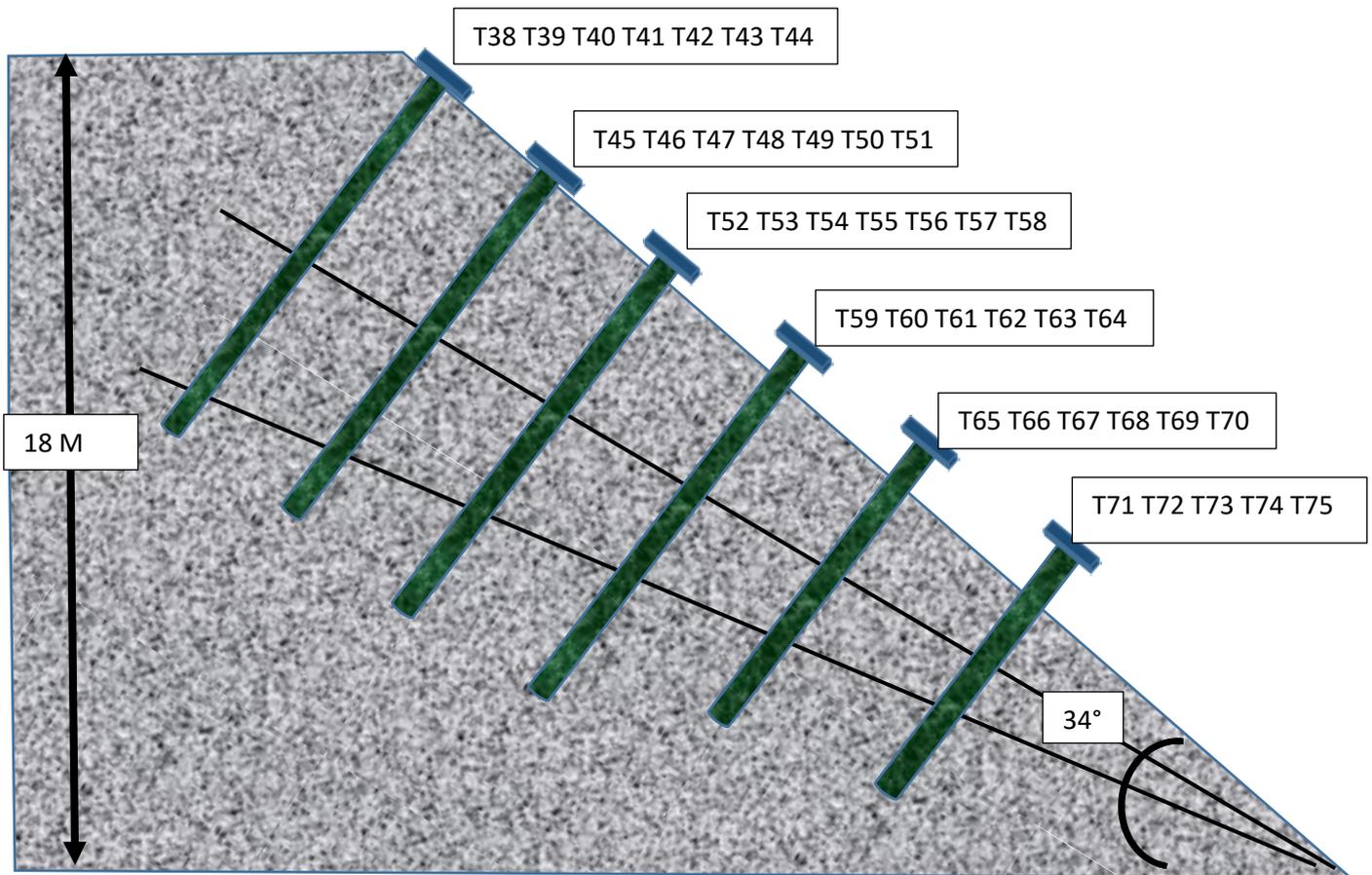


Gráfico 12. Vista lateral - Sección 3

Fuente: elaboración propia

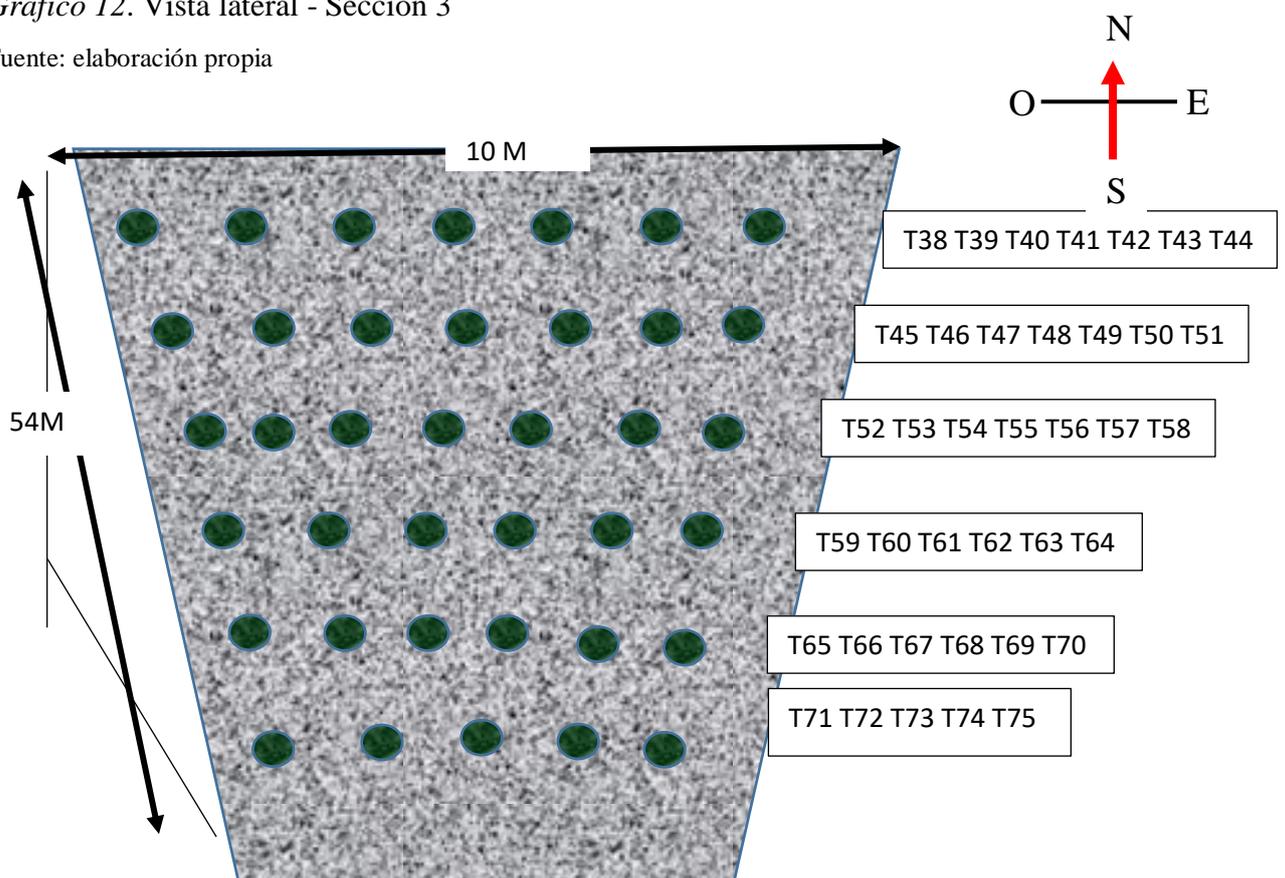


Gráfico 13. Vista en planta - Sección 3

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Especificaciones técnicas de diseño en la sección 3.

Cable	Diámetro de cable(pulg)	Diámetro de taladro(pulg)	Profundidad(m)	N° de hilos	Cables por taladro
T38	5/8"	2.5"	12	7	2
T39	5/8"	2.5"	12	7	2
T40	5/8"	2.5"	12	7	2
T41	5/8"	2.5"	12	7	2
T42	5/8"	2.5"	12	7	2
T43	5/8"	2.5"	12	7	2
T44	5/8"	2.5"	12	7	2
T45	5/8"	2.5"	10	7	2
T46	5/8"	2.5"	10	7	2
T47	5/8"	2.5"	10	7	2
T48	5/8"	2.5"	10	7	2
T49	5/8"	2.5"	10	7	2
T50	5/8"	2.5"	10	7	2
T51	5/8"	2.5"	10	7	2
T52	5/8"	2.5"	7	7	2
T53	5/8"	2.5"	7	7	2
T54	5/8"	2.5"	7	7	2
T55	5/8"	2.5"	7	7	2
T56	5/8"	2.5"	7	7	2
T57	5/8"	2.5"	7	7	2
T58	5/8"	2.5"	7	7	2
T59	5/8"	2.5"	7	7	2
T60	5/8"	2.5"	7	7	2
T61	5/8"	2.5"	7	7	2
T62	5/8"	2.5"	7	7	2
T63	5/8"	2.5"	7	7	2
T64	5/8"	2.5"	7	7	2
T65	5/8"	2.5"	5	7	2
T66	5/8"	2.5"	5	7	2

T67	5/8"	2.5"	5	7	2
T68	5/8"	2.5"	5	7	2
T69	5/8"	2.5"	5	7	2
T70	5/8"	2.5"	5	7	2
T71	5/8"	2.5"	3	7	2
T72	5/8"	2.5"	3	7	2
T73	5/8"	2.5"	3	7	2
T74	5/8"	2.5"	3	7	2
T75	5/8"	2.5"	3	7	2

Fuente: elaboración propia

Tabla 27. *Volumen para los taladros de la sección 3*

Taladro	VOLUMEN T VACIO	VOLUMEN C	CEMENTO(KG)
T38	0.023561	0.00950	20
T39	0.023561	0.00950	20
T40	0.023561	0.00950	20
T41	0.023561	0.00950	20
T42	0.023561	0.00950	20
T43	0.023561	0.00950	20
T44	0.023561	0.00950	20
T45	0.019634	0.00791	16
T46	0.019634	0.00791	16
T47	0.019634	0.00791	16
T48	0.019634	0.00791	16
T49	0.019634	0.00791	16
T50	0.019634	0.00791	16
T51	0.019634	0.00791	16
T52	0.022098	0.00554	23
T53	0.022098	0.00554	23
T54	0.022098	0.00554	23

T55	0.022098	0.00554	23
T56	0.022098	0.00554	23
T57	0.022098	0.00554	23
T58	0.022098	0.00554	23
T59	0.022098	0.00554	23
T60	0.022098	0.00554	23
T61	0.022098	0.00554	23
T62	0.022098	0.00554	23
T63	0.022098	0.00554	23
T64	0.022098	0.00554	23
T65	0.015784	0.00395	16
T66	0.015784	0.00395	16
T67	0.015784	0.00395	16
T68	0.015784	0.00395	16
T69	0.015784	0.00395	16
T70	0.015784	0.00395	16
T71	0.009470	0.00237	9
T72	0.009470	0.00237	9
T73	0.009470	0.00237	9
T74	0.009470	0.00237	9
T75	0.009470	0.00237	9

Fuente: elaboración propia

3.4.4. Seccion 4 del talud:

Imagen 7. Cuarta sección del talud



Fuente: Google Earth Pro

En esta seccion se calculo una magnitud de la masa rocosa de 5678.4toneladas y resistencia por cada cable de 220tn,dividiendo nos da como resultado 28cables que necesita esta seccion, se realizaria 14 taladros ya que a cada taladro le corresponderia 2 cables con un diametro de cable de 5/8". Estos taladros estan diseñados de forma que forme un anticucho con las discontinuidades con angulos de taladro de 80° a 87° con direccion sur a norte.

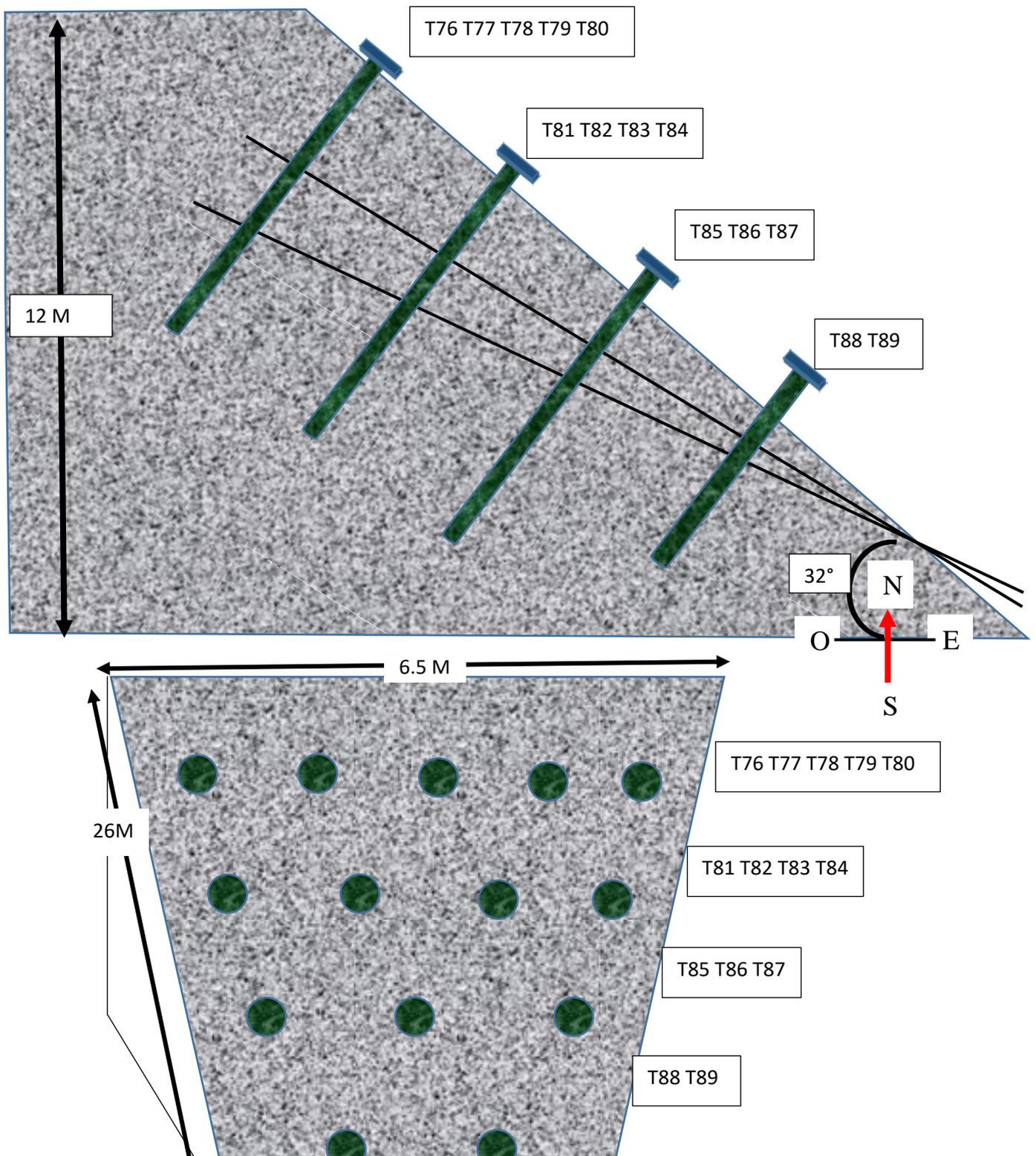


Gráfico 15. Vista en planta - Sección 4
 Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Especificaciones técnicas de diseño en la sección 4.

Cable	Diámetro de Cable(pulg)	Diámetro de taladro(pulg)	Profundidad(m)	N° de hilos	Cables por taladro
T76	5/8"	2.5"	7	7	2
T77	5/8"	2.5"	7	7	2
T78	5/8"	2.5"	7	7	2
T79	5/8"	2.5"	7	7	2
T80	5/8"	2.5"	7	7	2
T81	5/8"	2.5"	5	7	2
T82	5/8"	2.5"	5	7	2
T83	5/8"	2.5"	5	7	2
T84	5/8"	2.5"	5	7	2
T85	5/8"	2.5"	4	7	2
T86	5/8"	2.5"	4	7	2
T87	5/8"	2.5"	4	7	2
T88	5/8"	2.5"	3	7	2
T89	5/8"	2.5"	3	7	2

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Volúmenes para los taladros de la sección 4

Taladro	VOLUMEN T VACIO	VOLUMEN C	CEMENTO(KG)
T76	0.022098	0.00554	23
T77	0.022098	0.00554	23
T78	0.022098	0.00554	23
T79	0.022098	0.00554	23
T80	0.022098	0.00554	23
T81	0.015784	0.00395	16
T82	0.015784	0.00395	16
T83	0.015784	0.00395	16
T84	0.015784	0.00395	16
T85	0.012627	0.00316	13
T86	0.012627	0.00316	13
T87	0.012627	0.00316	13
T88	0.009470	0.00237	9
T89	0.009470	0.00237	9

fuente: elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

- Los resultados obtenidos en esta investigación respaldan la hipótesis planteada de que si se propone la aplicación de cable bolting se logrará el sostenimiento de los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape ya que se delimitó la zona de estudio mediante un levantamiento topográfico, para después caracterizar geológicamente el macizo rocoso en dicha zona, posteriormente se aplicó un estudio geomecánico donde se obtuvo un valor SMR de 51 y una dirección de fallas Norte-Sur, mediante el software Dips se obtuvo un valor del F.S.=0.318, por último se diseñó y se ubicó los cable bolting dependiendo el requerimiento de cada sección deslizante que la cantidad de cables van a sostener el talud disminuyendo el riesgo de deslizamiento, tal como lo hizo Conde (2019) en su investigación realizada en Cuzco, en la que aplicó cable bolting como sostenimiento para echaderos de relleno detrítico y su secuencia de investigación fue analizar los riesgos existentes en la matriz rocosa que le generaban inestabilidad para así poder diseñar la instalación de los cables bolting mellizos logrando así la estabilización de los echaderos de relleno detríticos, aumentando la seguridad en el espacio trabajado.
- En cuanto al levantamiento topográfico, se realizó la delimitación de la zona de estudio mediante la técnica del GPS (Global Positioning System) en la cual obtuvimos como resultado 9 coordenadas georreferenciadas las cuales a través del software ArcGIS fueron representado en planos, como lo hizo Fernández (2019) en su investigación, haciendo uso del GPS para su levantamiento topográfico obteniendo 196 puntos y haciendo uso del software ArcGIS obtuvo curvas de nivel delimitando así el lugar de su investigación.
- En la realización de la geología del área de estudio, obtenida de las cartas geológicas del INGEMMET se nota que el tipo de roca hallado en gabinete como la hallada en los diversos estudios in-situ coinciden y es un dato certero que se comprobó con varios reconocimientos de campo y que es necesario considerar en todo trabajo de investigación porque permite conocer en su totalidad la zona de estudio, como lo estipula Suarez (2013) en su investigación realizada en Medellín donde asegura que la geología regional y local es un factor primordial para representar el terreno en estudio lo cual implica la obtención de datos mínimos pero importantes para la investigación.

- Al realizar el mapeo geomecánico se identificaron la orientaciones de las de fallas, siendo las que tienen la dirección Norte-Sur las más pronunciadas, estas son las que más repercuten en la estabilidad del macizo rocoso, pues dichas interfieren en el equilibrio de la masa al momento de un deslizamiento y mediante el software Dips se obtuvo que dicho talud requiere un sistema de sostenimiento activo siendo el cable bolting el más óptimo para el sostenimiento, tal como lo hizo CONDE (2019), en su investigación el cual encontró una orientación Nor-Oeste de fallas locales paralelas que causaban la inestabilidad de los echaderos y para aumentar la estabilidad en dicha zona aplicó cables bolting mellizos garantizando un proceso óptimo y mejorando la seguridad en los echaderos.
- En cuanto al diseño y ubicación de los cables bolting primero se midió la profundidad aproximada de todas las discontinuidades y las medidas del talud, también se calculó la magnitud de roca que debía de sostener los cables para así obtener el Angulo y ubicación adecuada de los cables bolting como lo hizo Mucha (2019) donde realizó un análisis de estabilidad y un mapeo geomecánico donde obtuvo las orientaciones de las discontinuidades para así aplicar el cable bolting a las zonas más inestables, posteriormente diseñando una malla de perforación para cables que intercepten las fallas

V. CONCLUSIONES

1. Se comprobó que mediante la propuesta de aplicación de cable bolting como sistema de sostenimiento en los taludes de roca en La Puntilla se logrará el sostenimiento óptimo de los taludes, ya que se delimitó la zona de estudio mediante un levantamiento topográfico, para después caracterizar geológicamente el macizo rocoso en dicha zona, posteriormente se aplicó un estudio geomecánico, donde se obtuvo un valor SMR de 51 y una dirección predominante de fallas Norte-Sur, mediante el software Dips se obtuvo un valor del F.S.=0.318, por último se diseñó y se ubicó los cable bolting dependiendo el requerimiento de cada sección deslizante a sostener, disminuyendo el riesgo de deslizamiento y aumentando así la estabilización del talud.
2. Se realizó un levantamiento topográfico de la zona de estudio, donde se obtuvieron diferentes puntos georreferenciados (cotas), entre los principales puntos tomados estuvieron: el pie del talud, el cuerpo del talud y la cresta del talud. Estos puntos fueron plasmados en dos planos topográficos, el primero de delimitación y el segundo de curvas de nivel, ambos de la zona de estudio.
3. Se hizo un estudio geológico del área de estudio (extraído de la base de datos de INGEMMET), donde se encontró que la geología regional está comprendida entre las eras paleozoico, mesozoico y cenozoico. Con respecto a la geología local corresponde a la era del mesozoico y está compuesto principalmente por piroxenita y granodeorita.
4. Se concluye que la caracterización del macizo rocoso permitió a través de un mapeo geomecánico saber la orientación de las discontinuidades, el cálculo del smr de valoración 51 y el resultado del factor de seguridad de 0.318 determinando así que el talud es inestable con riesgo de deslizamiento.
5. Se concluye que se diseñó y distribuyó los cables bolting según requerimientos del talud ya que se calculó la magnitud de la masa rocosa y cuánto podría soportar cada cable y dependiendo a esto se distribuyó uniformemente los cables mellizos en las secciones a sostener para un óptimo sostenimiento.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones tomar en cuenta la aplicación de cable bolting como sostenimiento de los taludes existentes en La Puntilla, Chongoyape ya que, debido a su gran longitud, su flexibilidad y fácil instalación podrían aprovecharse para así estabilizar dichos taludes eliminando los riesgos de deslizamientos. Se recomienda a los profesionales interesados en la minería que realizaran futuras investigaciones realizar un buen estudio geomecánico de la zona de aplicación de cable bolting para reconocer la orientación y tamaño de las discontinuidades con mayor precisión para así evitar sobregastos en la cantidad de materiales a utilizar.

Se sugiere a la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Cesar Vallejo agregar un curso teórico – práctico donde se vea a profundidad los tipos existentes de sostenimientos actuales en minería, donde se fomente el conocimiento y la importancia del sostenimiento en el ámbito ingenieril.

Se aconseja a los profesores de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Cesar Vallejo fomentar y facilitar a los estudiantes softwares aplicados al sostenimiento en ingeniería para que el alumno vaya más allá de la teoría y en estos softwares pueda simular e incluso determinar el sostenimiento requerido en una estructura determinada y así obtenga un conocimiento más amplio del tema.

VII. PROPUESTA

Propuesta de diseño de sostenimiento mediante cable bolting para la estabilización de los taludes existentes en La Puntilla, Chongoyape.

- **Diagnóstico de la realidad**

El problema del lugar de estudio es la inestabilidad del talud existente en La Puntilla, Chongoyape por falta de un sistema de sostenimiento, incluso siendo declarado dicho talud como zona de riesgo de deslizamientos y vuelcos de roca por el Instituto Nacional de Defensa Civil en su investigación “Plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres, Ciudad de Lambayeque” y el INGEMMET en su informe técnico titulado “Reporte preliminar de zonas críticas en la cuenca Chancay-Lambayeque”. Basándose en dicho reporte el 27% de los riesgos geológico de la región Lambayeque están dados por deslizamientos, teniendo esté el mayor porcentaje de ocurrencias (Ver Anexo N°15). Por ello existe alto riesgos de que ocurra un deslizamiento producto de la inestabilidad por falta de sostenimiento dañando directamente las viviendas aledañas, carretera y el interés del estado. Dicho talud en estudio esta contiguo a una carretera importante donde mayormente transitan camiones de carga pesada, también se observó al pie del talud el repartidor La Puntilla el cual tiene la mayor capacidad de agua de la región, ambas estructuras serian dañadas si el riesgo llega a concretarse.

Tomando en cuenta los resultados de la investigación, se halló un talud de roca competente con una altura máxima de 92 m, un factor de seguridad de 0.4, con presencia de fallas pronunciadas paralelas al plano de la carretera, por lo cual es factible la propuesta inicial de aplicar cable bolting como sostenimiento del talud existente, aprovechando así su flexibilidad, gran longitud y su amplia aplicación en roca tipo dura y muy dura. Es por eso que se elaboró un diseño y cotización de sostenimiento mediante cables bolting para la estabilización de los taludes existentes en La Puntilla, Chongoyape.

- **Ciclo de instalación de cable bolting**

El ciclo de Cable bolting que se muestra en el Grafico N°16 proporciona una descripción general completa de los pasos involucrados en la operación de cable bolting, el cual a su vez representa un proceso cíclico e iterativo que se debe trabajar varias veces a medida que avanza la obra para garantizar que el proceso de atornillado esté bien ajustado.

El diseño de cualquier sistema se basa en hacer coincidir de manera eficiente la capacidad disponible con la inversión requerida mientras se mantiene limitado por ciertas restricciones específicas.

Para implementar un diseño de sostenimiento mediante cable bolting, lo primero sería la selección de los equipos, materiales y personal, siguiendo con la instalación de cable bolting y por último el mantenimiento regular y la limpieza posterior controlando así la calidad del sistema de sostenimiento.

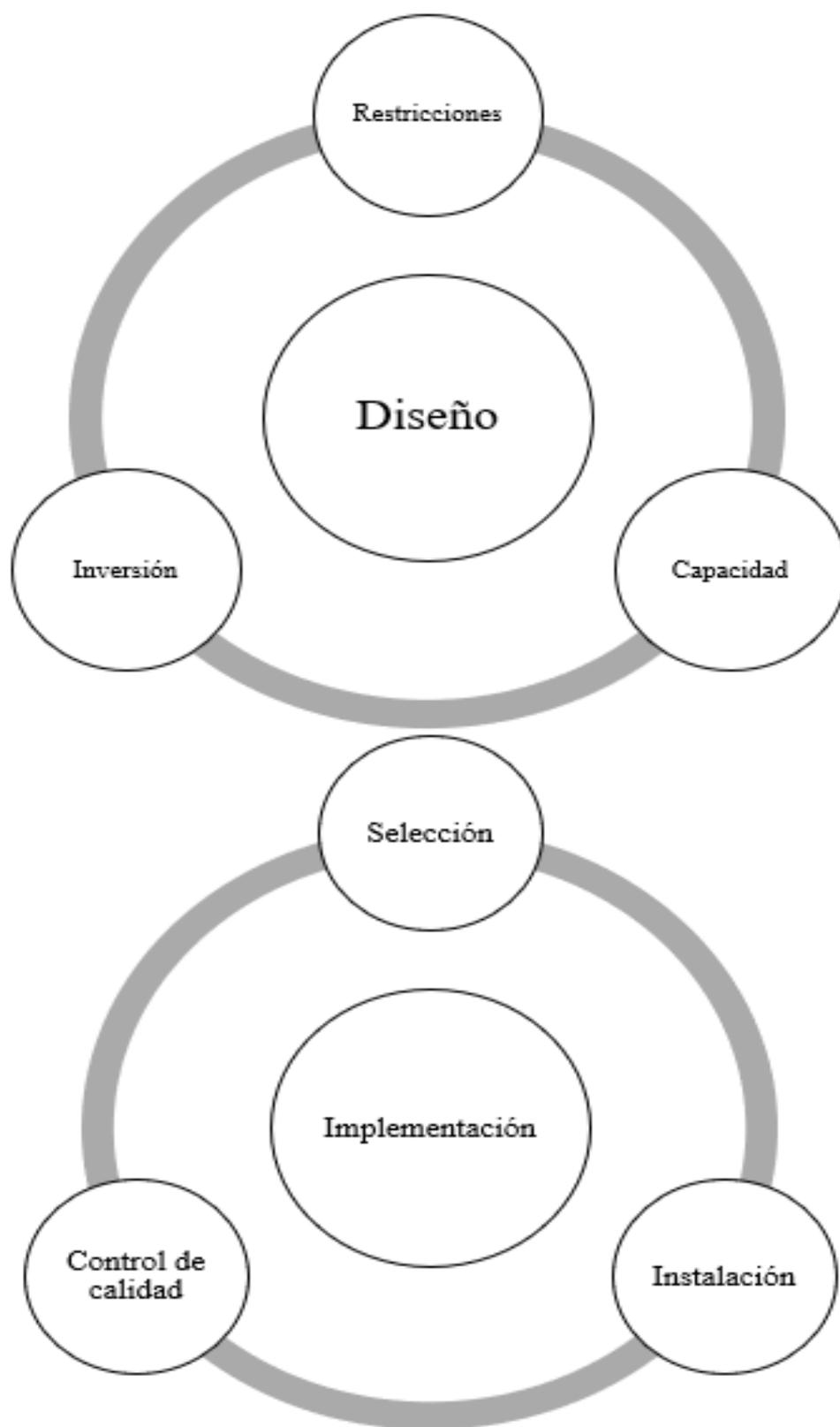


Gráfico 16. Ciclo de instalación de cable bolting

Fuente: elaboración propia

- Diseño

El diseño de cualquier sistema se basa en hacer coincidir de manera eficiente la capacidad disponible con la demanda requerida mientras se mantiene limitado por ciertas restricciones específicas. En el caso específico del diseño de sostenimiento para el talud de roca en La Puntilla, Chongoyape, la inestabilidad surge al momento que la masa rocosa es afectada por fuerzas exteriores, después de que el equilibrio de la tensión y la gravedad se ve alterado por la creación de una grieta. La roca debe moverse para ajustarse a un nuevo equilibrio. Si esto no es posible, debe de proporcionarse un sostenimiento adecuado para ayudar a lograr este equilibrio. Dentro de las restricciones que se tienen para el diseño del sistema de sostenimiento, tenemos los costos de atornillado y las pérdidas potenciales debido a la inestabilidad. Otras restricciones incluyen estándares de seguridad regulados, desarrollo y acceso para equipos.

El primer paso para esta propuesta de diseño fue dividir el talud en cuatro secciones de acuerdo a la presencia de fallas, es ahí donde se planteó la ubicación los taladros dependiendo de la magnitud de la masa rocosa (T_n) a estabilizar y de la longitud de la falla. (Ver Sección 3.4).

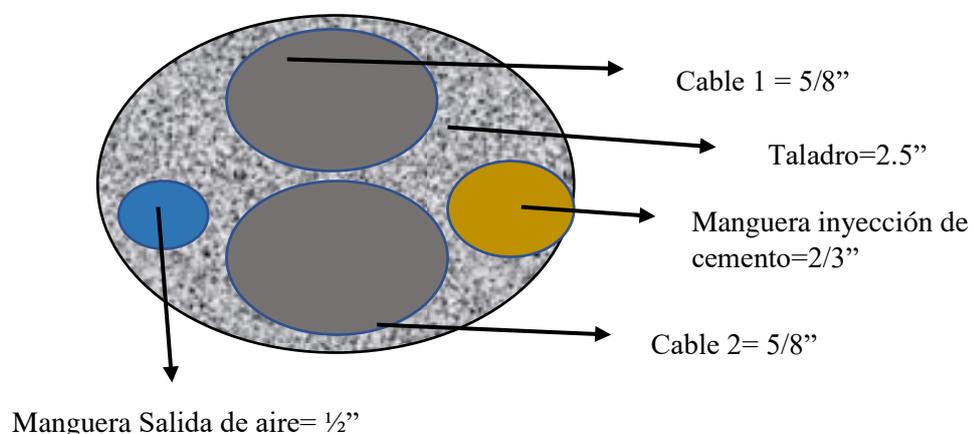


Gráfico 17. Cable bolting dentro del taladro

Fuente: elaboración propia

- Presupuesto de instalación y materiales a utilizar para el sostenimiento mediante cable bolting

Tabla 30. Costo de instalación de cable bolting en la sección 1

Materiales	Cantidad	Prec/Unitario(Soles/m)	Costo Total (Soles)
Cable bolting (m)	122	8.8	1073.6
Costo de perforacion	1		2197
Cemento bolsas	5	35	175
Separadores	20	4	80
Cuña(barril)	24	23.66	567.84
Planchuela	12	43	516
Barras	3	1220	3660
Acople	1	101	101
		Total	S/ 8,370.44

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se describen los materiales a utilizar en la sección 1, así como también los costos de instalación del cable bolting en dicha sección conformado por los equipos necesarios para la perforación utilizando una perforadora Jack Leg. También se especifican los accesorios que van acompañando al cable bolting y la cantidad de inyección de cemento al interior del taladro. El costo en esta primera sección es el más bajos de las cuatro secciones debido que solo se perforara 61 metros de taladro y se usara 122 metros de cable bolting con un costo total de 8370.44 nuevos soles.

Tabla 31. *Costo de instalación de cable bolting en la sección 2*

Materiales	Cantidad	Prec/Unitario(Soles/m)	Costo Total (Soles)
Cable bolting (m)	317	8.8	2789.6
Costo de perforacion	1		2197
Cemento bolsas	13	35	455
Separadores	51	4	204
Cuña(barril)	50	23.66	1183
Planchuela	25	43	1075
Barras	4	1220	4880
Acople	2	101	202
		Total	S/ 12,985.60

Fuente: elaboración propia

El costo de instalación del cable bolting en la sección 2 está dado por los equipos necesarios para la perforación los accesorios que van acompañando al cable bolting, la cantidad de inyección de cemento al interior del taladro. Este costo es de s/.12985.60 debido que se perforara 158.5metros de taladro y se usara 317 metros de cable bolting.

Tabla 32. *Costo de instalación de cable bolting en la sección 3*

Materiales	Cantidad	Prec/Unitario(Soles/m)	Costo Total (Soles)
Cable bolting (m)	580	8.8	5104
Costo de perforacion	1		2197
Cemento bolsas	17	35	595
Separadores	72	4	288
Cuña(barril)	76	23.66	S/1,798.16
Planchuela	38	43	1634
Barras	5	1220	6100
Acople	3	101	303
		Total	S/18,019.16

Fuente: elaboración propia

El costo de instalación del cable bolting en la sección 3 está dado por los equipos necesarios para la perforación los accesorios que van acompañando al cable bolting, la cantidad de inyección de cemento al interior del taladro. Este costo es uno de los más altos de las 4 secciones debido que se perforaría 290metros de taladro y se usara 580metros de cable bolting con un costo total de s/.18019.16

Tabla 33. *Costos de instalación de cable bolting en la sección 4*

Materiales	Cantidad	Prec/Unitario(Soles/m)	Costo Total (Soles)
Cable bolting (m)	146	8.8	1284.8
Costo de perforacion	1		2197
Cemento bolsas	6	35	210
Separadores	25	4	100
Cuña(barril)	28	23.66	S/662.48
Planchuela	14	43	602
Barras	3	1220	3660
Acople	1	101	101
Alquiler de mixer	16	270.4	4326.4
		Total	S/13,143.68

Fuente: elaboración propia

El costo de instalación del cable bolting en la sección 4 está dado por los equipos necesarios para la perforación los accesorios que van acompañando al cable bolting, la cantidad de inyección de cemento al interior del taladro y su respectiva bomba de inyección la cual será alquilada solo en este cuadro de costos está contemplado el alquiler de la bomba de inyección pero se sabe que se requerirá en todas las secciones esta máquina mixer para inyección de cemento tiene un avance de 1/2metro cubico por hora y dependiendo de este factor se decidió el alquiler de esta máquina por dos días para que rellene los taladros ya perforados de todas las secciones . Este costo es 13143.68 donde se perforará 73 metros de taladros y 146 metros de cable bolting.

Tabla 34. Costo de accesorios para la instalación de cable bolting

Descripción de herramientas	Unidad	Cantidad	Costo total por herramienta
Abrazadera de 1"	und	4	174
Andamio de acero	juego	2	44.08
Arco y Sierra	und	2	44.08
Balde de 5 gln (20Lt)	und	2	44.08
Barretillas d+B32:B55e : 4, 6 y 8	juego	6	393.24
Bugúie	und	2	120.00
Caja de Herramientas	Und	1	11.02
Cinzel de Punta de 10"	und	2	44.08
Cinzel de Punta Plana de 10"	und	2	44.08
Cinta de seguridad	und	2	44.08
Cizalla de 18"	und	2	44.08
Combas de 4 lb.	und	2	44.08
Conos de seguridad	und	4	174
Cucharillas de 3/8" (5 y 7 mts.)	juego	4	174
Flexometro 7 m.	und	2	44.08
Lampas	und	2	44.08
Llave Francesa	und	1	11.02
Llave Stilson de 12	und	1	11.02
Llaves estándar 14 a 24	und	1	11.02
Malla delimitante	ml	10	1090.4
Panel informativo	und	1	11.02
Pico	und	1	11.02
Tubos de 1/2"	und	19	50.73
Tubos de 17mm	und	2	10.7
Tortol	und	2	44.08
Trapo industrial	kg	40	S/ 2,400.00
Costo total (\$)			5138.07
Costo total (s./)			S/ 17,366.68

Fuente: elaboración propia

Esta tabla representa los costos de los accesorios los cuales ayudaran a la instalación de cable bolting y la lechada de cemento dándonos un total de 17366.68 soles en accesorios externos.

Tabla 35. Costo de mano de obra

Mano de Obra		
Descripción	Tiempo	Costo(s./)
Perforista 1	1 mes	2280
Perforista 2	1mes	2280
Perforista 3	1 mes	2280
Perforista 4	1 mes	2280
Ayudante 1	1mes	1440
Ayudante 2	1mes	1440
Ayudante 3	1 mes	1440
Ayudante 4	1 mes	1440
Supervisor 1	1 mes	3000
Supervisor 2	1 mes	3000
Operador de mixer	3 días	360
Operador de mixer	3días	360
Operador de mixer	3 días	360
Operador para el cable	3días	540
Operador para el cable	3 días	540
TOTAL		s./ 23040

Fuente: elaboración propia

Sumando todos los costos como son el de la sección 1, 2, 3, 4 más el costo de accesorios y mano de obra resulta un costo total de 92925.56 nuevos soles que resulta más barato que otro reforzamiento activo como son los pernos de anclaje ya que su costo varía entre 15 a 23 soles el metro de perno, pero teniendo en cuenta que este reforzamiento recién mencionado no es el óptimo por el tipo de terreno a sostener donde en épocas de lluvia generarían que las discontinuidades se amplíen y es donde el perno de anclaje cizallaría a que no cuenta con la flexibilidad del cable bolting.

REFERENCIAS

- Andina Agencia Peruana de Noticias [en línea]. Lima: Editora Perú, 2018 [fecha de consulta 20 de mayo de 2019].
Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-cajamarca-derrumbe-talud-restringe-transito-tramo-cutervo-%E2%80%93-chiple-723875.aspx?fbclid=IwAR1m3u4q0p40a2u-Jk9AZalkRqua5EygjWeMHw8e7p6ksA8Tpg-YU1TE-0Y>
- BARRETO, Franklin y SAENZ, Dany. Diseño geomecánico de la labor subterránea pozos ricos aplicando el método gráfico de estabilidad de mathews, Hualgayoc – Perú 2018. Tesis (título profesional de ingeniería de minas). cajamarca.2018.
Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13693/Barreto%20Barrantes%20Franklin%20Joel%20-%20S%20C%20A1enz%20Ar%20C%20A9valo%20Dany%20Omar.PDF?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1SNakJiNsKL2M0lvZ2tgyV34-nMabwio2Hsbrb2Pd9Ws56WDCjAVKBY38>
- BURGOA, Ludger Descripción del MACIZO ROCOSO [en línea]. 2.a.ed .Medellín: el autor,2013 [fecha de consulta: 17 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/12337/1/9789584643056.Parte1.pdf>
- BUSTAMANTE, Aquilino. Geomecánica aplicada en la prevención de pérdidas por caída de rocas mina Huanzala - CIA. Minera Santa Luisa S.A. tesis (Maestría en ciencias con mención en seguridad y salud minera). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.2008.
Disponible en http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/591/1/bustamante_ma.pdf
- CALDERON, Mijail. Caracterización geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento en la galería Gavilán de oro de la UEA Ana María. Tesis (Título profesional de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8409>
- CARRILLO, Mauren [et al]. Clasificación geomecánica y análisis estabilidad de taludes del macizo rocoso Coris, Cartago, Costa Rica. Revista Geológica de América Central [en línea]. 2002. [fecha de consulta: 20 de mayo 2019].
Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/7791>
- CASTAÑON, Paola. Cálculo del factor de erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca de Papaloapan. Tesis. (Título profesional de ingeniero civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.
Disponible en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/>

- CEPEDA, José, LEAL, Luis y García, Pablo. Conservación y explotación de carreteras. 2ª ed. Madrid: Tornapunta Ediciones, 2009. 321 p. ISBN: 9788492686377
- CHURA, Heinz. Geomecánica dinámica en la optimización de radio de influencia efectiva en voladura de taladros largos de la unidad operativa Inmaculada, Hochschild Mining - Ayacucho. Tesis (Título profesional de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8091>
- CONDE, Yarica. Análisis del macizo rocoso y su aplicación de cables bolting en la ejecución de echaderos de relleno detrítico en la mina San Rafael Melgar - Puno. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019. Disponible en <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/4192>
- CORDOVA, Néstor. Geomecánica en el minado subterráneo caso mina Condensable. Tesis (Maestría en Ingeniería de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2008. Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/595>
- DEVKOTA, Krishna, HAM, Jung, KIM, Gyo. Characteristics of discontinuity spacing of Yeongdeok granite. Springer-Verlag: 2009. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s12303-009-0015-3> ISSN: 1598-7477
- Duncan Wyllie y Christopher Mah Rock Slope Engineering [en línea].4. a.ed. USA: spon press,2004 [fecha de consulta: 09 de junio de 2019].disponible en: https://civilengineering.files.wordpress.com/2014/10/rock_slope_engineering_civil_and_mining.pdf ISBN: 0-203-49908-5
- EARLE, Steven. ¿Qué es la geología? [en línea]. Canada, 2015 [fecha de consulta: 8 de junio de 2019]. Disponible en <https://opentextbc.ca/geology/front-matter/preface/>
- El Comercio [en línea]. Lima: Empresa Editora El Comercio, 2017 [fecha de consulta 27 de mayo de 2019]. Disponible en <https://elcomercio.pe/lima/carretera-central-bloqueada-caida-rocas-huarochiri-405159-noticia/?ref=ecr>
- ESCALANTE, Hernán. Mejoramiento del sistema de sostenimiento, con madera, mediante pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la empresa MACDESA- Arequipa. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6129/Escalante_Guerra_Hernan_Amador.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- FERNÁNDEZ, Merly. Evaluación de agregados para la adquisición de equipos en cantera Mabeisa, Ferreñafe - 2018. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2019.
Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/35029>
- FUENTES, José. Topografía [en línea]. México: Red Tercer Milenio, 2012 [fecha de consulta: 17 de mayo 2019].
Disponibile en: <http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/ingenieria/Topografia.pdf>
ISBN: 9786077330363
- GARAY, Jair. Comparación de métodos de estabilidad de taludes por equilibrio límite y por métodos numéricos en condiciones de carga estática y pseudo-estática. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
Disponibile en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25115>
- GARZON, Miguel, PALACIO, Estefan y MUÑOZ, Jesús. Evaluación de la vulnerabilidad y consecuencias por deslizamiento en la conexión vial Aburrá - río cauca entre las abscisas km 04+000 y km 39+000. Tesis(título de Especialista en Vías y Transporte). Medellín: Universidad de Medellín, 2012.
Disponibile en <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/254/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20vulnerabilidad%20y%20consecuencias%20por%20deslizamiento%20en%20la%20Conexi%C3%B3n%20Vial%20Aburr%C3%A1%20-%20R%C3%ADo%20Cauca%20entre%20las%20abscisas%20km%2004+000%20y%20km%2039+000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GIBSON, William y SFRISO, Alejo. “Resistencia de macizos rocosos” [Material gráfico proyectable]. Mecánica de suelos y geología. 40 diapositivas.
Disponibile en <http://materias.fi.uba.ar/6408/210%20Resistencia%20de%20macizos%20rocosos.pdf>
- GONZALES, Marcial y VELASQUEZ, José. Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la unidad de producción Uchucchacua. Tesis. (Título profesional de ingeniería de minas). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2012.
Disponibile en <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/589/TP%20-%20UNH%20MINAS%200007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GONZÁLES, Luis. Ingeniería Geológica. España: Isabel Capella, 2002.
Disponibile en <https://es.slideshare.net/victorflaviomanriquezuniga/ingenieria-geologica-vallejos>
ISBN: 8420531049

- GUTIERREZ, Lucio. Diseño de estabilidad de taludes para el nivel de resistencia al corte en el frente de minado del proyecto San Antonio y María - Ananea. Tesis (Magister Scientiae en Geotecnia y Geomecánica Minera). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6651>
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México: McGraw-Hill Education, 2014. 600 p.
ISBN: 1456223960
- Higgins, Charlie. ¿Qué es la topografía? [en línea]. Sciencing, 2017 [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019].
Disponible en <https://sciencing.com/topography-5479604.html>
- HOULDING, Simon. The Geological Characterization Process. In: 3D Geoscience Modeling. Berlin, 1994 [fecha de consulta: 7 de junio de 2019]
Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-642-79012-6_2
- Knorr, Wilbur. Mathematics [en línea]. Inglaterra, 2019 [fecha de consulta: 7 de junio de 2019].
Disponible en <https://www.britannica.com/science/mathematics>
- LI, Xuwei. Study of cable bolt shear strength characteristics for ground reinforcement in mines. Tesis (Título profesional de Doctor en Ingeniería Civil). Australia: University of Wollongong, 2016.
Disponible en <https://ro.uow.edu.au/theses/4792>
- MALDONADO, José. Análisis del proceso constructivo del sostemiento de los taludes en la chancadora secundaria del nivel 3195 del proyecto de la ampliación de la mina Toquepala. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui, 2017.
Disponible en http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/359/Maldonado%20Vera%20Jose%20Augusto_tesis_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MARQUINA, María. Control estructural y potencial exploratorio del distrito minero Conga, Cajamarca - Perú. Tesis (Maestría en Ingeniería Geológica). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009.
Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/608>
- MEDINA, Wilfredo. Recuperación de la Veta 1 Empleando Cable Bolting Mina Huanzala. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2001.
Disponible en http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/12032/1/medina_mw.pdf

- MEZA, Jimmy. Evaluación geomecánica de la masa rocosa en el análisis del modelamiento de cuerpos mineralizados del nivel 10 al nivel 8 compañía minera Casapalca. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Pasco: Universidad nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
Disponble en http://200.60.60.43/bitstream/undac/473/1/T026_46015660_T.pdf?fbclid=IwAR07Pi3WSjKUt936MFVmCIIt0FdwQZAMYRp8OlABpvFzVKNywnO0rcNyAzEI
- MORALES, Dante. Análisis y diseño de taludes mediante métodos computacionales. Tesis. (Maestría en Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2000.
Disponble en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1595>
- MUCHA, Alfredo. Aplicación de cable bolting como reforzamiento del sostenimiento para poder estabilizar al macizo rocoso, en la unidad de producción Carahuacra – compañía minera Volcan S.A.A. Tesis (Título profesional de ingeniería de minas). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.
Disponble en <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/581/1/TESIS%20DE%20APLICACION%20DE%20CABLE%20BOLTING%2008-01-2019.pdf>
- OCHOA, Lisbeth. Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la Ciudad de Huancavelica. Tesis. (Título profesional de ingeniero civil). Perú: Universidad Peruana los Andes, 2016.
Disponble en <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/271/Ochoa%20Quispe%20Lisbeth%20Yurfa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OSINERGMIN. Guía de criterios geomecánicos para diseño, contracción, supervisión y cierre de labores subterráneas [en línea]. Perú: Inversiones IAKOB S.A.C, 2017.
Disponble en https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf
- OVANDO, Héctor. Inyección de suelo por medio de la técnica de Jet Grouting. Tesis (Título profesional de ingeniero civil de minas). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.
Disponble en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3278_C.pdf
- PANTALEÓN, Hernán y CARBAJAL, Christian. Evaluación geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una mina subterránea. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
Disponble en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8689>

- PANTIGOZO, Johnny. Comparación de rendimiento entre swellex e hydrabolt en el sostenimiento en minas subterráneas para elección óptima. Tesis (Título profesional de ingeniero de minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2013.
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3902/MIpadej001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PEREZ, Julián y MERINO, María. Definición de Geología [fecha de consulta: 20 de mayo 2019] Disponible en <https://definicion.de/geologia/>
- RAFFINO, Estela. ¿Qué es Matemáticas? [fecha de consulta: 17 de mayo 2019] Disponible en <https://concepto.de/matematicas/>
- RAMÍREZ, Pedro y ALEJANO, Leandro. Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes [en línea]. España: Madrid, 2004 [fecha de consulta: 16 de mayo 2019].
Disponible en http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf?fbclid=IwAR2CWV7Z2vMoCIA8b9SrTu-LWDLRPI5cjYTN0iyKIVFbVS8LJoZs2oL8avw
- RASEKH, Haleh. The shear performance of cable bolts in experimental, numerical and mathematical studies. Tesis (Título profesional de Doctor en Ingeniería Civil). Australia: Univerity of Wollongong, 2017.
Disponible en <https://ro.uow.edu.au/theses1/80/>
- Remicsa. wataweb. julio de 2015. Disponible en: <https://www.Remicsa.com/productos/cable-bolting-birdcage/>
- RIMACHI, Elards. Aplicación del método GIN para la pantalla de impermeabilización de la presa Pumamayo – Distrito de Macusani – Provincia de Carabaya – Departamento de Puno. Tesis (Título profesional de Ingeniero Geólogo). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016.
Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3022>
- ROUSE, Margaret. Factor of Safety (FoS). 2017 [fecha de consulta: 9 de junio de 2019] Disponible en <https://whatis.techtarget.com/definition/factor-of-safety-FoS>
- ROSDRILL LLC. Basic physical and mechanical properties of rocks [en línea], 2008. Disponible en <http://rosdrill.com/science/rocks>
- SAENZ, Alan. Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, Ciudad Nueva Fuerabamba-Apurimac. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.
Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3874>

- Sin Fronteras Tu diario regional [en línea]. Tacna: Editora multimedios S.A.C., 2017 [fecha de consulta 1 de junio de 2019].
Disponible en <https://www.diariosinfronteras.pe/2017/10/11/fuerte-sismo-ocasiona-derrumbes-en-carreteras/>
- SOSA, Jhon. Evaluación geomecánica para el diseño de tajeos de producción en la unidad minera cerro Lindo – compañía minera Milpo. Tesis. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2016.
Disponible en http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/250/1/T026_44726067_T.pdf?fbclid=IwAR3MkBu
- SUAREZ, Jaime. Técnicas de remediación de instrumentos [en línea]. 2.a ed. Colombia [fecha de consulta: 28 de mayo de 2019].
Disponible en www.erosion.com.co/presentaciones/category/46-tomo-ii.html?download=453:librodeslizamientost2-cap1
- SWAPAN, Haldar. Mineral Exploration [en línea]. India: Elsevier, 2013 [fecha de consulta: 29 de mayo 2019].
Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/T/A/9780124160057>
ISBN: 9780124160057
- TAVERA, Hernando. Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú [en línea]. Perú: Instituto Geofísico del Perú, 2014 [fecha de consulta: 29 de mayo de 2019].
Disponible en: [http://www.igp.gob.pe/repositorio-geofisico-nacional/bitstream/handle/IGP/777/peligrosismos-Per%
c3%ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.igp.gob.pe/repositorio-geofisico-nacional/bitstream/handle/IGP/777/peligrosismos-Per%c3%ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
ISBN: 9786124579592
- The Geological Society. Geología para la sociedad [en línea]. Londres, 2015 [fecha de consulta: 7 de junio de 2019].
Disponible en <https://www.ehu.eus/documents/6452490/0/Geology-for-Society-Spanish.pdf>
- VALERIANO, Fredy. Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro Espinal Juliaca. Tesis (Título profesional de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.
Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2297>
- VENEGAS, Jherson. Aplicación del relleno en pasta para reducir los costos operativos en la unidad minera cerro lindo. Tesis (título profesional de ingeniero de minas). Ayacucho: Universidad Nacional de san Cristóbal de Huamanga, 2017.
Disponible en <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2208>
- YUPANQUI, Ricardo. “Área Geomecánica: Aplicación del cable bolting” [Material gráfico proyectable]. 1.ª ed. Puno: Empresa minera Minsur, 2012. 13 diapositivas.

ANEXOS



APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	TIPO Y DISEÑO
Inestabilidad de taludes en La Puntilla, Chongoyape	General	Si se propone la aplicación del cable bolting se logrará la estabilización de los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape 2019	Independiente Aplicación del cable bolting Dependiente Sostenimiento de taludes	Cuantitativo/Descriptivo-propositivo
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	Proponer la aplicación del cable bolting como sistema de sostenimiento en los taludes de roca en La Puntilla, Chongoyape.			
¿Cómo se puede mejorar la estabilización de los taludes de roca en La Puntilla – Chongoyape 2019?	Específicos <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un levantamiento topográfico del área de estudio. • Realizar un estudio de la geología de la zona. • Describir las características del macizo rocoso. • Diseñar y ubicar los cables bolting según el requerimiento del talud. 			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ANEXO N°2:
RECONOCIMIENTO DE
CAMPO**

**APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA
PUNTILLA, CHONGOYAPE.**

GUÍA DE OBSERVACIÓN:

El siguiente instrumento tiene por finalidad registrar las coordenadas y altura del lugar de estudios.

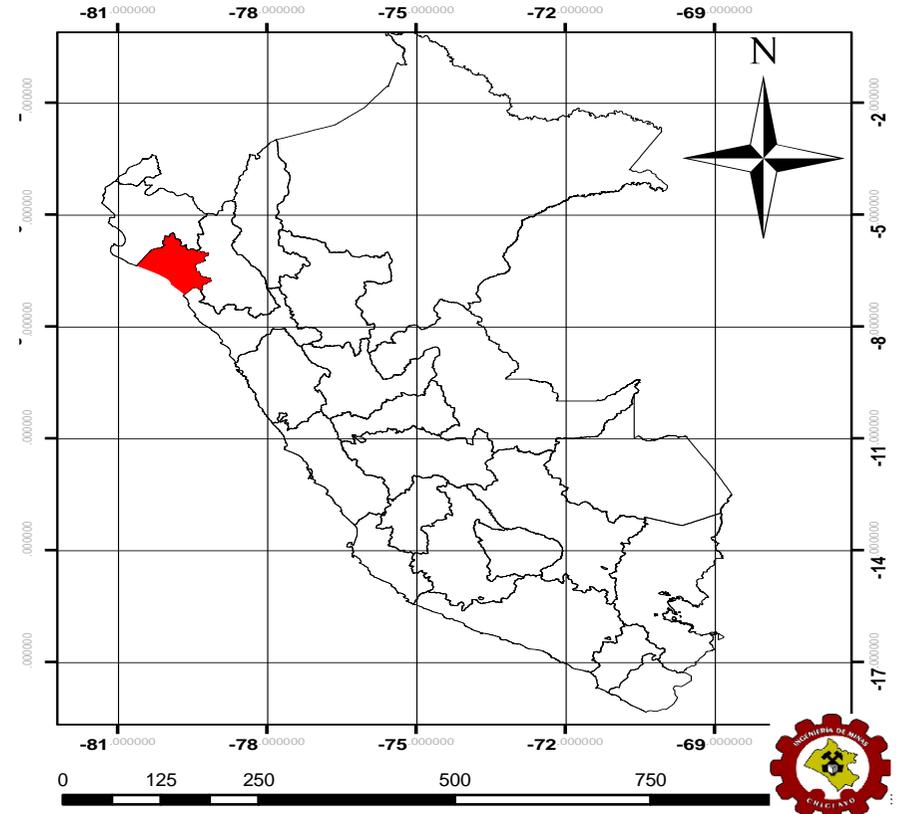
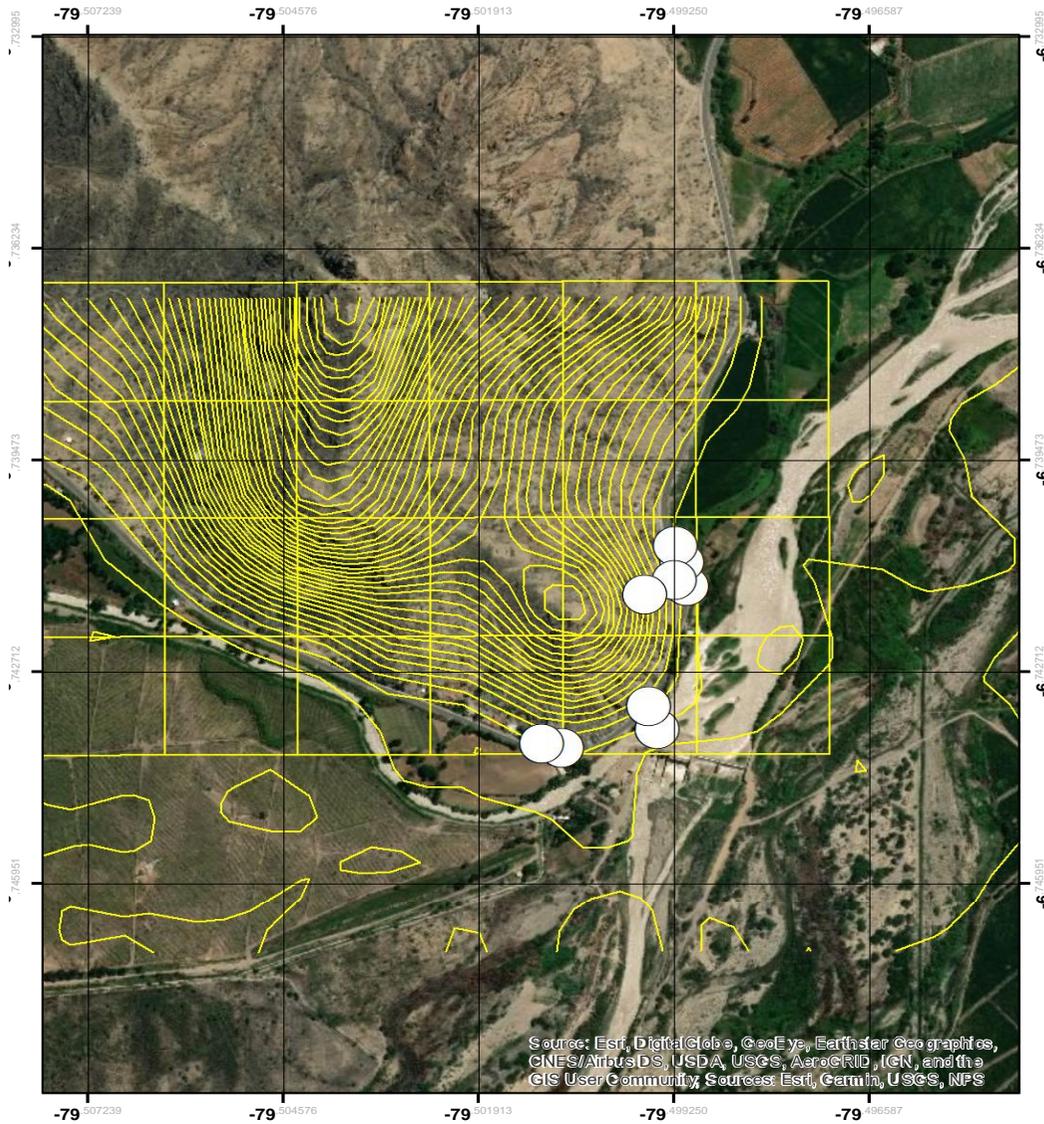
PUNTO N°	COORDENADAS UTM		ALTURA	OBSERVACIÓN
	NORTE	ESTE		
1	9254343	665840	71	Punto de inicio (BM)
2	9254381	665827	86	
3	9254584	665886	109	Pie del talud (M-1)
4	9254651	665868	120	
5	9254311	665697	124	
6	9254431	665667	125	
7	9254624	665879	134	
8	9254594	665867	143	Cuerpo del talud (M-2)
9	9254570	665822	163	Cresta del talud (M-3)

ANEXO 3



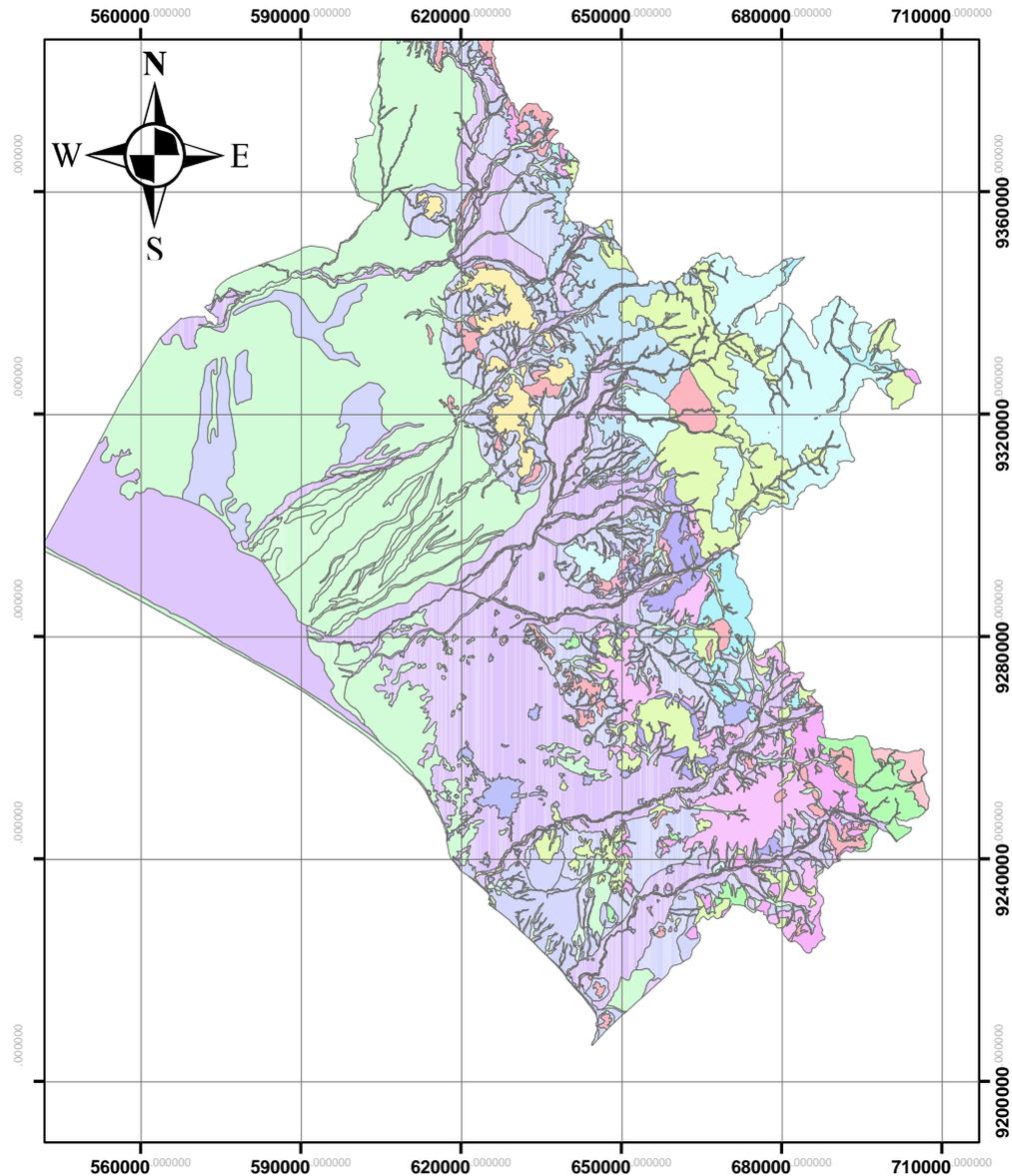
INVESTIGACIÓN					
APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE					
TÍTULO					
PLANO DE UBICACIÓN GEOREFERENCIADO					
DEPARTAMENTO	LAMBAYEQUE	PROVINCIA	CHICLAYO	ESCALA	INDICADA
DISTRITO	CHONGOYAPE	DATUM	UTM WGS 84	TAMAÑO	A3
ZONA	17 S	ELABORACIÓN	- ALBUJAR ARROYO PEDRO - CARRASCO OSORIO ROBERTO	LAMINA	01
ESCUELA	INGENIERÍA DE MINAS	FECHA	02/10/19		

ANEXO 4



INVESTIGACIÓN			
<p align="center">APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE</p>			
TÍTULO			
<p align="center">CURVAS DE NIVEL DE LA ZONA DE ESTUDIO</p>			
DEPARTAMENTO	LAMBAYEQUE	PROVINCIA	CHICLAYO
DISTRITO	CHONGOYAPE	DATUM	UTM WGS 84
ZONA	17 S	ELABORACIÓN	- ALBUJAR ARROYO PEDRO - CARRASCO OSORIO ROBERTO
ESCUELA	INGENIERÍA DE MINAS	FECHA	02/10/19
			ESCALA INDICADA
			TAMAÑO A3
			LAMINA 02

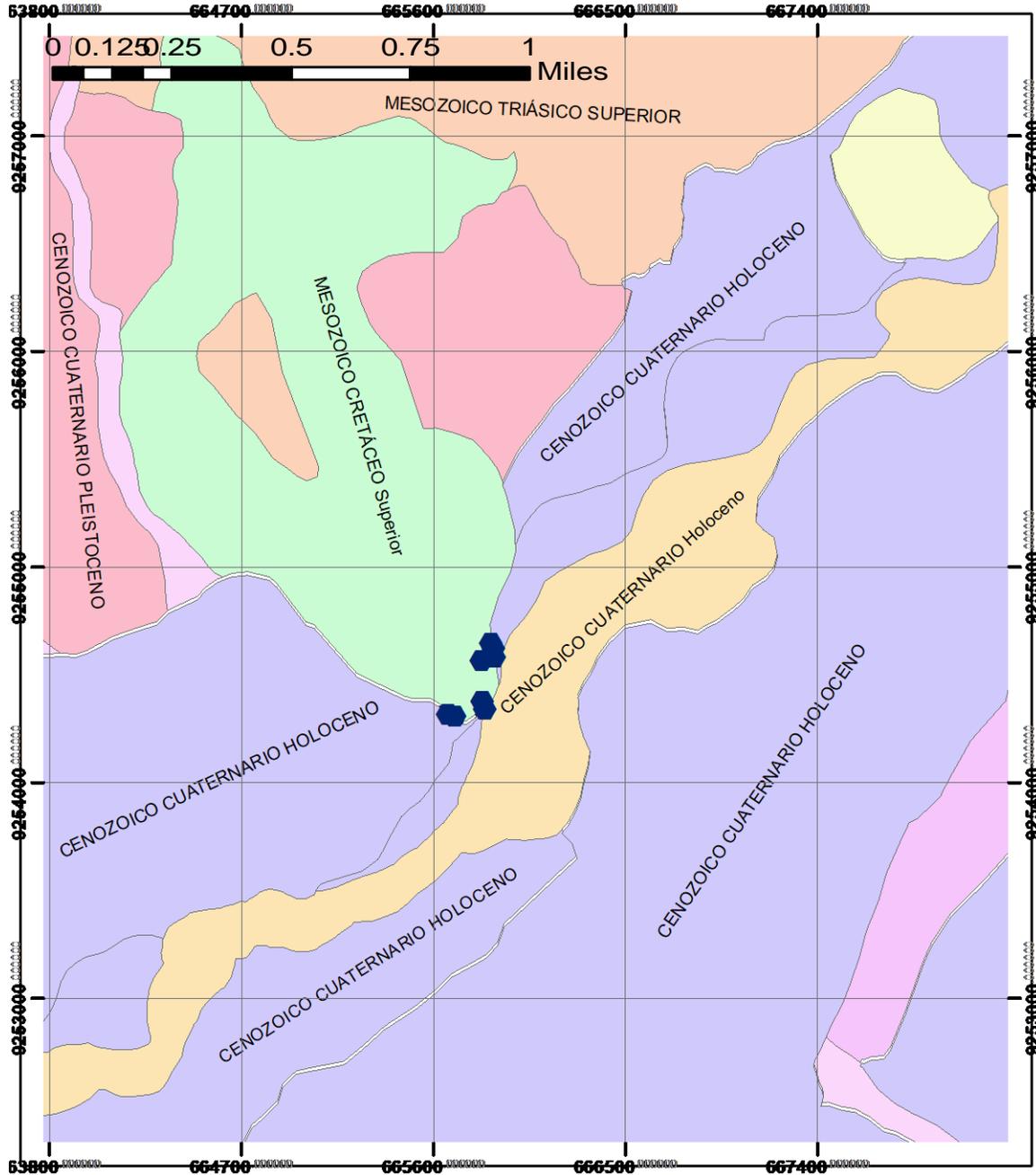
ANEXO 5



COLOR	ERA	SISTEMA	SERIE
	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno
	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno
	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno
	Cenozoico	Cuaternario	Reciente
	Cenozoico	Neogeno	Plioceno/Mioceno
	Cenozoico	Paleogeno	Oligoceno/Paleoceno
	Cenozoico	Paleogeno	Paleoceno
	Cenozoico	Paleogeno	Paleocena
	Mesozoico	Cretacico	Superior
	Mesozoico	Cretáceo	Inferior
	Mesozoico	Cretáceo	Medio
	Mesozoico	Cretáceo	Superior
	Mesozoico	Cretáceo	Inferior/Superio
	Mesozoico	Jurásico	Inferior
	Mesozoico	Jurásico	Superior/Medio
	Mesozoico	Triásico	Superior
	Paleozoico	Ordoviciano	Inferior
	Paleozoico	Pérmico	Superior

INVESTIGACIÓN			
APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE			
TÍTULO			
GEOLOGIA REGIONAL DE LAMBAYEQUE			
ESCALA	INDICADA	DATUM	TAMAÑO
		UTM WGS 84	A3
ZONA	17 S	ELABORACIÓN	LAMINA
ESCUELA	INGENIERÍA DE MINAS	FECHA	03
		04/10/19	

ANEXO 6



COLOR	ERA	SISTEMA	SERIE
	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno
	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno
	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno
	Cenozoico	Cuaternario	Reciente
	Cenozoico	Neogeno	Plioceno/Mioceno
	Cenozoico	Paleogeno	Oligoceno/Paleoceno
	Cenozoico	Paleogeno	Paleoceno
	Cenozoico	Paleogeno	Paleocena
	Mesozoico	Cretacico	Superior
	Mesozoico	Cretáceo	Inferior
	Mesozoico	Cretáceo	Medio
	Mesozoico	Cretáceo	Superior
	Mesozoico	Cretáceo	Inferior/Superio
	Mesozoico	Jurásico	Inferior
	Mesozoico	Jurásico	Superior/Medio
	Mesozoico	Triásico	Superior

INVESTIGACIÓN				
APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE				
TÍTULO				
GEOLOGIA LOCAL				
DEPARTAMENTO	LAMBAYEQUE	PROVINCIA	CHICLAYO	ESCALA
				INDICADA
DISTRITO	CHONGOYAPE	DATUM	UTM WGS 84	TAMAÑO
				A3
ZONA	17 S	ELABORACIÓN	- ALBUJAR ARROYO PEDRO - CARRASCO OSORIO ROBERTO	LAMINA
ESCUELA	INGENIERÍA DE MINAS	FECHA	04/10/19	04



APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE.

GUÍA DE OBSERVACIÓN:

El presente instrumento tiene por finalidad describir la geología regional y local del

CRONOESTRATIGRAFÍA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA
Mesozoico	triásico	Superior	formación la leche
Mesozoico	Cretáceo	Medio	formaciones incas, chulec
Mesozoico	Cretáceo	inferior	grupo goyllarisquizca
cenozoico	cuaternario	Reciente	deposito aluvial
Mesozoico	Jurásico	Medio	volcánico oyotun

lugar de estudio.

CRONOESTRATIGRAFÍA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA
Mesozoico	Cretáceo superior	Superior	volcánico licurnique



APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE.

GUIA DE OBSERVACION:

El presente formato sirve para caracterizar el macizo rocoso con el RMR básico y los factores de ajustes.

Clasificación geo mecánica RMR

RMR básico = \sum VALORACIONES							
PARAMETRO	VALORACIONES						
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa) DE LA MATRIZ ROCOSA	> 250	250-100	100-50	50-25	< 25		
	15	12	7	4	25-5	5-1	<1
RQD (%) (ROCK QUALITY DESIGNATION)	100-90	90-75	75-50	50-25	<25		
	20	17	13	8	3		
SEPARACIÓN (mm) ENTRE JUNTAS	>2000	2000-600	600-200	200-60	<60		
	20	15	10	8	5		
ESTADO DE LAS JUNTAS: RUGOSIDAD, CONTINUIDAD, SEPARACIÓN, RELLENO Y ESTADO DE LOS BORDES	MUY RUGOSAS. NO CONTINUAS. CERRADAS. BONORDES SANOS.	ALGO RUGOSAS. SEPARACIÓN < 1 mm. BORDES ALGO METEORIZADOS.	ALGO RUGOSAS. SEPARACION < 1 mm. BORDES MUY METEORIZADOS.	ESPEJOS DE FALLA o RELLENO < 5 mm o SEPARACIÓN 1-5 mm. CONTINUAS.	RELLENO BLANDO > 5mm o SEPARACIÓN > 5 mm. CONTINUAS		
	30	25	20	10	0		
FLUJO DE AGUA EN LAS JUNTAS (RAZÓN DE PRESIONES INTERSTICIALES)	SECAS (0)	LIGERAMENTE HÚMEDAS (0-0.1)	HUMEDAS (0.1-0.2)	GOTEANDO (0.2-0.5)	FLUYENDO (0.5)		
	15	10	7	4	0		

$SMR = RMR_b + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$ (ROMANA, 1985)					
FACTORES DE AJUSTE DE LAS JUNTAS (F_1, F_2, F_3)			α_j = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA α_s = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DEL TALUD β_j = BUZAMIENTO DE LA JUNTA β_s = BUZAMIENTO DEL TALUD		
	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
ROTURA PLANA $ \alpha_j - \alpha_s =$ VUELCO $ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ =$ VALORES	$> 30^\circ$ 0.15	$30^\circ - 20^\circ$ 0.40	$20^\circ - 10^\circ$ 0.70	$10^\circ - 5^\circ$ 0.85	$< 5^\circ$ 1.00
AJUSTE ANALÍTICO	$F_1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s)^2$				
VALORES ROTURA PLANA VUELCO AJUSTE ANALÍTICO	$ \beta_j =$ 0.15	$20^\circ - 30^\circ$ 0.40	$30^\circ - 35^\circ$ 0.70	$35^\circ - 45^\circ$ 0.85	$> 45^\circ$ 1.00
	1.00				
	$F_2 = \text{tg}^2 \beta_j$				
ROTURA PLANA $\beta_j - \beta_s =$ VUELCO $\beta_j + \beta_s =$ VALORES	$> 10^\circ$ 0	$10^\circ - 0^\circ$ $110^\circ - 120^\circ$ -6	0° $> 120^\circ$ -25	$0^\circ - (-10^\circ)$ -50	$< (-10^\circ)$ -60
AJUSTE ANALÍTICO	$F_3 =$ (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)				
FACTOR DE AJUSTE POR EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN	$F_4 =$ VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN				
	TALUD NATURAL	PRECORTE	VOLADURA SUAVE	VOLADURA ó MECÁNICO	VOLADURA DEFICIENTE
+ 15	+ 10	+ 8	0	- 8	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ANEXO N°9: CARACTERÍSTICAS
DEL MACIZO ROCOSO**

**APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA,
CHONGOYAPE.**

GUIA DE LABORATORIO

El presente instrumento de laboratorio tiene por finalidad recopilar datos como esfuerzo máximo de la roca, cohesión, Angulo de fricción.

Formato de laboratorio para ensayo uniaxial

N° DE MUESTRA	DIMENSIONES DE LA PROBETA		CARGA MAX.APLICADA	RESISTENCIA MAXIMA
	DIAMETRO	ALTURA		
1	5.5	14	170.251 kN	86.70



**APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA
PUNTILLA, CHONGOYAPE.**

GUIA DE LABORATORIO

El presente instrumento de laboratorio tiene por finalidad recopilar datos como
resistencia a la compresión simple.

Formato de laboratorio para ensayo con esclerómetro.

LECTURA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	ORDENADO
1	73	65
2	70	66
3	66	68.5
4	71	70
5	71.5	71
6	75.5	71.5
7	76	73
8	68.5	75.5
9	76	76
10	65	76
Prom.	71.125 MPa	71.125MPa



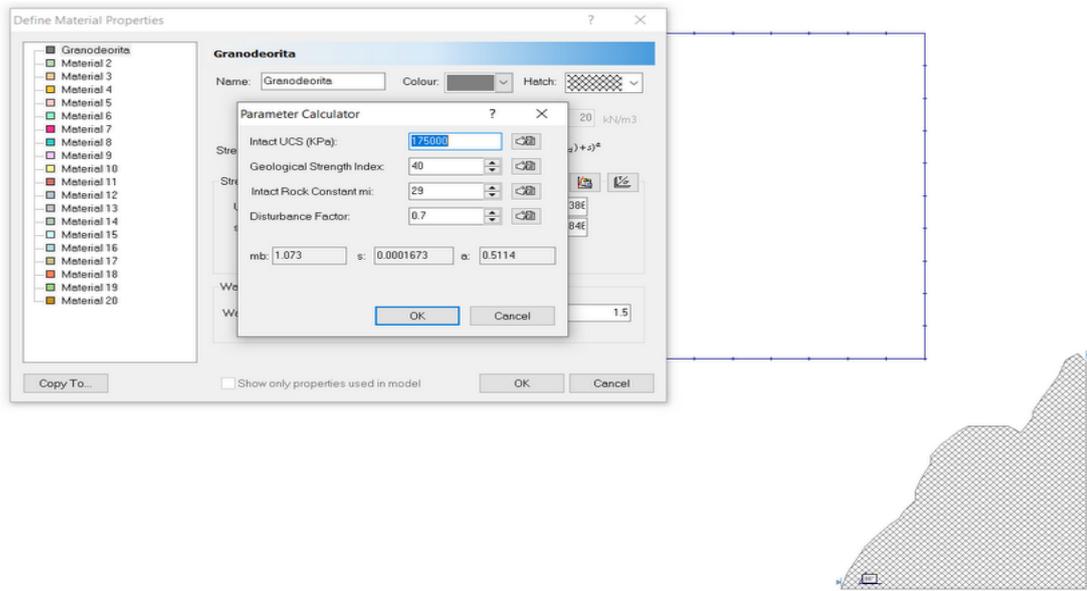
**APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA
PUNTILLA, CHONGOYAPE.**

GUIA DE OBSERVACION:

El presente formato sirve para recopilar datos sobre el buzamiento y la dirección del
buzamiento.

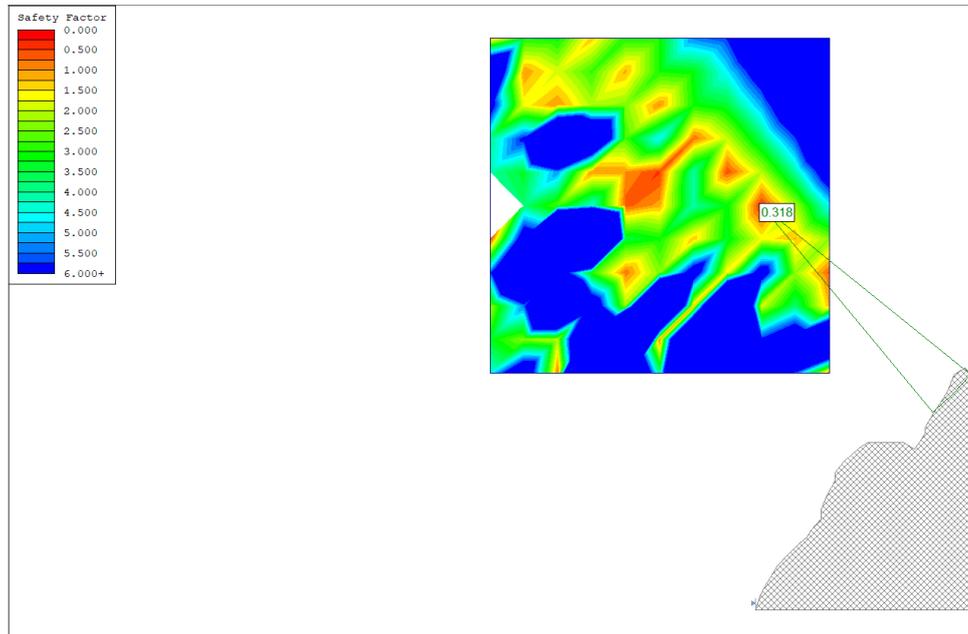
N°	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	N°	BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO
1	63	82	26	35	350
2	77	83	27	67	275
3	55	85	28	68	277
4	56	87	29	69	272
5	61	86	30	66	270
6	72	86	31	64	271
7	67	72	32	66	277
8	69	73	33	67	275
9	67	75	34	68	274
10	68	75	35	71	276
11	67	76	36	70	271
12	66	77	37	68	275
13	76	122	38	69	266
14	66	121	39	66	261
15	75	119	40	62	269
16	77	115	41	72	268
17	65	75	42	73	262

Anexo N° 12



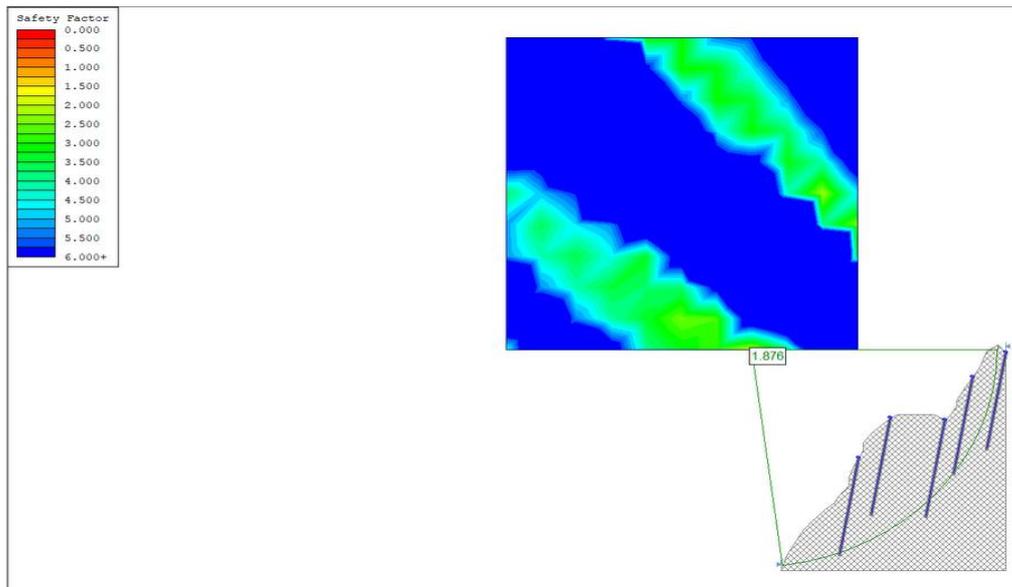
Datos para el factor de seguridad

Anexo N°13



Factor de seguridad

Anexo14



Simulación de Factor de seguridad con reforzamiento de cables

**INFORME DE RESULTADOS: ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL EN
ROCA SEGÚN LA NORMA ASTM.D 2938**

PROYECTO: Aplicación de Cable Bolting para el Sostentamiento de los Taludes de Roca en La Puntilla, Chongoyape

Sitio: Carretera Chiclayo – Chongoyape.

Responsables:

- Albujar Arroyo Pedro Antonio.
- Carrasco Osorio Roberto Carlos

Tipo de muestra: Roca ígnea intrusiva.

Fecha de recepción de la muestra:
10/10/19

Descripción de la muestra: Piroxenita-Granodeorita

Informe: Tesis

Dirección: Km. 45+071.5 de La Puntilla, Chongoyape.

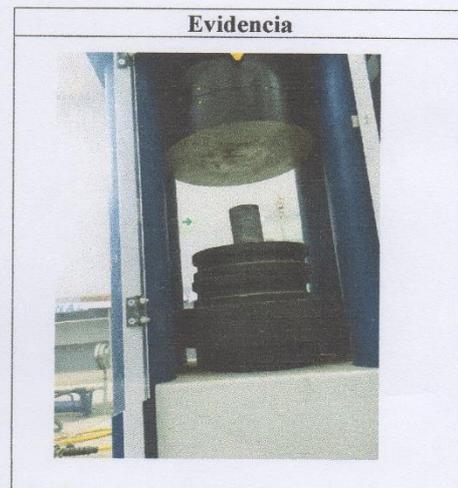
Código de proyecto: LAB 001 - 19

Nº de muestra: 01

Orden de servicio: OS-IGR-LAB-001-19-01

Fecha de ensayo: 10/11/19

Propiedades físicas de la probeta o testigo	
Diámetro(cm)	5.5
Altura (cm)	14
Carga máxima (kN)	170.251
Relación altura/diámetro	2.54
Área (mm ²)	2297.28
Volumen (mm ³)	321619.2
Densidad (g/cm ³)	2.63
Resistencia a la compresión (MPa)	86.708



Observaciones: _____



 CARLA MILAGROS MENA NEVADO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 160158

Albujar Arroyo Pedro.

Carrasco Osorio Roberto.

Jefe de laboratorio
 Ing. Mena Nevado Carla Milagros

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO. ESTE INFORME NO PUEDE SER PRODUCIDO EN SU TOTALIDAD NI PARCIALMENTE, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO QUE LO EMITE. ESTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN FIRMA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los docentes y especialistas que suscriben los documentos son. ING. COTRINA TEATINO, Marco Antonio con DNI:41872247 de la especialidad de geomecánica, ING. MBA GONZALES TORRES Jorge Omar con DNI:43703713 de la especialidad de: planificación y gestión de proyectos, la docente AGUINAGA VASQUEZ Silvia Josefina con DNI:16790469 con la especialidad en investigación educativa y docencia universitaria dan conformidad a los instrumentos de recolección de datos, que a continuación se presentan y que fueron sometidos a una evaluación y validación, con la finalidad de que sean aplicados por los estudiantes responsables: ALBUJAR ARROYO, Pedro Antonio y CARRASCO OSORIO, Roberto Carlos en la investigación titulada: APLICACIÓN DE CABLE BOLTING PARA EL SOSTENIMIENTO DE LOS TALUDES DE ROCA EN LA PUNTILLA, CHONGOYAPE.

Dejamos, evidencia de lo evaluado firmando el presente documento para los fines que sean necesarios.

Chiclayo, 27 de septiembre de 2019

Atentamente,

ING. COTRINA TEATINO,
Marco Antonio
DNI: 41872247

ING. GONZALES TORRES,
Jorge Omar
DNI: 43703713

AGUINAGA VASQUEZ,
Silvia Josefina
DNI: 16790469

Fotografías



Fotografía 1: Levantamiento topográfico de la zona de estudio



Fotografía 2: Toma de coordenada del primer punto con GPS



Fotografía 3: Toma de datos con la brújula



Fotografía 4: Toma de dato del primer bench mark



Fotografía 5: Orientación del talud



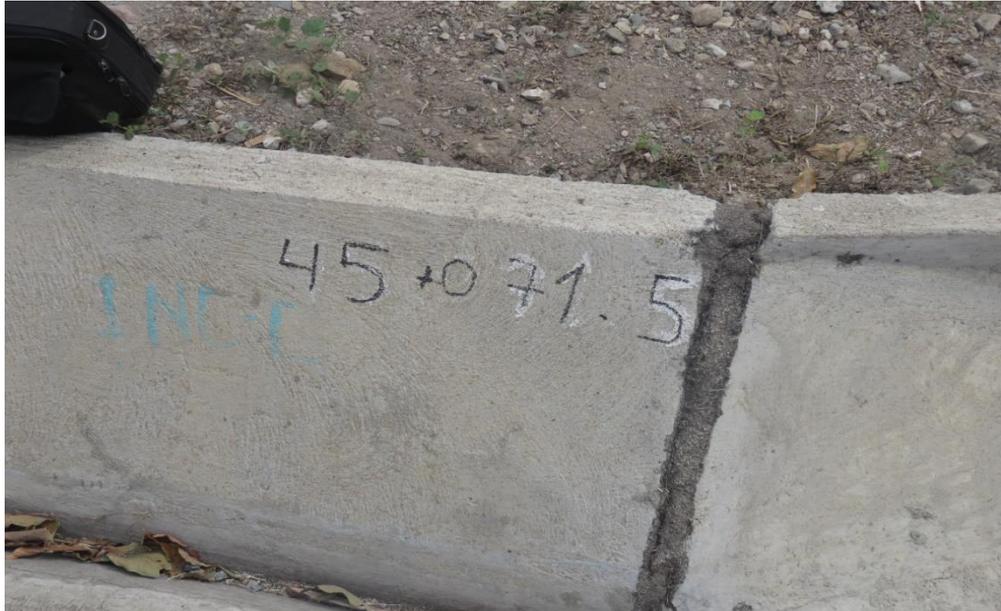
Fotografía 6: Toma de datos en el talud



Fotografía 7: Evidencia del cartel de la obra de descolmatacion



Fotografía 8: Cartel de zona de riesgo de deslizamientos



Fotografía 9: Ubicación del kilómetro del talud



Fotografía 10: Muestreo para reconocimientos de roca



Fotografía 11: Perforación de los testigos



Fotografía 12: Corte de los testigos para el ensayo a compresión simple



Fotografía 13: Medición de las orientaciones de las discontinuidades



Fotografía 14: Ensayo a compresión simple



Fotografía 15: Resultado del ensayo a compresión simple



Fotografía 16: Medición de las secciones del talud



Fotografía 17: Ubicación de los taladros en el talud



Fotografía 18: Ubicación de los taladros



Fotografía 19: Pintado de taladros para perforacion