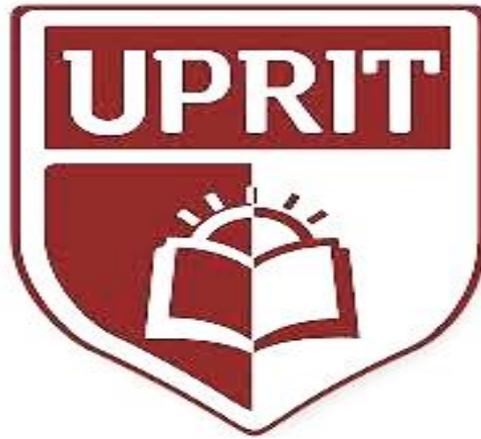


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA PE1-NF TRAMO
CONTUMAZÁ –CHILETE - 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

PABLO CESAR TICONA MARCA

**TRUJILLO - PERU
2019**

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller Pablo Cesar Ticona Marca, denominada:

“ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA PE1-NF TRAMO CONTUMAZÁ –CHILETE EN EL AÑO 2019”

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
ASESOR

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver
JURADO

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
JURADO



DEDICATORIA

Esta investigación va dedicado a mis familiares: Madre Josefina Marca de Ticona y mi hija Nely Roxana Ticona Gómez y mi esposa Roxana Gladyz Gómez Cabrera, a todos ellos que hicieron lo posible de alguna u otra manera apoyándome en todo momento, con el único fin de culminar satisfactoriamente esta tesis, la cual me demando tiempo y esfuerzo culminarlo.

A mis **docentes** por su apoyo y aportando con su enseñanza y así llevar a cabo esta tesis que es muy importante para ejercer mi vida profesional y perseverar en mis proyectos que me conducirán al éxito agradecer a todos mis amigos que conocí en mis años de universitario

AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme dado la vida e inculcarme valores y siempre motivarme a seguir adelante con los estudios, demostrado siempre su apoyo y cariño incondicional

A cada docente y asesores de la **Universidad Privada de Trujillo** quien con sus enseñanzas y apoyo incondicional ha hecho posible poder culminar mi carrera satisfactoriamente.

Al Mg: **Josualdo Carlos Villar Quiroz** quien
Contribuyó con su conocimiento y gracias a su
Apoyo permanente hizo posible la culminación
De esta tesis.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	10
1.3. Justificación.....	10
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo General.....	12
1.4.2. Objetivo Específico.....	12
1.5. Antecedentes.....	12
1.6. Bases teóricas.....	17
1.6.1. Definición de Talud y casos históricos.....	17
1.6.2. Clasificación y tipos de talud.....	18
1.6.3. Factor de Seguridad.....	21
1.7. Definición de Términos básicos.....	25
1.8. Formulación de la Hipótesis.....	25
1.8.1. Planteamiento de la hipótesis.....	25
1.8.2. Variables.....	26
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
2.1. Material.....	28
2.2. Material de estudio.....	35
2.2.1. Población.....	35
2.2.2. Muestra.....	35
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	35
2.3.1. Para recolectar datos.....	35
2.3.2. Para procesar datos.....	36



2.4. Operacionalización de las variables.....	39
III. RESULTADOS.....	40
IV. DISCUSIÓN.....	47
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES.....	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	58
ANEXO 1: GUÍAS DE OBSERVACIÓN VACÍAS.....	58
ANEXO 2: UBICACIÓN Y SECCIONES DE TALUD.....	61
ANEXO 3: GUIA DE OBSERVACIÓN-ENSAYO PESO ESPECIFICO.....	63
ANEXO 4: ESTUDIO GEOTECNICO.....	64

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 9: Operacionalización de Valores típicos del ángulo de fricción.....	39
Tabla 10: Resultados de los ensayos geotécnicos con las propiedades geo mecánicas.....	40
Tabla 11: Resultados del análisis de estabilidad del talud sección 1-1´	40
Tabla 12: Resultados del análisis de estabilidad del talud sección 2-2´	41
Tabla 13: Resultados del análisis de estabilidad del talud sección 3-3´	41
Tabla 14: Resumen de los resultados de la evaluación de la estabilidad del talud sección 1-1´ para soluciones propuestas.....	42
Tabla 15: Resumen de los resultados de la evaluación de la estabilidad del talud sección 2-2´ para soluciones propuestas.....	43
Tabla 16: Resumen de los resultados de la evaluación de la estabilidad del talud sección 3-3´ para soluciones propuestas.....	44
Fig. 1. Partes de un talud.....	17
Fig. 2: Deslizamiento del Río Mantaro.....	18
Fig. 3: Ejemplo caída de rocas en talud.....	19
Fig. 4: Ejemplo de falla por deslizamiento.....	20
Fig. 5: Falla por volcamiento.....	20
Fig. 6: Distribución Gamma de los valores de FS en un talud con filtración.....	21
Fig. 7: Fuerzas actuantes en una dovela.....	23
Fig. 8: Elemento para análisis por dovelas.....	24
Fig. 9: Esquema de la variable estabilización de taludes.....	27
Fig. 10: Diagrama de flujo del procedimiento experimental de la investigación.....	38
Fig. 11: Resultados FS con los métodos por equilibrio o límite y MEF para el análisis del talud sección 1-1´	45
Fig. 12: Resultados FS con los métodos por equilibrio o límite y MEF para el análisis del talud sección 2-2´	45
Fig. 13: Resultados FS con los métodos por equilibrio o límite y MEF para el análisis del talud sección 3-3´	45
Fig. 14: Resultados para FS con los métodos por equilibrio límite de talud sección 1-1´	46
Fig. 15: Resultados para FS con los métodos por equilibrio límite de talud sección 2-2´	46
Fig. 16: Resultados para FS con los métodos por equilibrio límite de talud sección 3-3´	46



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el departamento de Cajamarca, provincia de Contumazá, en la carretera PE-1NF tramo Contumazá-Chilete en el año 2019, lugar donde se realizó la evaluación de los taludes.

Se buscó evaluar las soluciones de estabilización de los taludes inestables, para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, descriptiva, el muestreo fue no probabilístico por juicio, la recolección de datos se realizó con la técnica de la Observación, el instrumento utilizado fue la guía de observación, para analizar los datos se empleó la estadística descriptiva, para poder resolver la problemática de taludes inestables que pueden fallar y causar pérdidas económicas, sociales y daño a la infraestructura.

Evalutando las soluciones que se plantea se logró valores de $FS=1.315$, $FS=1.414$, $FS= 1.867$ para los taludes Secc.1-1', Secc.2-2', Secc.3-3', logrando valores superiores a $FS=1.3$ tomado como valor mínimo. Así mismo se concluyó que las soluciones adecuadas son anclajes 1@2m y 1@2m, en dirección horizontal y vertical respectivamente con resistencia a la tensión de 90kN y $l=5m$ para el talud Secc.1-1', mantener la NAF a +3884.68 msnm para el talud Secc.2-2', y a +3864.00 msnm con lo que se vuelve estable dichos taludes.



ABSTRACT

The present investigation was made in the department of Cajamarca, province of Contumazá, on the PE-1NF road Contumazá-Chilete section in 2019, where the evaluation of the slopes was made.

We evaluate the stabilization solutions for unstable effects in the slope, for the realization of the investigation, the observation system, the research method, the method We use the observation guide, to analyze the data we used the descriptive statistics, to solve the problem of unstable problems of slope that can fail and cause them, social and damage to infrastructure.

The evaluation of solutions that allow to see the values of $FS = 1.315$, $FS = 1.414$, $FS = 1.867$ for the slopes Secc.1-1', Sec.2.2', Sec.3.3-3', achieving values higher than $FS = 1.3$ taken as the minimum value. It was also concluded that the appropriate solutions are anchorages 1 @ 2m and 1 @ 2m, in horizontal and vertical direction respectively with tensile strength of 90kN and $l = 5m$ for the article Secc.1-1', maintaining the NAF at +3884.68 msnm for the slope Secc.2-2', and to +3864.00 msnm with which said sayings become stable.



I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

GLOBAL

Baraja (2015), Asevera que:

La ingeniería civil como disciplina provee soluciones adecuadas a los problemas o necesidades de nuestra sociedad, modificando nuestro entorno para lograrlo, el entorno está compuesto por distintos elementos, de ellos probablemente el suelo entendido como la superficie y subsuelo de la corteza terrestre es el de mayor importancia, sobre este se sustentan casi en su totalidad las obras civiles y también es el medio en el cual el ser humano se ha desarrollado a lo largo de los años, de esta manera la ingeniería geotécnica es la especialidad de la ingeniería civil que a través del uso de la mecánica de suelos y también de la mecánica de rocas para estudiar el comportamiento de los suelos y rocas tanto en la superficie y el subsuelo a través de sus propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles.

Baraja (2015), Afirma que:

“La aplicación de la ingeniería geotécnica es amplia, es necesaria para cimentar todo tipo de estructuras, así como para construir muros de contención, presas e innumerables aplicaciones.”

Baraja (2015), Asegura que:

Una parte importante de la ingeniería geotécnica es el estudio de la estabilidad de los taludes, siendo estos estructuras naturales o creados artificialmente que se encuentran en diversos ámbitos de la ingeniería civil, con el desarrollo creciente de nuestra sociedad ha sido necesario crear vías de comunicación que permitan el transporte continuo dentro de una red de carreteras, trochas y caminos para la construcción, operación y mantenimiento de estas vías de manera que se asegure

la continuidad del servicio es necesario, entre otros factores, el estudio de la estabilidad de taludes en consideración del entorno y los fenómenos naturales que puedan afectarlos como precipitaciones provocadas por el Fenómeno del Niño (ENFEN) o el Fenómeno del Niño Costero del año 2017, de esta manera será fundamental que el ingeniero civil sea capaz de solucionar problemas de estabilidad de taludes, tanto en su análisis como en la creación de un sistema para su estabilización.

¿Qué pasa con la estabilización de taludes en China?

Las recientes investigaciones sobre estabilización de taludes realizadas en este país, destacan las investigaciones en el estudio sísmico de la estabilidad de taludes, se afirma lo siguiente:

Changwei (2017), Asegura que:

China es un país en el cual dos terceras partes de su superficie terrestre son áreas montañosas además se sitúa entre el círculo sísmico del Pacífico y la zona sísmica Euro-asiática, los terremotos de Diexi-Provincia de Sichuan, China en 1933 y el de Wenchuan, Provincia de Sichuan, China en el 2008, han causado diversos deslizamientos, flujos de detritos y colapsos de presas (Río Minjiang).

Changwei (2017), Manifiesta que:

De esta problemática se ha desarrollado investigaciones hacia la predicción de la estabilidad dinámica de taludes, aunque esta se encuentra aún en estado exploratorio, buscándose su sistematización en los temas de su mecanismo de falla, método de evaluación de la estabilidad, y la predicción del rango de peligro tanto teóricamente como prácticamente.

¿Qué pasa con la estabilización de taludes en EEUU?

Kibria (2017), Asegura que:

Los deslizamientos de tierra causan peligros significativos tanto en el sector

público como en el privado, cada año se gastan millones de dólares en la reparación y mantenimiento de carreteras por fallas del talud en los Estados Unidos. En los Estados Unidos, los estados costeros del oeste de California, Oregón y Washington son las regiones con alto riesgo de deslizamientos inducidos por lluvias.

Zhang (2016), Afirma que:

En Estados Unidos existe gran amplitud de métodos de estabilización, aunque los más comunes consisten en drenaje, eliminación del estrato débil, construcción de estructuras de retención, proveer de reforzamiento in-situ del suelo y tratamiento químico.

¿Qué pasa con la estabilización de taludes en Japón?

Towhata (2008), Asegura que:

Japón es un país con una constante actividad sísmica, la cual genera cuantiosos daños a la infraestructura, especialmente se destaca los daños generados en los taludes de carretera debido a los terremotos de 2004 Niigata-Chuetsu, 1993 Kushiro-Okii, 1994 Hokkaido-Toho-Okii., en este país el desarrollo de los métodos de estabilización se centra hacia el comportamiento dinámico de estos por la naturaleza sísmica de este país, es destacable el desarrollo del método de los desplazamientos permisibles, el que consta de tres pasos; determinación del desplazamiento permisible, diseño y plan de construcción, predicción del desplazamiento por sismo.

¿Qué pasa con la estabilización de taludes en Perú?

Palomero (2017), Asegura que:

En Perú se introdujo sistemas de estabilización con anclajes en la década de los 80 para la presa Tablachaca, posteriormente en proyectos como la Central Hidroeléctrica de GERA y del Cañón del Pato se introdujo sistemas de anclajes

permanentes y retensables, este tipo de estabilización es ahora de uso común en el Perú.

Raygada (2017), Afirma que:

En el Perú existe un incipiente desarrollo del tema, especialmente en el sector minero y señala que existen varios tipos de soluciones en el Perú, los sistemas de mayor difusión son colocar cobertura vegetal, optimizar el sistema de drenaje, mejoramiento con la construcción de un muro de contención o con ayuda de anclajes, también reducir el tamaño del talud, colocar banquetas, tender la pendiente.

¿Qué pasa con la estabilización de taludes en Puno?

Esta zona del Perú es de gran susceptibilidad a fenómenos importantes que afectan los taludes; lo que ha desarrollado diversas investigaciones tanto en la evaluación de la estabilidad del talud, así como en el desarrollo de soluciones para la estabilidad, es destacable que haya gran presencia de inestabilidad del macizo rocoso, problema tratado por la mecánica de rocas.

Soto (2017), Asegura que:

Se han hecho investigaciones en la carretera Muñani-Saytocochoa, carretera Interoceánica Tramo 4 Azángaro – Inamabari, carretera Dv. Cara Cara – Lampa, entre otras. Para el caso concreto de la carretera Interoceánica, en el talud rocoso del cerro Qoñiunu concluyó que “Se adoptó entonces considerar como sistema de estabilización la introducción de elementos estructurales para mejorar la resistencia del macizo rocoso del talud, estos elementos son pernos de anclaje puntuales o sistemáticos, shotcrete sin refuerzo puntual o sistemático, shotcrete reforzado puntual o sistemático, mallas metálicas, drenaje superficial y/o profundo”

¿Qué pasa con la estabilización de taludes en Contumazá?

La estabilización de taludes en la Provincia de Contumazá, Cajamarca tratada desde un punto de vista ingenieril y académico no ha sido realizada, o al menos documentada, en el aspecto de carreteras solo se realizan actividades de mitigación de daños debido a deslizamientos o caída de rocas, son observables técnicas basadas en la experiencia como la cobertura vegetal o disminución del ángulo del talud. Esta investigación busca formar un precedente tanto en el análisis como en el diseño de alguna solución de estabilización del talud.

Normativas que controlan el diseño de edificaciones en concreto armado

La estabilización de taludes es un tema regulado específicamente por la norma CE 0.20 Estabilización de Suelos y Taludes, del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la cual se brinda los requisitos mínimos mínimos para estabilizar taludes, en ella se brindan opciones mediante métodos físicos y químicos, además la norma establece factores de seguridad mínimos en 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones sísmicas. Además, en dicha norma se señala como normas complementarias las normas RNE E.030 y RNE 0.50, hay que mencionar que no se hace una recomendación en cuanto al método de análisis a usar.

Tupa (2017), Manifiesta que:

De acuerdo a su estudio encontró que en los taludes de la carretera Muñani-Saytocochoa las propiedades físico-mecánicas de estos son dependientes de las características geológicas, estructurales y de macizo rocoso; y que dichas características evaluadas en campo presentan alteración y meteorización al evidenciarse rocas fracturadas moderadamente con un grado de fracturamiento regular, además se concluyó que al realizar el análisis de estabilidad mediante el método de equilibrio limite, el modo de falla de estas estructuras fue una falla por cuña.

López (2016), Afirma que:

Se realiza un diseño de un talud minero con las consideraciones de estabilidad mediante el cálculo usando el software Slide haciendo uso del método del equilibrio limite, muestra que el diseño de un talud de 60° es estable para cada uno de los dominios estructurales determinados en el talud Este de la mina.

López (2016), Asegura que:

El autor también realiza la siguiente conclusión: “El método de elementos finitos, modelización numérica aplicando los modelos elasto-plástico perfectos y elasto-plástico con ablandamiento (considerando las deformaciones del macizo rocoso), resuelve algunas de las deficiencias del método de equilibrio límite en el diseño de taludes.”

Soto (2017), Asevera que:

Concluye que al realizar un análisis retrospectivo en el talud del Cerro Qoñiunu, se sugiere un diseño para la estabilización pernos de anclaje de 25 mm de diámetro, con una resistencia a la tracción de 350 kN/m con una longitud mínima de 6.5 metros y máxima de 24.5 metros para el sub talud 4, y de longitud mínima de 6 metros y máxima de 18 metros para el sub talud 9, shotcrete reforzado de 10 cm de espesor con una resistencia cortante de 1.17 MPa y una resistencia de diseño $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, el autor afirma que esta solución es compleja y poco factible técnica y económicamente, siendo mejor la construcción de un túnel que evite el paso cerca a este talud.

Soto (2017), Asevera que:

Como se evidencia en los trabajos revisados el diseño de un sistema de estabilización puede tener diferentes grados de complejidad ya sean estos taludes naturales o artificiales, de cualquier forma estos deberán tomar consideraciones básicas previas al estudio de la estabilidad, esto será la geología del sitio, una

evaluación estructural del macizo rocoso si es que este existe, de aquí podrá conocerse con más claridad las propiedad físico-mecánicas y su características, sin duda alguna también deberá tomarse en cuenta diversos factores como la hidrología, la topografía y los limites naturales y/o propiedades o estructuras adyacentes.

Soto (2017), Asevera que:

Otra problemática planteada es la elección del método para la solución del análisis de estabilidad, es de uso mayoritario el método de Equilibrio Limite, el cual suele ser aceptable, sim embargo hay que tener en claro que existen métodos como El método de elementos finitos, usando la reducción de la fuerza cortante, que según lo señalado por los autores supera las deficiencias presentadas por el método del equilibrio limite.

Soto (2017), Asevera que:

La estabilización a veces es compleja y suele tener grandes costes económicos, pero será necesaria para asegurar la continuidad del servicio, los métodos de anclaje y shootcrete muestran un buen comportamiento en conjunto y suelen usarse en taludes del tipo rocoso, en taludes de suelo la estabilización mediante estructuras de retención, el control de filtraciones y la estabilización química o una simple reconformación del ángulo del talud son sistemas de uso generalizado y resultados aceptables.

La empresa Winrod Contratistas S.A.C (RUC: 20469548318). realizó el Estudio Geológico Geotécnico del Tramo de la carretera Canta – Huayllay. En dicha investigación se evaluaron los procesos de geodinámica externa presentes en el tramo que puedan afectar al proyecto mediante observaciones en campo, ensayos in-situ y de laboratorio concluyendo que se considera que los movimientos geodinámicos del talud en esta zona son generados por los siguientes factores:

- Altura de los taludes de suelos arcillo gravosos.
- Filtraciones de agua hacia las paredes del talud.
- Orientación de las discontinuidades (planos de contacto) desfavorables a la vía.

INGEMMET (2007), Manifiesta que:

No se tiene acceso a más información por parte de otra empresa de carácter privado, pero sí de instituciones estatales, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico elaboró en informe titulado “ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS EN LA REGIÓN CAJAMARCA.” En el cual, debido a la inexistencia de una identificación de zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada, que muestran una recurrencia en algunos casos periódica a excepcional y, donde es necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

Sobre estas se dan recomendaciones generales para prevención y mitigación de desastres. Se trabajó en tres etapas:

- Elaboración de una síntesis bibliográfica con la recopilación de información geológica, geodinámica y de peligros existente, así como información socioeconómica y de vulnerabilidad para el análisis integral de la región.
- Trabajos de gabinete: Interpretación de fotografías aéreas de alto vuelo, disponibles, imágenes de satélite y radar en algunos casos de alta resolución, así como la elaboración de una Base de Datos de Peligros integrada a la base de datos geo científica institucional.
- Tres campañas de trabajos de campo en aproximadamente 75 días, con geólogos especialistas en riesgo geológico e identificación de movimientos en masa, áreas sujetas a inundación, etc.

INGEMMET (2007), Manifiesta que:

Lo que pudo permitir identificar, georreferenciar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas, de procesos de movimientos en masa de los tipos: derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos, flujos de detritos (huaycos, flujos de lodo, avalanchas de rocas o detritos), reptaciones y movimientos complejos (deslizamiento-flujos, derrumbe-flujos, etc.), así como también de zonas afectadas por procesos de erosión e inundación fluvial, erosión de laderas (cárcavas y procesos avanzados de “bad lands”), procesos de hundimiento o karst u otros peligros geológicos.

La carretera PE-1NF Contumazá-Chilete, Departamento de Cajamarca, es la única vía pavimentada hacia la capital de la provincia de Contumazá, es por eso que esta vía de aproximadamente 40 Km de longitud es de suma importancia para la provincia, la vía sufre distintos cierres parciales y totales en temporada de lluvias, su mayoría por deslizamiento de tierras, desde su pavimentación en el año 2014 los daños y los costos de reparación son más elevados, en el año de 2017 debido a fenómenos climatológicos denominados como Fenómeno del Niño Costero, la situación de esta vía llegó a un estado crítico, causando el aislamiento de la ciudad de Contumazá debido a la interrupción del servicio de transitabilidad causado por diversos deslizamientos y bloqueos de esta carretera, ocasionando pérdidas económicas, a los usuarios y a la población de la provincia en general, perjudicando al comercio, la agricultura y distintas áreas económicas que allí se desarrollan.

Las acciones de las autoridades son de despeje y limpieza de la vía, así como reparación de la superficie de rodadura con maquinaria, acciones que son principalmente de mitigación, sin implementarse un sistema de estabilización del talud, así mismo el INGEMMET ha desarrollado un estudio de riesgos geológicos e hidrológicos en esta zona en el año 2008, mas no se lleva a cabo una ejecución de alguna obra pertinente que permita una solución definitiva estrictamente técnica que permita un servicio

continuo hacia los usuarios, de esta forma en este trabajo buscamos soluciones para los problemas de estabilidad de taludes de esta vía, buscando que los deslizamientos y fallas de talud puedan evitarse mediante soluciones que se presenten en cada caso.

Ante lo expuesto anteriormente se buscó poder desarrollar un sistema para la estabilización de los taludes en la Carretera PE 1-NF Tramo Contumazá-Chilete, mediante un estudio de sus propiedades y realizando la solución del análisis de la estabilidad mediante los métodos clásicos del equilibrio limite y la solución numérica brindada por el método de los elementos finitos, logrando soluciones adecuadas para la estabilización de los taludes en el área de estudio.

1.2. Formulación del problema.

¿Cómo realizar la estabilización de los taludes en la Carretera PE 1-NF Tramo Contumazá-Chilete?

1.3. Justificación.

GENERAL:

Las obras de infraestructura vial permiten el desarrollo económico y social de una localidad, desde el año de su ejecución en el año 2014 la carretera Contumazá-Chilete es utilizada como la principal vía para la actividad económica realizada en la provincia, debido a que es la única vía de acceso asfaltada, la calidad y continuidad del servicio de transitabilidad asegura dicha actividad económica, sin este existen pérdidas económicas y graves consecuencias sociales como aislamiento, atraso, etc., la principal amenaza de continuidad del servicio son las interrupciones por deslizamientos y otros fenómenos de geodinámica externa debido a la inestabilidad de los taludes, la cual la ejecución de este proyecto es de suma importancia para tener un servicio de transitabilidad continuo y de calidad además de brindar la seguridad necesaria al usuario.

TEORICA

La justificación teórica de este proyecto radica en el establecimiento de metodologías basadas en adecuados fundamentos teóricos y técnicos inexistentes en el lugar de estudio, es fundamental además señalar que será aplicada teorías actuales y consistentes con la realidad como son el modelamiento numérico mediante el método de los elementos finitos (MEF).

PRACTICA

Este proyecto dará soluciones específicas a inestabilidad de taludes, mediante esto podrá evitarse bloqueos por deslizamientos, corrimientos y demás fenómenos que puedan afectar a la infraestructura vial y usuarios de la carretera PE-1NF tramo Contumazá-Chilete.

VALORATIVA

Este trabajo tendrá impacto económico y social en la provincia de Contumazá, Cajamarca permitiendo a la comunidad desarrollarse sin perder sus actividades, como comercio, agricultura y sectores desarrollados en la provincia, otro aspecto valorativo es la implementación de una metodología aprovechable por otros investigadores, profesionales y técnicos para solucionar los problemas de estabilidad de taludes en el área de estudio.

ACADÉMICA

Contribuirá de forma valiosa en el aspecto de manejo de nuevas tecnologías informáticas, al exponer los procedimientos de uso de nuevas metodologías aplicadas en paquetes de software que permitan una reducción en el tiempo de cálculo referente a la estabilidad de taludes, dichos programas son SLIDE, PLAXIS 2D, PHASE2, generando una guía para los interesados, así como una muestra de los resultados obtenidos con cada uno de ellos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

- Evaluar las soluciones de estabilización de los taludes en riesgo alto en la carretera PE-1NF tramo Contumazá-Chilete en el año 2019.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Analizar la estabilidad de los taludes en riesgo alto en la carretera PE-1NF tramo Contumazá-Chilete en el año 2019.
- Determinar las características geo mecánicas de los taludes inestables de riesgo alto en la carretera Contumazá-Chilete.
- Evaluar el riesgo y la probabilidad de falla de talud en los taludes inestables de riesgo alto en la carretera Contumazá-Chilete.
- Comparar los resultados obtenidos de distintos métodos de análisis de la estabilidad de taludes.

1.5. Antecedentes.

Existen diversos estudios y trabajos acerca de la estabilización de taludes en carreteras.

“Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110”

Sackschewski (2017), Asegura que:

El estudio fue realizado en la carretera Canta-Huayllay, en la cual se produjo problemas de estabilidad de taludes en su construcción, generando fenómenos de geodinámica externa de riesgo medio y elevado, lo que causo problemas en la ejecución de obras, así como perdidas económicas.

Sackschewski (2017), Afirma que:

Se realizó mediante una caracterización geológica, de igual forma se caracterizó el suelo y la roca, procediéndose luego a un análisis retrospectivo, para luego proponer soluciones y aplicar nuevamente el análisis retrospectivo y evaluando si los factores de seguridad eran apropiados. Los resultados obtenidos

mostraban que las soluciones apropiadas eran la modificación de la geometría del talud, así como el drenaje de estos. De esta forma el autor concluyo que la inestabilidad se debía a cortes con pendientes inadecuadas sin estudios previos y que las soluciones presentadas eran satisfactorias.

“Estudio de la inestabilidad y alternativas de solución del talud del cerro Qoñiunu en el distrito de Ollachea”

Soto (2017), Señala que:

La investigación realizada en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE PUNO en la cual estudia el problema causado por la inestabilidad del cerro QOÑIUNU debido a que los constantes deslizamientos son un riesgo latente a la infraestructura vial de la carretera interoceánico sur, así como para la población, buscando caracterizar geo mecánicamente el macizo rocoso del cerro para determinar el diseño de estabilización del talud, la investigación consistió en una recopilación de datos, posteriormente se realizaron diversos ensayos de clasificación y caracterización de rocas, así como distintos parámetros del comportamiento mecánico de esta, clasificación RMR, GSI, SMR, luego se utilizó criterio de resistencia Barton - Bandis para las familias de discontinuidades y el criterio de resistencia Hoek - Brown para el macizo rocoso, los cuales fueron introducidos en un análisis MEF, se realizó dicho análisis para las soluciones optimas, obteniéndose factores de seguridad adecuados.

Soto (2017), Señala que

Los resultados presentados por los autores caracterizan al talud con condiciones de estabilidad malas, según la clasificación RMR y GSI, mientras que muy pobre a pobre según la clasificación SMR. Los análisis de estabilidad arrojaron valores de FS de entre 1.03 y 1.31 valores que afirman la inestabilidad del talud rocoso.

Soto (2017), Señala que

Concluyendo que no era posible la aplicación de soluciones de reconformación del talud, entonces se adoptó entonces considerar como sistema de estabilización la introducción de elementos estructurales para mejorar la resistencia del macizo rocoso del talud, estos elementos son pernos de anclaje puntuales o sistemáticos, shotcrete sin refuerzo puntual o sistemático, shotcrete reforzado puntual o sistemático, mallas metálicas, drenaje superficial y/o profundo.

“Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca-El Gavilán”:

Montoya (2014), Manifiesta:

A nivel local destacan las investigaciones realizadas en la carretera Cruz Blanca - El Gavilán, la cual fuertemente meteorizados física y químicamente, además presentan procesos de erosión, dando lugar a condiciones geodinámicas inestables en los taludes de la carretera, causando constantes interrupciones en la vía Chilete-Cajamarca, debido a esta situación el autor busco caracterizar geo mecánicamente y geotécnicamente los taludes de la via para generar una evaluación de riesgos de inestabilidad de taludes.

Montoya (2014), Manifiesta:

Esto se hizo realizándose muestreos en taludes críticos para luego analizarlos y clasificarlos según la clasificación geo mecánica RMR, RQD y GSI, así como evaluar los factores de seguridad, resultando factores de seguridad inadecuado en diversos tramos críticos, clasificándose tres zonas, de Riesgo alto, de riesgo y de riesgo moderado, concluyendo que el comportamiento litomorfoestructural de la carretera Cruz Blanca - El Gavilán, es compleja por la presencia por la presencia de estructuras fuertemente disturbadas, que originan plegamientos, fallamientos y alto fracturamiento en los macizos rocosos y condiciones inestables en los depósitos cuaternarios.

“Zonas críticas por peligros geológicos e hidrológicos en la región Cajamarca.”:

INGEMMET (2007), Afirma que:

De igual forma el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico emitió un estudio motivado por la inexistencia de una identificación de zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada, que muestran una recurrencia en algunos casos periódica a excepcional y donde es necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres, buscando permitir identificar, georreferenciar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas, de procesos de movimientos en masa. La información brindada de la metodología destaca que fue realizada mediante evaluación de imágenes aéreas de alta resolución y trabajo en campo por profesionales geólogos en riesgo geológico e identificación de movimientos en masa, áreas sujetas a inundación, el resultado de este trabajo fue Identificación de zonas, poblados e infraestructura en riesgo geológico o hidrológico y mapas detallados de esto, concluyendo con la identificación de aquellas zonas donde es necesario su integración al sistema nacional de prevención de desastres.

“Evaluación de la estabilidad de un talud de carretera por análisis numérico.”:

Azoia (2017), Manifiesta que:

Realizaron esta investigación en la localidad de Guarulhos, São Paulo, Brazil. , ellos buscaron resolver el problema de falta de métodos exactos, ágiles y que permitan introducir diversos parámetros del talud, en este caso se da suma importancia la infiltración por lluvias, en este estudio la exploración del suelo se dio básicamente mediante el ensayo SPT y el análisis con el software Geostudio 2012, posteriormente se hizo un estudio de los periodos de lluvia y finalmente se analizó la variabilidad mediante un análisis de confianza y sensibilidad.

Azoia (2017), Manifiesta que:

El resultado más relevante de esta investigación fue que el análisis de confiabilidad indicó que el factor de la seguridad puede variar entre 0.74 y 1.59. La desviación estándar fue 0.11 y el índice de confiabilidad 1.44, lo que resultó en una probabilidad de falla del 7.7%, este análisis mostró la estabilidad de la sección ser insatisfactorio. Se destaca la conclusión de que el modelado numérico es una herramienta compleja que permite implementación de análisis convencionales de estabilidad de taludes. Además, el factor de seguridad y el índice de confiabilidad deberían ser utilizados como información suplementaria adicional para el desarrollo de un proyecto adecuado.

“Slope stability analysis at highway BR-153 using numerical models.”

Zingano (2016), Asegura que:

Realizar el estudio en la carretera RS-471/BR-153 en Rio Grande do Sul, Brasil, fue realizada por la falta de un modelo que se asemeje a las condiciones reales de campo, además que pueda trabajar y considerar las deformaciones por esfuerzo, buscando mostrar la metodología de trabajo mediante el análisis numérico en taludes mediante el método Ubiquitous-joint, como una herramienta que representa aceptablemente las condiciones de campo.

En análisis se realizó con software numérico FLAC versión 5.00, lo cual arrojo resultados obtenidos son esfuerzos en cada punto de la masa, los cuales se presentan gráfico de colores, observándose el comportamiento predicho, los autores concluyeron que, usando el modelo, ha sido posible obtener una representación muy cerca de las condiciones reales para la pendiente estudiada, definido por los siguientes procesos:

- Rotura superficial de la rolita.
- Rotura superficial de la brecha de origen volcánico.

- Cuando se consideró la capa de rolita como continuo, no fue posible simular ambos procesos simultáneamente.

1.6. Bases Teóricas.

1.6.1. Definición de talud y casos históricos:

Baraja (2015), Asevera que:

Podemos definir un talud como “Una superficie de tierra expuesta que se encuentra en un ángulo con la horizontal, se denomina talud sin restricciones”

Dicha masa de suelo podrá constituirse ya sea de suelo o roca, o en algunas situaciones, una mezcla heterogénea de ambas, de igual forma podrá ser un talud natural o hecho por acción del hombre.

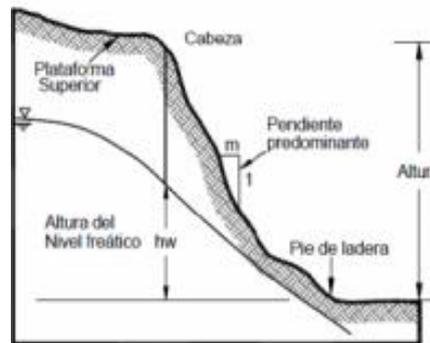


FIG. 1: Partes de un talud.

Fuente: estabilidad-de-taludes7.webnode.es.

Duncan (1975), Afirma que:

El estudio de la estabilidad de taludes es entonces una acción realizada para asegurar con cierto grado de probabilidad que el talud no fallara bajo las circunstancias o condiciones de la obra, la inestabilidad del talud trae como consecuencia inmediata o prolongada en el tiempo una falla del talud, dicha falla es un peligro para las personas, así como para la infraestructura cercana, existen numerosos casos de falla de talud, con consecuencias desastrosas, tanto en pérdidas humanas como económicas, un claro ejemplo es el deslizamiento en el río Mantaro, uno de los más grandes de que se tenga registro, ocurrido en abril

de 1974, conteniendo aproximadamente 2 millones de yardas cubicas de tierra.

Duncan (1975)

Este deslizamiento generó un represamiento del rio que almacenó sus aguas durante un mes, generando una pared de tierra de 165 m de altura, la cual fallo generando una avenida que arrasó en todo el valle del Mantaro, el poblado de Mayunmarca fue arrasado junto con sus 450 habitantes.

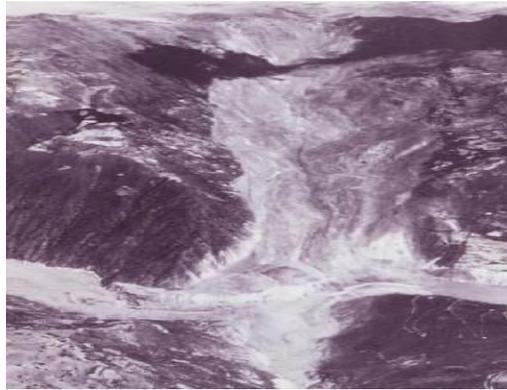


FIG. 2: Deslizamiento del Rio Mantaro ocurrida en 1974.

Fuente: Duncan, Soil strength and slope Stability.2014.

1.6.2. Clasificación y tipos de talud:

Para comprender este fenómeno podemos clasificar los tipos de fallas en 4 grupos, los que se describirán a continuación.

- **Caída de Rocas:**

Baraja (2014), Asevera que:

Esta falla es un caso especial de taludes que contienen rocas o segmentos de esta, los cuales situados en la cabeza del talud se desprenden, rodando a través del cuerpo del talud por efecto de la gravedad, constituyendo un riesgo elevado de accidentes, especialmente cuando se encuentran por encima de vías.



FIG. 3: Ejemplo de caída de rocas en talud.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/derrumbe-cauce-rio-esteli>.

- **Deslizamiento:**

Baraja (2014), Asevera que:

En este caso existe una superficie de falla, generalmente adoptada de forma circular, en donde el esfuerzo generado al suelo será mayor que el que este puede soportar, generando que este se deslice, pero la característica de este modo de fallas es que existirá rotación y traslación a través de la superficie de falla, este modo es el más común de falla.



FIG. 4: Ejemplo de falla por deslizamiento.

Fuente: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/rt/printerFriendly/48179/59380>.

- **Volcamiento:**

Baraja (2014), Asevera que:

En esta falla existe solo rotación de la masa de suelo, siempre con su eje de

rotación por debajo del centro de masa del suelo, generando que este vuelque hacia el lado libre del terreno, una falla poco común en taludes de tierra, pero bastante distribuida en taludes rocosos.

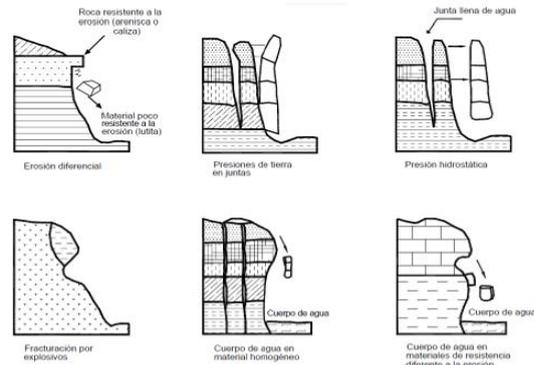


FIG. 5: Falla por volcamiento.

Fuente: <https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/marco-teorico/>.

- **Reptación de suelo:**

Baraja (2014), Asevera que:

“Consiste en un movimiento horizontal del suelo mas no incluye rotación de este genera un movimiento lento y agrietamiento, sucede en taludes con pendientes bajas.”

1.6.3. Factor de seguridad:

Ahora analizaremos el concepto de factor de seguridad, para ello definiremos como sigue:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Donde τ_f representa el esfuerzo cortante que podrá resistir el suelo, determinado por ensayo, mientras que τ_d representa el esfuerzo cortante desarrollado en la masa de suelo.

Hoek (2007), Aduce que:

Este valor representara entonces la relación entre la capacidad de un suelo frente a el esfuerzo desarrollado a través de el en la superficie de falla, según la experiencia un valor de FS=1.5, será suficiente para asegurar la estabilidad del talud, como vimos anteriormente, la superficie de falla será adoptada, ahora por consiguiente tendremos diversos valores de FS para cada superficie de falla, lo cual nos llevará a poder establecer un histograma, del cual podremos ajustar a una distribución de probabilidad y establecer con ello un riesgo de falla, considerando que esta se dará a partir de cierto valor de FS. Como vemos en la Fig. 6. Como vemos podremos establecer la probabilidad de falla en el talud.

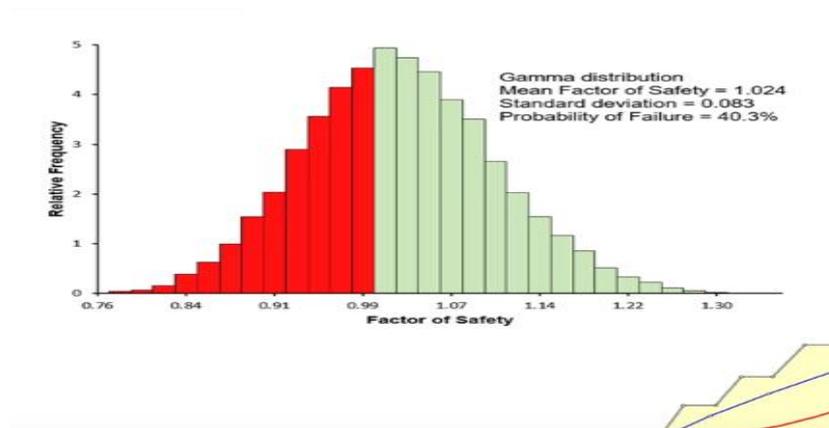


FIG. 6. Distribución Gamma de los valores de FS en un talud con filtración.

Fuente: Rock slope engineering. Hoek. 2007.

Ahora desarrollaremos formas para poder calcular dicho valor de seguridad, debido a que el valor τ_d es variable, y será en general imposible evaluarlo, por lo cual debe establecerse un sistema para calcularlo a través de las características físicas del talud.

Del criterio de falla de Mohr-Coulumb estableceremos que:

$$\tau = c' + \sigma tg(\varphi')$$

Donde de símbolo σ representa valores efectivos del suelo, y como recordamos c representa la cohesión y φ el ángulo de fricción.

$$\sigma' = \sigma - u$$

Con lo cual:

$$FS = \frac{c'_f + \sigma' tg(\varphi'_f)}{c'_d + \sigma' tg(\varphi'_d)}$$

Además, asumiremos que:

$$Fd = \frac{c'_f}{c'_d}$$

$$F\varphi = \frac{(\varphi'_f)}{(\varphi'_d)}$$

Y que en FS=1 es el estado crítico:

$$FS = Fd = F\varphi = 1$$

Considerando un talud infinito con infiltración puede escribirse que:

$$FS = \frac{c'}{\gamma_{sat} H \cos^2(\beta) tg(\beta)} + \frac{\gamma}{\gamma_{sat}} \frac{tg(\varphi')}{tg(\beta)}$$

Dónde:

C' : Cohesión del suelo.

γ_{sat} : P. específico del suelo saturado.

γ : P. específico del suelo seco.

β : Angulo del talud respecto a la horizontal.

Una vez que tenemos la idea de factor de seguridad y su forma de cálculo podremos particularizar esta definición a casos de taludes reales. Una forma muy extendida en su uso es el método de las dovelas, comenzaremos explicándolo con el método más simplificado, denominado método ordinario.

Consideremos:

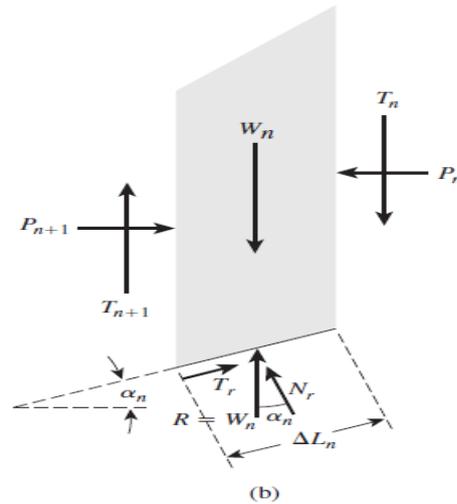


FIG. 7. Fuerzas actuantes en una dovela.

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica.

Baraja (2014), Aduce que:

Aquí el método establece una simplificación que será de gran ayuda, las fuerzas actuantes P_n y P_{n+1} se consideraran de igual magnitud y actuando en la misma línea de acción, de igual forma T y T_{n+1} , con lo cual estas fuerzas no será necesario calcular, porque se eliminaran entre ellas, esto facilita el cálculo debido a que dichas fuerzas normales y tangenciales son muy difíciles de calcular, utilizando el criterio de Mohr-Coulumb y asumiendo un ancho unitario, y haciendo equilibrio de momentos en el punto O de la superficie de falla circular asumida.

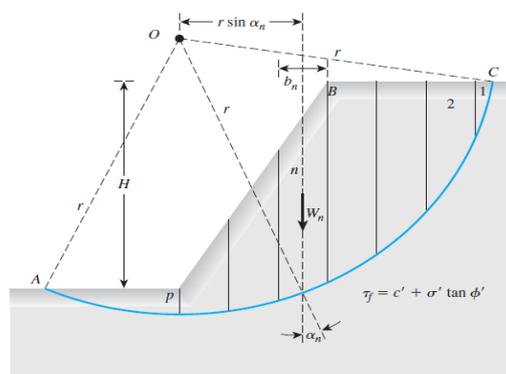


FIG. 8. Elementos para el análisis por dovelas, método ordinario.

Fuente: Braja, 2014.

Se llega a que:

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c' + \Delta Ln + Wn * \cos(\alpha n) * tg(\varphi'))}{\sum_{n=1}^{n=p} Wn * \sin(\alpha n)}$$

Donde

Wn : Peso de cada dovela (Es calculable haciendo que $Wn = An * P$. Esp.*1m)

α : Angulo desde el centro del circulo de falla hacia la tangente en la línea de acción del peso (Centroide).

ΔLn : Longitud inclinada de la dovela.

Ahora, se presentará el método de Bishop Simplificado, en el cual la fuerza Tn no será despreciada, pero no se incluirá el equilibrio de fuerzas.

$$Tr = Nr \left(\frac{Tg\varphi'}{FS} \right) + \left(\frac{C'\Delta Ln}{FS} \right)$$

Además, que:

$$Nr = \frac{Wn + \Delta Tn - \left(c'\Delta Ln \frac{\text{sen}(\alpha n)}{FS} \right)}{\cos(\alpha n) + \left(\frac{tg(\varphi') \sin(\alpha n)}{FS} \right)}$$

De lo cual:

$$FS = \frac{\sum (c'b + Wn tg(\varphi'))}{\sum (Wn \sin(\alpha n)) m(\alpha)}$$

Donde:

$$m = \cos(\alpha) + \frac{\tan(\varphi') \text{sen}(\alpha)}{FS}$$

Para filtración:

$$FS = \frac{\sum (c'bn + (Wn - u * bn) tg(\varphi'))}{\sum (Wn \sin(\alpha n)) m(\alpha)}$$

Donde:

Tr : Fuerza tangencial en el punto de contacto.

Nr : Fuerza normal en el punto de contacto.

bn : Ancho horizontal de dovela.

Podemos ver de esta forma que para la solución de la estabilidad del talud por el método de Bishop simplificado existe una ecuación implícita para el valor de FS, por ello debe generarse un cálculo iterativo, este procedimiento será hecho en la presente investigación mediante el Software Slide V.6.0, en el cual existe además otros métodos más exactos, los cuales serán de gran utilidad, estos son: Jambu, Jambu simplificado, Bishop, Spencer, Michalowski, los cuales incluyen otras variables como el equilibrio de fuerzas en ambas direcciones.

1.7. Definición de términos básicos

Abramson (2002), Asevera que:

Talud: Para la ingeniería y la arquitectura, es la diferencia que existe entre el grosor del sector inferior del muro y el grosor del sector superior, creando una pendiente. Esto permite que el muro pueda resistir la presión que ejerce la tierra detrás de él.

1.8. Formulación de la hipótesis.

1.8.1. Planteamiento de la hipótesis.

a. Hipótesis general:

La reconfiguración de la geometría del talud, el control de filtraciones y la introducción de elementos estructurales como pernos de anclaje, shootcrete, mallas metálicas y drenaje, serían las soluciones que permitan la estabilidad de taludes de la carretera PE-1NF Contumazá-Chilete en los sectores de ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa de riesgo elevado para las características geo mecánicas del talud.

b. Hipótesis específica

Los taludes de la vía PE 1-NF. Contumazá –Chilete con geodinámica externa de riesgo alto presentan una elevada probabilidad de falla.

1.8.2. Variables

Estabilización de taludes:

Abramson (2002), Afirma que:

La estabilización de taludes es un conjunto de métodos que tiene como objetivo incrementar las fuerzas resistentes o en su defecto reducir las fuerzas desestabilizadoras actuantes, buscando estabilizar la parte inestable de suelo o reduciendo la presión de poros actuante en dicha zona del talud inestable de acuerdo a un análisis de estabilidad permitiendo que dicho talud se vuelva estable.

Clasificación:

- **Independiente:** La variable es independiente ya que dentro de ella se encuentran parámetros definidos como las propiedades geomecánicas del talud, las cuales son específicas de cada lugar de estudio sin que puedan ser modificadas.
- **Cualitativa:** La variable es cualitativa debido a que presenta valores no numéricos que expresen cantidad, sino es un conjunto de características.
- **Nominal:** Es nominal porque no permite un orden o secuencia.
- **Unidimensional:** La única variable es la estabilización del talud.
- **Indirecta:** La variable solo puede ser evaluada a través de información deducida mediante análisis de estabilidad en base a estudios previos.



FIG. 9: Esquema de la variable estabilización de taludes.

Fuente: Propia.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material:

a) Materiales

- Recursos Disponibles

A. MATERIALES, EQUIPOS Y SERVICIOS					
TIPO	CLASIFICADOR DE RECURSOS	NOMBRE	CARACT. TECNICAS	CAN.	UND
B. 1.					
MATERIALES					
	8.B.1.1	PAPELERIA Y UTILES DE OFICINA			
		LAPIZ	-	2	UND
		BORRADOR	-	2	UND
		LAPICERO	-	2	UND
		CORRECTOR	-	2	UND
		PAPEL BOND	-	1	MILLAR
B. 2.					
INSTRUMENTOS					
	8.B.2.1.	INSTRUMENTOS PARA EXCAVACIÓN			
		FLEXOMETRO (WINCHA)	-	1	PZA
		MARTILLO	-	1	PZA
		BROCHAS	-	1	PZA
		CINTA METRICA	PRECISION 1cm	2	PZA
	8.B.2.2.	INSTRUMENTOS			
		JUEGO DE TAMICES	-	1	PZA
		VERNIER	-	1	PZA
		PLACA DE VIDRIO	-	1	PZA
B.3. EQUIPOS					
	8.B.3.1	EQUIPOS PARA ENSAYOS			
		BALANZA PRECISION 1g	CAPACIDAD 30 Kg MIN.	1	PZA
		ESTUFA	TEMP MAYORES A 100°C	1	PZA
	8.B.3.1.1.	EQUIPOS PARA ENSAYO GRANULOMETRIA			
		APARATO AGITADOR	MECANICO	1	PZA

		HIDROMETRO	-	1	PZA
	8.B.3.1.2.	EQUIPOS PARA ENSAYO CONO DE ARENA			
		APARATO DE CONO METALICO Y RECIPIENTE PLASTICO	-	1	PZA
		BALANZA PRECISION 0.1g	PRECISION 0.1 g	1	PZA
		EQUIPO DE HUMEDAD SPEEDY	CORTO TIEMPO DE ANALISIS	1	PZA
	8.B.3.1.3.	EQUIPOS PARA ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL			
		BALANZA PRECISION 0.1g	PRECISION 0.1 g	1	PZA
	8.B.3.1.4.	EQUIPOS PARA ENSAYO LIMITES DE ATTEMBERG			
		CUCHARA CASAGRANDE	MECANICA O MANUAL	1	PZA
		RANURADOR	-	1	PZA
		BALANZA PRECISION 0.1g	PRECISION 0.1 g	1	PZA
	8.B.3.1.5.	EQUIPOS PARA ENSAYO COMPRESION UNIAXIAL			
		MAQUINA DE COMPRESION AXIAL	CON DEFORMIMETRO	1	PZA
	8.B.3.1.6.	EQUIPOS PARA ENSAYO PRUEBA TRIAXIAL			
		MAQUINA DIGITAL PARA PRUEBA TRIAXIAL	-	1	PZA
		BOMBA DE VACIO	-	1	PZA
		COMPUTADORA CON SOFTWARE DEL FABRICANTE DE EL EQUIPO	-	1	PZA
	8.3.2.	EQUIPOS DE OFICINA			
		COMPUTADORA CORE I5 O SUPERIOR	-	1	PZA
		IMPRESORA CANON G3100	-	1	PZA
		CAMARA FOTOGRAFICA	-	1	PZA
B.3. SERVICIOS					

	8.4.1.	VIÁTICOS Y ASIGNACIÓN POR COMISIÓN DE SERVICIO			
	8.4.2.	SERVICIO DE INTERNET			
		INTERNET	1 MES	1	MES
	8.4.3.	ENSAYOS			
		ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL	-	1	GLOBAL
		ENSAYO DE CONO DE ARENA	EN CAMPO	1	GLOBAL
		ENSAYO DE GRANULOMETRIA	PARA	1	GLOBAL
		ENSAYO DE LIMITES DE ATTEMBERG	LL, IP, LL, IC	1	GLOBAL
		ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL	PARA ROCA MACIZA	2	GLOBAL
		ENSAYO DE PRUEBA TRIAXIAL	PARA SUELO	1	GLOBAL
	8.4.4.	SERVICIO DE IMPRESIONES, ENCUADERNACION Y EMPASTADO			

b) Humano.

C. PERSONAL		
CANTIDAD	PERSONAL	PROCEDENCIA
02	ALUMNO	ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE ING. CIVIL- UPRIT
02	DOCENTE	ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE ING. CIVIL- UPRIT

- Recursos no disponibles

A. MATERIALES, EQUIPOS Y SERVICIOS					
TIPO	CLASIFICADOR DE RECURSOS	NOMBRE	CARACT. TECNICAS	CANT.	UND
B. 1.					
MATERIALES					
	8.B.1.1	PAPELERIA Y UTILES DE OFICINA			
		FOLDERS	-	20	UND
	8.B.1.2.	MATERIALES PARA			

		TRANSPORTE			
		SACOS	-	50	UND
		BOLSAS PLASTICAS	-	100	UND
B. 2.					
INSTRUMENTOS					
	8.B.2.1.	INSTRUMENTOS PARA EXCAVACION			
		PALA	-	2	PZA
		PICOTA	-	2	PZA
		CUÑA	-	1	PZA
		CUCHARON	-	1	PZA
		ESPATULA	-	1	PZA
	8.B.2.2.	INSTRUMENTOS			
		MARTILLO SCHMIDT	-	1	PZA
		MARTILLO GEOLOGICO	-	1	PZA
		FICHAS GEOMECANICAS	-	1	PZA
		BRUJULA	-	1	PZA
B.4. SERVICIOS					
	8.4.1.	VIÁTICOS Y ASIGNACIÓN POR COMISIÓN DE SERVICIO			
		MOVILIDAD	TRANSPORTE DE PERSONAL Y EQUIPO	2	DIA
		ALIMENTACION	-	2	DIA
		HOSPEDAJE	-	1	DIA
	8.4.2.	SERVICIO DE INTERNET			
	8.4.3.	ENSAYOS			
		ENSAYO DE CORTE DIRECTO	PARA DISCONTINUIDADES	1	GLOBAL
		ENSAYO DPL	ALTERNATIVA: SPT	1	GLOBAL
		ENSAYO TILT-TEST	PARA ANGULO DE DESLIZ.	1	GLOBAL
	8.4.4.	SERVICIO DE IMPRESIONES, ENCUADERNACION Y EMPASTADO			

		FOTOCOPIADO DE TESIS	-	6	UND
		ENCUADERNADO	-	6	UND

B. LOCALES		
UBICACIÓN	TIPO	LUGAR
TRUJILLO	LABORATORIO	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS*
TRUJILLO	DEPOSITO	ALMACEN PARA MUESTRAS, MATERIALES E INSTRUMENTOS

c) Servicios.

ITEM	PARTIDA	NOMBRE DEL RECURSO	UND	CANT	PRECIO UNIT	PARCIAL	TOTAL (S/.)
3.1	SERVICIOS						
3.1.1	VIÁTICOS Y ASIGNACIÓN POR COMISIÓN DE SERVICIO						150.00
		MOVILIDAD	global	2.00	40.00	80.00	
		ALIMENTACION	global	2.00	15.00	30.00	
		HOSPEDAJE	global	2.00	20.00	40.00	
3.1.2	SERVICIO DE INTERNET						360.00
		INTERNET	global	6.00	60.00	360.00	
3.1.3	ENSAYOS						2342.95
		ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL	und	1.00	30.00	30.00	
		ENSAYO DE CONO DE ARENA	und	1.00	150.00	150.00	
		ENSAYO DE GRANULOM.	und	1.00	90.00	90.00	
		ENSAYO DE LIMITES DE ATTEMBERG	und	1.00	210.00	210.00	
		ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL	und	1.00	22.95	22.95	
		ENSAYO DE PRUEBA TRIAXIAL	und	1.00	700.00	700.00	
		ENSAYO DE CORTE DIRECTO	und	1.00	390.00	390.00	

		ENSAYO DPL	und	1.00	700.00	700.00	
		ENSAYO TILT-TEST	und	1.00	50.00	50.00	
3.1.4	SERVICIO DE IMPRESIONES, ENCUADERNACION Y EMPASTADO						75
		FOTOCOPIA DE TESIS	und	3	10.00	30.00	
		ENCUADERNAR	und	3	15.00	45.00	
TOTAL SERVICIOS							2927.95

d) Otros

- Presupuesto

Recursos disponibles

ITEM	PARTIDA	NOMBRE DEL RECURSO	UND	CAN TID AD	PRECIO UNIT	PARC.	TOTAL (S/.)
1.1	MATERIALES						20.40
1.1.1	PAPELERIA Y UTILES DE ESCRITORIO						20.40
		LÁPIZ	und	2	1.00	2.00	
		BORRADOR	und	2	0.50	1.00	
		LAPICERO	und	2	0.70	1.40	
		CORRECTOR	und	2	2.00	4.00	
		PAPEL	mill	1	12.00	12.00	
1.2	INSTRUMENTOS						451.00
1.2.1	INSTRUMENTOS PARA EXCAVACIÓN						46.00
		FLEXÓMETRO	pza	1	8.00	8.00	
		MARTILLO	pza	1	15.00	15.00	
		BROCHAS	pza	1	3.00	3.00	
		CINTA MÉTRICA	pza	1	20.00	20.00	
1.2.2	INSTRUMENTOS VARIOS						405.00
		JUEGO DE TAMICES	pza	1	320.00	320.00	
		VERNIER	pza	1	80.00	80.00	
		PLACA DE VIDRIO	pza	1	5.00	5.00	

1.3	EQUIPOS						2900.00
1.3.1	EQUIPOS DE OFICINA						2900.00
		COMPUTADORA CORE I5 O SUPERIOR	und	1	1500	1500.00	
		IMPRESORA CANON G3100	und	1	600	600.00	
		CAMARA FOTOG.	und	1	800	800.00	
TOTAL RECURSOS DISPONIBLES							3371.40

Recursos no disponibles.

ITEM	PARTIDA	NOMBRE DEL RECURSO	UND	CANT	PRECIO UNIT	PARCIAL	TOTAL (S/.)
2.1	MATERIALES						40.00
2.1.1	PAPELERÍA Y UTILES DE OFICINA						10.00
		FOLDERS	und	50	0.20	10.00	
2.1.2	MATERIALES PARA TRANSPORTE DE MUESTRAS						30.00
		SACOS	und	50	0.50	25.00	
		BOLSAS PLÁSTICAS	und	100	0.05	5.00	
2.2	INSTRUMENTOS						525.50
2.1.1	INSTRUMENTOS PARA EXCAVACIÓN						95.50
		PALA	pza	1	21.20	21.20	
		PICOTA	pza	1	46.90	46.90	
		CUÑA	pza	1	10.00	10.00	
		CUCHARON	pza	1	10.00	10.00	
		ESPATULA	pza	1	7.40	7.40	
2.1.2	INSTRUMENTOS VARIOS						430.00
		MARTILLO SCHMIDT	pza	1	350	350.00	
		MARTILLO GEOLOGICO	pza	1	55	55.00	
		FICHAS GEOMECHANICAS	pza	1	5	5.00	
		BRUJULA	pza	1	20	20.00	
TOTAL RECURSOS DISPONIBLES							565.50

2.2. Material de estudio.

2.2.1. Población.

Taludes en la carretera Contumazá Chilete PE-1NF.

2.2.2. Muestra.

La técnica de muestreo utilizada es no probabilística, por conveniencia, debido al criterio propio se escogió como muestra los taludes de tierra y taludes rocosos en situación de inestabilidad de riesgo alto en estación lluviosa en la carretera Contumazá Chilete PE-1NF

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.3.1. Para recolectar datos.

En el estudio se usó la observación no experimental ya que no se modifica la variable solo se observa y registra dicha variable para realizar la estabilización del talud.

La observación es participante, nos involucramos parcialmente en la obtención de los datos además es Directa porque estamos en contacto con la unidad de estudio, así mismo es sistemática porque se usa un instrumento estructurado para evaluar la variable en estudio.

➤ El instrumento de recolección de datos: Guía de observación.

2.3.2. Para procesar datos.

Método de análisis de datos: Se usó la Estadística descriptiva debido a que es una un diseño no experimental, donde no es necesario hacer uso de la inferencia estadística.

Se usarán las tablas de distribución de frecuencia y gráficos de líneas.

Además, se hará uso de software de análisis de la estabilidad del talud como Software SLIDE v. 6, Phase2 y el Software PLAXIS 2D.

a. Procedimiento Experimental:

1. Primeramente, se procederá a un reconocimiento de los taludes en mayor riesgo, siguiendo los criterios siguientes: Recurrencia de falla alta en la estación de lluvia, nivel de compromiso de la población e infraestructura vial

en caso de deslizamiento, casos de riesgo geológico indicados por el INGEMMET.

2. Una vez reconocidos los taludes en riesgo se adoptarán estos como material de estudio y se presentarán como taludes a estudiarse y se clasificarán por el riesgo de inestabilidad.
3. Se continuará posteriormente con la caracterización geo mecánica del talud, la cual se hará con la recolección de datos, se realizará mediante ensayos in-situ y de post-procesamiento, con ensayos de muestras inalteradas, así mismo con ensayos de muestras alteradas y datos geológicos. Las tomas de datos para las características físicas del suelo se realizarán mediante el ensayo DPL, procesándose luego para estimar dichos valores a partir del número de golpes y la estratificación.
4. Una vez obtenidos estos datos podrá realizarse un modelo físico de cada talud en el software SLIDE V.6.0 ROCSIENCE.
5. El siguiente paso será realizar el análisis de estabilidad en el software, el cual arrojará un análisis completo, incluyéndose los factores de seguridad y la probabilidad de falla del talud.
6. Se registrarán dichos resultados, implementándose un informe en el cual se incluya los datos de Factor de Seguridad(FS) y la probabilidad de falla.
7. Se evaluará luego el riesgo de falla del talud, procediéndose a descartar del estudio aquellos taludes que no se encuentren en riesgo de falla y tomándose para la siguiente etapa aquellos que si se encuentren en riesgo de falla.
8. Se presentarán las alternativas de diseño para la estabilización de cada diseño propuesto, estas son la reconformación de la geometría del talud, el control de filtraciones y la introducción de elementos estructurales.

9. Se generará un modelo físico según las características naturales de talud y la alternativa de diseño propuesta en el software SLIDE V.6.0.
10. Luego se analizarán dichos modelos presentados en el software, el cual arrojará si dichos diseños son estables y no muestran riesgo de falla.
11. Se elegirá la solución que muestre ser segura, sin riesgo de falla y que tenga el menor costo, siendo económicamente viable, con ello se elegirá el diseño óptimo.
12. Se presentarán los resultados de la investigación, mostrando el diseño final, presentándose planos, memorias de cálculo, dejándose a disposición de las autoridades o interesados en la ejecución de dichos diseños.

Se muestra un gráfico en forma de diagrama de flujo, el cual puede visualizarse en la Fig. 9, de elaboración propia del investigador, en la cual se indica el proceso y el orden del procedimiento de una forma esquematizada.

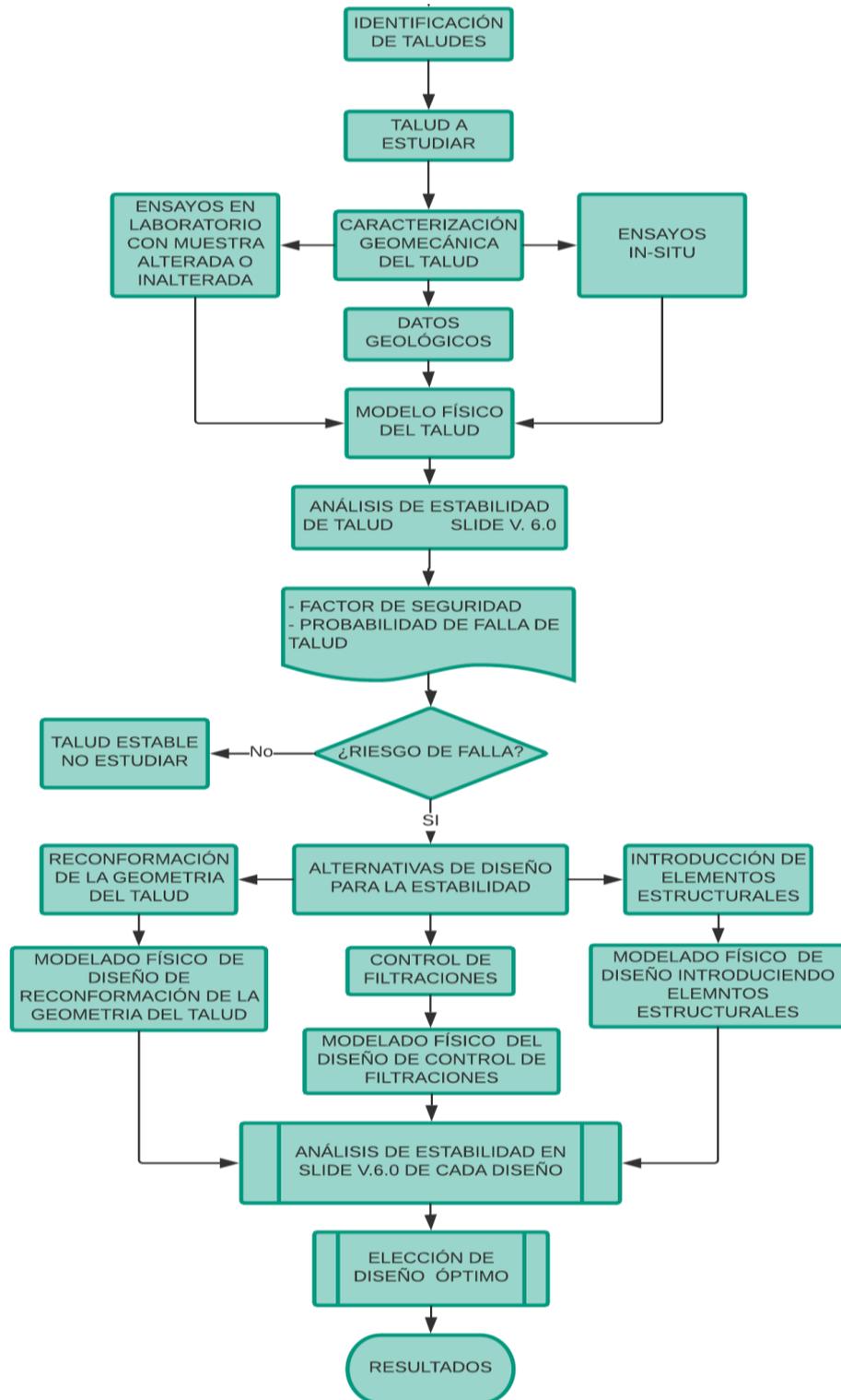


FIG. 10: Diagrama de flujo del procedimiento experimental de la investigación.

Fuente: Propia

2.4. Operacionalización de variables.

Tabla 9: Operacionalización de variables.

Fuente: propia.

VARIABLE		DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEM
VARIABLE INDEPENDIENTE	ESTABILIZACIÓN DEL TALUD	La estabilización de taludes es un conjunto de métodos que tiene como objetivo incrementar las fuerzas resistentes o en su defecto reducir las fuerzas desestabilizadoras actuantes, buscando estabilizar la parte inestable de suelo o reduciendo la presión de poros actuante en dicha zona del talud inestable de acuerdo a un análisis de estabilidad permitiendo que dicho talud se vuelva estable	El proceso de esta variable comienza con estudios preliminares de identificación geología, posteriormente se definirán las propiedades geomecánicas del talud, a partir de ello se modelará matemáticamente luego se hará un análisis de estabilidad para el modelo planteado. La siguiente etapa consiste en diseñar los diferentes sistemas de estabilización, realizándose un análisis retrospectivo para evaluar la estabilidad del talud en condiciones de dichas soluciones. Se culminará el proceso cuando la probabilidad de falla sea baja, expresándose en un factor de seguridad adecuado según la norma CE 0.20.	Propiedades geo mecánicas y geométricas del Talud	Angulo de fricción	MUESTRA INALTERADA DE SUELO
					Cohesión	MUESTRA INALTERADA DE SUELO
					Peso específico	MUESTRA INALTERADA DE SUELO
					Humedad en el suelo	MUESTRA INALTERADA DE SUELO
					Angulo de inclinación	MUESTRA INALTERADA DE SUELO
					Nivel freático	DATOS DE CAMPO
				Análisis de estabilidad del talud	Factor de seguridad	MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE TALUDES, EQUILIBRIO LÍMITE Y ELEMENTOS FINITOS

III. RESULTADOS

- Se encontró tres unidades geotécnicas que comparten sus propiedades geo mecánicas, las que se exponen en la Tabla 10, para el peso específico, cohesión y ángulo de fricción.

Tabla 2: Resultados de los ensayos geotécnicos con las propiedades geo mecánicas.

Unidad geotecnica	Propiedad geomecánica			
	γ KN/m3	γ_{sat} KN/m3	c' kPa	ϕ' °
Depósito Coluvial	21	22	5	36
Depósito Morrenico	20	21	5	32
Depósito Residual	20	21	27	16

La siguiente tabla expresa las propiedades geo mecánicas de los materiales que conforman el talud.

Fuente: Propia.

- En la Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 se muestra los resultados de estabilidad para los taludes de la sección 1-1', 2-2', 3-3' para las condiciones iniciales del talud en estado saturado encontrándose todos los factores de seguridad según los métodos.

Tabla 11:

Resultados del análisis de estabilidad del talud sección 1-1'.

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer	MEF	Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Inicial sin NAF	1.449	1.810	1.063	1.062	1.010	1.065

Para la sección 1-1' se calculó para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$

Fuente: Propia.

Tabla 12:

Resultados del análisis de estabilidad del talud sección 2-2'.

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer	MEF	Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Inicial con NAF a 0.3H	1.414	1.320	0.989	0.941	0.861	0.974

Para la sección 1-1' se calcula para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$

Tabla 13:

Resultados del análisis de estabilidad del talud sección 3-3'.

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer	MEF	Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Inicial con NAF a 0.3H	1.414	1.320	1.278	1.279	1.269	1.277

Para la sección 1-1' se calcula para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$

Fuente: Propia.

- En la Tabla 14 se muestra un resumen de los resultados de los análisis de estabilidad para las alternativas de solución con reducción de la infiltración, reconformación del talud e inclusión de elemento estructurales como anclajes con bulbo y pernos para el talud en sección 1-1'.
- En la Tabla 15 se muestra un resumen de los resultados encontrados de los análisis de estabilidad con diversos métodos para las alternativas de solución con reducción de la infiltración, reconformación del talud e inclusión de elemento estructurales como anclajes con bulbo y pernos para el talud en sección 2-2'.
- Lo encontrado en los análisis de estabilidad para el talud de sección se muestra un resumen de los resultados para el talud de la sección 3-3' encontrados de los análisis de estabilidad con diversos métodos para las alternativas de solución con reducción de la infiltración, reconformación del talud e inclusión de elemento

estructurales como anclajes con bulbo y pernos.

Tabla 14: Resumen de los resultados de la evaluación de la estabilidad del talud sección 1-1' para las soluciones propuestas.

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer	MEF	Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Inicial con NAF a 0.3H	1.442	1.800	0.983	0.963	0.902	0.973
Inicial sin NAF	1.449	1.810	1.063	1.062	1.010	1.065

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con $P_{ga}=0.18$

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Reconf a 20° con NAF a 0.3H	2.21		1.294	1.29	1.247	1.296

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con $P_{ga}=0.18$

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Anclaje con NAF a 0.3H	1.846		1.315	1.311	1.216	1.312

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con $P_{ga}=0.18$, con anclajes de 90Kpa @2m

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Pernos con NAF a 0.3H	1.544		1.086	1.067	0.987	1.082

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con $P_{ga}=0.18$, con pernos de 10 Kpa @2m

Fuente: Propia.

Tabla 15: Resumen de los resultados de la evaluación de la estabilidad del talud sección 2-2' para las soluciones propuestas.

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer	MEF	Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Inicial con NAF a 0.3H	1.414	1.320	0.989	0.941	0.861	0.974
Solución sin NAF	1.689	1.630	1.414	1.384	1.283	1.405

Para la sección 1-1' se calcula para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Reconf. a 10° con NAF a 0.3H	1.614		1.404	1.401	1.349	1.405

Para la sección 1-1' se calcula para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Anclaje con NAF a 0.3H	1.59		1.063	1.014	0.9	1.04

Para la sección 1-1' se calcula para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$, con anclajes de 90Kpa @2m

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Pernos con NAF a 0.3H	1.441		1.015	0.97	0.879	0.994

Para la sección 1-1' se calcula para los escenarios críticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sísmicas con $P_{ga}=0.18$, con pernos de 10 Kpa @2m

Tabla 16: Resumen de los resultados de la evaluación de la estabilidad del talud sección 3-3' para las soluciones propuestas.

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer	MEF	Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Inicial sin NAF	1.867	1.630	1.867	1.872	1.854	1.867
Inicial con NAF a 0.3H	1.414	1.320				
			1.278	1.279	1.269	1.277

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Reconf. a 10° con NAF a 0.3H	-	-	-	-	-	-

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con $P_{ga}=0.18$

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Anclaje con NAF a 0.3H	4.252		2.44	2.307	2.307	2.447

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con

Condición	Estático		Pseudoestático			
	FS		FS			
	Spencer		Spencer	Bishop	Jambu	Morgerstern
Pernos con NAF a 0.3H	1.441		1.795	1.796	1.759	1.797

Para la sección 1-1' se calculo para los escenarios criticos de saturación del suelo con NAF a 4.69 m y condiciones sismicas con $P_{ga}=0.18$, con pernos de 10 Kpa @2m

Fuente: Propia.

- Se encontró los siguientes resultados para los tres taludes comprando los métodos de Spencer y MEF, se muestra los taludes de la sección 1-1', 2-2' y 3-3' en las Fig. 13, Fig. 15 y Fig. 17 respectivamente.

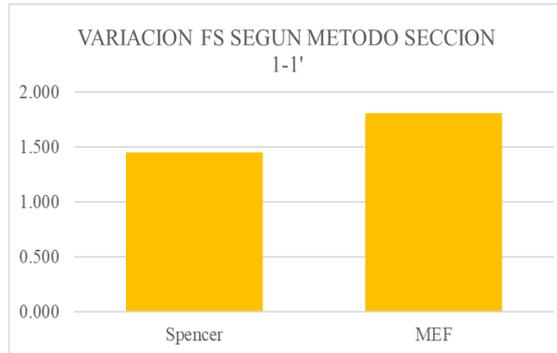


Fig. 11: Resultados para FS con los métodos por equilibrio limite y MEF para el análisis del talud sección 1-1'.

Fuente: Propia.

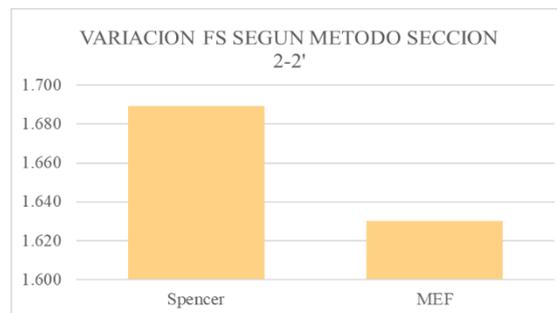


Fig. 12: Resultados para FS con los métodos por equilibrio limite y MEF para el análisis del talud sección 2-2'.

Fuente: Propia.

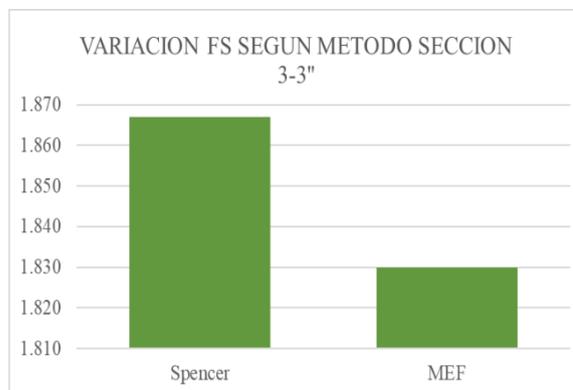


Fig. 13: Resultados para FS con los métodos por equilibrio limite y MEF para el análisis del talud sección 3-3'.

Fuente: Propia.

- Se encontró los siguientes resultados para los tres taludes comprando los métodos de equilibrio limite, se muestra los taludes de la sección 1-1', 2-2' y 3-3' en las Fig. 16, Fig. 17 y Fig. 18 respectivamente.

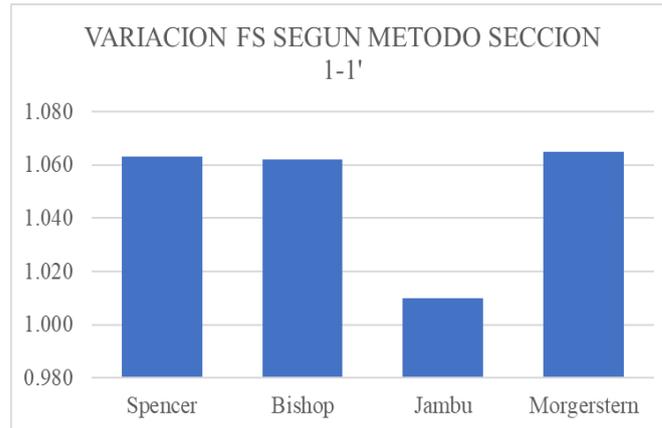


Fig. 14: Resultados para FS con los métodos por equilibrio límite del talud sección 1-1'.

Fuente: Propia.

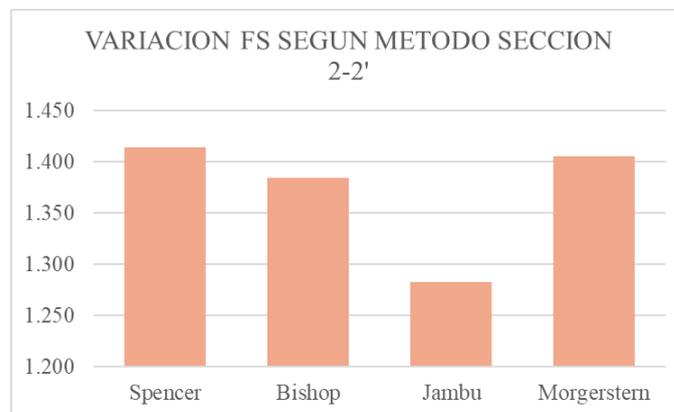


Fig. 15: Resultados para FS con los métodos por equilibrio límite del talud sección 1-1'.

Fuente: Propia.

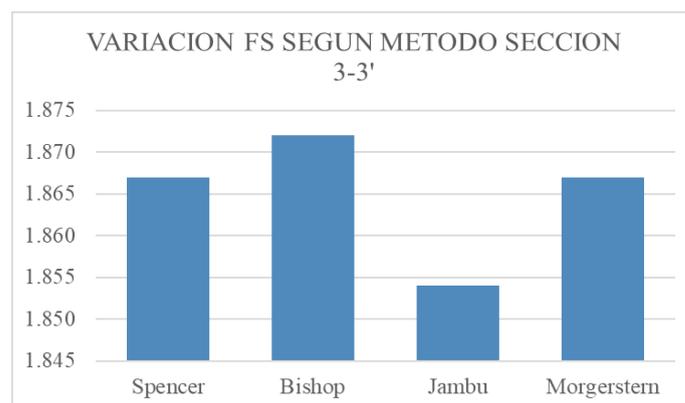


Fig. 16: Resultados para FS con los métodos por equilibrio límite del talud sección 1-1'.

Fuente: Propia.

IV. DISCUSIÓN.

- Los resultados que obtuvimos evidencian que si existe evidencia que las soluciones propuestas son adecuadas para lograr la estabilización del talud en la carretera PE-1NF tramo Contumazá -Chilete, esta evidencia consiste en los análisis de estabilidad realizados para cada talud con dichas postulaciones, por ejemplo para el talud de la sección 1-1' se halló que la solución basada en la introducción de elementos estructurales, específicamente los anclajes con bulbo tipo C cada 2m en dirección horizontal y de igual forma en dirección vertical con longitud de 5m anclados en el basamento rocoso mostraron un $FS=1.315$, de igual forma en los taludes de las secciones 2-2' y 3-3' se halla que existen soluciones con factores de seguridad adecuados. Además, en base a lo presentado en el marco teórico, específicamente en las Tabla 04 y Tabla 05 se extrae que un factor de seguridad adecuado es aquel que sea mayor a 1.3. Con esto comparando los valores obtenidos para el análisis de estabilidad de las soluciones se ve que las propuestas cumplen con dicha condición, aunque algunas no sean del todo adecuadas existen para cada talud soluciones que, si logran la estabilización del talud, esto será decidido al realizar las conclusiones. Por lo expuesto se considera que la hipótesis propuesta por el investigador es verdadera. De igual forma el análisis de los taludes en su estado inicial muestran que los valores obtenidos en el análisis de estabilidad son menores a los deseados, por lo que tenemos que son inestables, validándose nuestra hipótesis secundaria.
- De los análisis de estabilidad podemos considerar que existe un claro comportamiento de los métodos de análisis por equilibrio límite el cual muestra una similitud entre dichos métodos, tanto en los métodos



considerado simplificados como los de Spencer, Bishop y hacia los métodos rigurosos como el método de Morgenstern-Lowe.

- Así mismo inferimos que al ver los resultados que existe una variación de respecto a los demás métodos del método de Janbu, el cual arroja resultados menores a los demás métodos, esto puede ser explicado debido a que el método se basa en la suposición de una línea de aplicación de las fuerzas entre rebanadas, a diferencia de los demás métodos que buscan hacer suposiciones respecto al valor de dicha fuerza, mas no su punto de aplicación.
- Se tendrá que las soluciones que en los resultados obtuvieron un mejor desempeño serán aquellas que en un final se adoptarán como soluciones definitivas para la estabilización del talud.
- Cabe señalar que al hacer el análisis de estabilidad por elementos finitos existe una gran susceptibilidad al valor que tendrán las propiedades geomecánicas de talud, por lo cual deberá tenerse en especial cuidado la exploración geotécnica.

V. CONCLUSIONES

- A través de los resultados obtenidos a partir del programa SLIDE V.06 y PLAXIS 2d, llegamos a la conclusión principal de según la evaluación de las alternativas de solución para la estabilización de taludes en la carretera PE-1NF:
- Para el talud descrito en la Sección 1-1' se encontraron que las soluciones evaluadas que cumplen los requisitos de Factor de Seguridad mayor a 1.3 fueron los anclajes con bulbo, como se aprecia en la Tabla 11 , con la configuración de patrón de 1@2m y 1@2m, en dirección horizontal y vertical respectivamente con resistencia a la tensión de 90kN y l=5m anclados en el estrato de basamento rocoso con bulbo tipo C como se observa en la Fig. 8.
 - Para el talud de la sección 2-2' se encontró que las soluciones adecuadas para un factor de seguridad FS=1.3 fueron la reconfiguración del talud a 10° y el control de infiltraciones manteniendo el nivel freático por debajo del eje de la vía, con ello se obtendrían FS de seguridad de 1.414 y 1.404 (Tabla 12 y Tabla 13) respectivamente bajo un análisis pseudo estático, por lo cual evaluada la solución adoptada será el control de infiltraciones manteniendo el en un nivel máximo NAF+3884.68msnmm, como se observa en la Fig. 9 para evitar el gran movimiento de tierras que la solución alternativa conllevaría.
 - En el tercer talud de la sección 3-3' todas las soluciones propuestas en la hipótesis principal fueron validas al tener un FS>1.3, de esa forma no se realizó la evaluación de la reconfiguración del talud debido a que otras alternativas más viables fueron halladas satisfactorias

incluso sobredimensionadas, debido a la facilidad de aplicación se decidió usar la solución de control de infiltraciones manteniendo el en un nivel máximo NAF+3864.00 msnm, como se observa en la Fig. 10

➤ De igual forma se analizó la estabilidad de los taludes, y se concluyó respecto a nuestro objetivo secundario que:

- El talud de la sección 1-1' presenta inestabilidad bajo un análisis pseudoestático con factor de aceleración es de 0.18 tanto en condiciones saturadas y drenadas, por lo tanto, es con $FS=0.983$ y $FS=1.063$ respectivamente que concluimos que el talud se encuentra un riesgo elevado de falla en condiciones drenadas y en falla inminente en condiciones saturadas bajo un análisis sísmico.
- En el talud sección 2-2' concluimos que no se encuentra en peligro de falla bajo las condiciones drenadas y sísmicas con $FS>1.3$, mas esta en falla inminente cuando se encuentra en condiciones saturadas bajo condiciones sísmicas con un $FS=0.989$.
- Para el talud de la sección 3-3' concluimos que se encuentra en riesgo de falla solo bajo las conclusiones sísmicas y saturadas.

➤ Se llegó a la conclusión que existen tres (03) materiales con propiedades geo mecánicas determinadas, a saber:

- Depósito coluvial: $\gamma=21 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{sat}=22 \text{ kN/m}^3$, $c'=5 \text{ kPa}$, $\varphi'=36^\circ$.
- Depósitos morrénicos: $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{sat}=21 \text{ kN/m}^3$, $c'=5 \text{ kPa}$, $\varphi'=32^\circ$
- Depósitos residuales: $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{sat}=21 \text{ kN/m}^3$, $c'=27 \text{ kPa}$, $\varphi'=16^\circ$

Con lo que concluimos que las propiedades geo mecánicas de los taludes son el de un suelo misto debido a que presentan valores apreciables tanto



de el parámetro de resistencia de fricción, característico de suelos granulares y también cohesión, característico de suelos arcillosos o cohesivos

- Se concluye que los métodos simplificados de Spencer y Bishop presenta un comportamiento similar al método riguroso de Morgenstern, mientras tanto el comportamiento del método de Janbu es presentar valores menores del factor de Seguridad. Por otro lado, se concluye que el método de elementos finitos tiende a mostrar valores del factor de seguridad mayores o iguales a los métodos basados en el equilibrio límite.

VI. RECOMENDACIONES

- Las soluciones propuestas en esta investigación han sido escogidas por su gran difusión y tanto de su diseño y concepción, así como su proceso constructivo, sin embargo se recomienda buscar otras alternativas con un impacto ambiental menor, estas alternativas quedan fuera de esta investigación, pero a criterio del autor alternativas como la siembra de vegetación tienen un gran potencial de desarrollo y aplicación en taludes con procesos de falla similares.
- Es recomendable el uso de sistemas de drenaje para el control de infiltración que tengan un correcto desempeño tanto en el momento de su colocación como en su mantenimiento y que estén correctamente diseñadas frente a diversos fenómenos como asentamientos, desplazamientos laterales, movimientos sísmicos, impactos de vehículos, debido a que generalmente estas situaciones llevan a un colapso de estas estructuras o una disminución en su desempeño, lo que conlleva a reducir la eficiencia de las soluciones aquí descritas.
- Se recomienda un mantenimiento adecuado y periódico de los taludes y las estructuras en ellas emplazadas especialmente en la época de lluvias, para disminuir los daños a los elementos estructurales dispuestos con la finalidad de estabilizar el talud, como la corrosión y otros fenómenos.
- El proyectista a cargo de proyectos similares deberá buscar en lo máximo de sus posibilidades económicas y logísticas ejecutar una buena exploración geotécnica ya que nos permitirá acercarnos a un comportamiento más cercano a la realidad lo que nos permitirá tener diseños seguros sin pérdidas económicas por desastres y por otro lado



evitar diseños sobredimensionados que signifiquen un alejamiento del uso óptimo de los recursos materiales y económicos.

- Se recomienda el uso de modelos matemáticos más precisos para evaluar el comportamiento dinámico del talud, más completos que el método pseudodinámico para proyectos de importancia, como diseño de vías de primera clase o donde la vida humana se vea amenazada por la falla del talud.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abramson, L., Lee, T., Sharma, S., & Boyce, G. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods*. Nueva York: Jhon Wiley & Sons.
- Becerra, G. (2011). Estudio geológico y geotécnico para el pronóstico, modelamiento y control de dos inestabilidades de talud a escala general en los tajos La Quinoa y El Tapado en la mina Yanacocha. (*Tesis de pregrado*). UNI, Lima.
- Bishop, A. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes.
- Braja, M. (2014). *Advanced Soil Mechanics*. Londres: Taylor & Francis Group.
- Braja, M. (2014). *Principles of Geotechnical Engineering* (8° ed.). Stamford, EEUU: Cengage Learning.
- Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- Changwei, Y., Jingyu, Z., Jing, L., Wenyong, Y., & Jianjing, Z. (2017). *Slope Earthquake Stability*. Beijing: Science Press and Springer Science.
- Cheng, Y., & Lau, C. (2008). *Slope Stability Analysis and Stabilization: New Methods and Insight*. New York: Taylor & Francis Group.
- Cheng, Y., & Zhu, L. (2004). Unified Formulation For Two Dimensional Slope Stability Analysis and Limitations in Factor Safety Determination. *Soils and Foundations*, 44(6), 121-127.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). Landslide Types and Processes. En T. R. Board, *Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247* (págs. 36-75). Washington D. C: National Academy Press.
- Cruden, M. (1991). Landslide Types and Processes. A simple Definition of a Landslide.



- Desai, C., & Zaman, M. (2013). *Advanced Geotechnical Engineering: Soil-Structure Interaction using Computer and Material Models*. London: CRC Press.
- Desai, K., & Christian, J. (1977). *Numerical methods in geotechnical engineering* (1ed ed.). USA: McGraw-Hill.
- Drucker, D., & Prager, W. (1952). Soil mechanics and plastic analysis or limit design Quarterly of Applied Mathematics, 10, 157–165.
- Duncan, J. M. (2014). *Soil strenght and slope stability*. New Jersey, EEUU: John Wiley & Sons.
- Fellenius, W. (1918). Kaj-och jordrasen i Goteborg,. *Teknisk Tidskrift V.U*, 48, 17-19. Fredlund, D. G. (1978). Shear strength of unsaturated soils. *Canadian Geotechnical Journal*, 31, 521–532.
- GEO. (1984). *Geotechnical Manual of Slopes*. Hong Kong Government: HKSAR Government.
- Geology Bulletin of the International Association of Engineering, 49, 27-29.
- Geotechnique*, 5, 7-17.
- Hearn, J. (2011). *Slope Engineering for Mountain Roads*. Londres: The Geological Society.
- Hoek, E. (2007). *Practical Rock Engineering* (1 ed.). Toronto, Canadá: Rocscience. Hossain, S., Khan, S., & Kibria, G. (2017). *Sustainable Slope Stabilisation using Recycled Plastic Pins*. Londres: Taylor & Francis Group.
- Huang, Y. H. (2014). *Slope stability analysis by the limit equilibrium method : fundamentals and methods*. USA: American Society of Civil Engineers Press.



- Hundelshaussen, R., Hernan, J., & Zingano, A. (2016). Slope stability analysis at highway BR-153 using numerical models. *Mining Minerario*, 69(2), 185-192.
- INGEMMET. (2007). *Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrogeológicos en la región Cajamarca*. LIMA: INGEMMET.
- Janbu, N., Bjerrum, L., & Kjaernsli, B. (1956). *Mechanics Applied to Some Engineering Problems*. Publ. No. 16. Norwegian Geotechnical Institute.
- Lee, K., & Duncan, J. (1975). *Landslide of April 25, 1974 on the Mantaro River, Peru*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- López, E. (2016). *Estudio geotécnico y diseño del talud final de una mina a cielo abierto aplicando modelos numéricos. (Tesis de Pregrado)*. UNMSM, Lima.
- Marques, G., & Azoia, J. (2017). Evaluation of the stability of a highway slope through numerical modeling. *DYNA*, 200, 121-128.
- Montoya, F. (2014). *Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca-El Gavilán. (Tesis de pregrado)*. UNC, Cajamarca.
- Morgenstern, N., & Price, V. (1965). The analysis of stability of general slip surface. *Geotechnique*, 15, 79-93.
- Palomero, V. (Octubre de 2017). *Soluciones para estabilizar taludes*. (P. CONSTRUYE, Entrevistador)
- Pepper, D., & Heinrich, J. (2017). *The Finite Element Method: Basic Concepts and Applications with MATLAB, MAPLE, and COMSOL* (3era ed.). Boca Raton, UK: CRC Press.
- Powrie, W. (2014). *Soil Mechanics: Concepts and Applications* (3era ed.).



London, UK: CRC Press.

Raygada, L. (Octubre de 2017). Soluciones para estabilizar taludes. (P. CONSTRUYE, Entrevistador)

Sackschewski, C. (2017). Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre las progresivas del KM 102 AL KM 110. (*Tesis de pregrado*). UNMSM, Lima.

Senneset , K., Sandven , R., & Jambu, N. (1989). Evaluation of soil parameters from piezocone tests. *Transp. Res. Rec.*, 1235 , 30-31.

Soto, Á. (2017). Estudio de la inestabilidad y alternativas de solución del talud del cerro Qoñiunu en el distrito de Ollachea. (*Tesis de Pregrado*). UNAP, Puno.

Spencer , E. (1967). A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. *Geotechnique*, 17, 11-26.

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos. Análisis geotécnico* . Santander: Editorial Universidad Industrial de Santander.

Towhata, I. (2008). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Berlin: Springer-Verlag.

Tupa, P. (2017). Evaluación geológica-geotécnica para la estabilidad de taludes en la carretera MuñaniI-Saytacocho tramo KM. 14+700 AL 30+00. (*Tesis de pregrado*). UNAP, Puno.

USGS. (2004). Landslide Types and Processes. *Fact Sheet*, 2004-3072.



GUIA DE OBSERVACIÓN N° 02

AUTOR: Pablo Cesar Ticona Marca

TÍTULO: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA PE1-NF

TRAMO CONTUMAZÁ - CHILETE EN EL AÑO 2019.

1: HUMEDAD NATURAL (ASTM D-854) Y PESO ESPECIFICO (ASTM D-2216)

Proyecto: _____

Localización: _____

Muestra: _____

Material: _____

Para Uso : _____

Perforación: _____

Prof. de Muestra: _____

Fecha: _____

HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs			
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs			
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs			
PESO DEL AGUA grs			
PESO DEL SUELO SECO grs			
% DE HUMEDAD			
PROMEDIO % DE HUMEDAD			

PESO ESPECÍFICO : ASTM D - 854

LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO SUELO SECO				grs.
PESO SUELO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL SUELO				cm3
PESO ESPECIFICO				grs./cm3
PROMEDIO				grs./cm3



GUIA DE OBSERVACIÓN N° 03

AUTOR: Pablo Cesar Ticona Marca

TÍTULO: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA PE1-NF

TRAMO CONTUMAZÁ –CHILETE EN EL AÑO 2019.

1: DETERMINACION DE PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE

MEDIANTE COMPRESION TRIAXIAL (MTC E-131)

DATOS DE LA MUESTRA:

AREA INICIAL

ALTURA

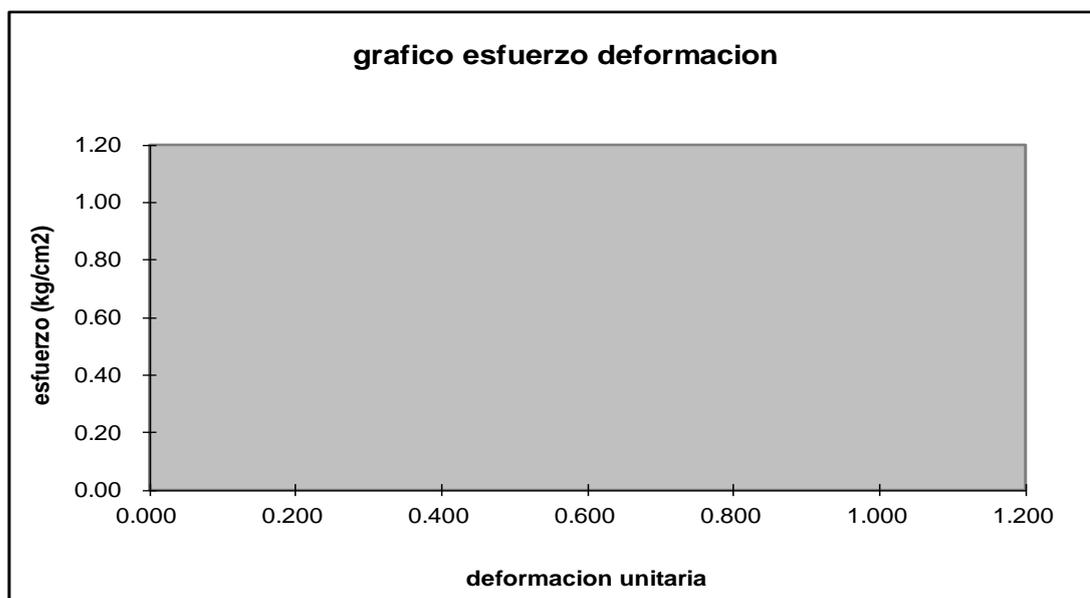
INICIAL=

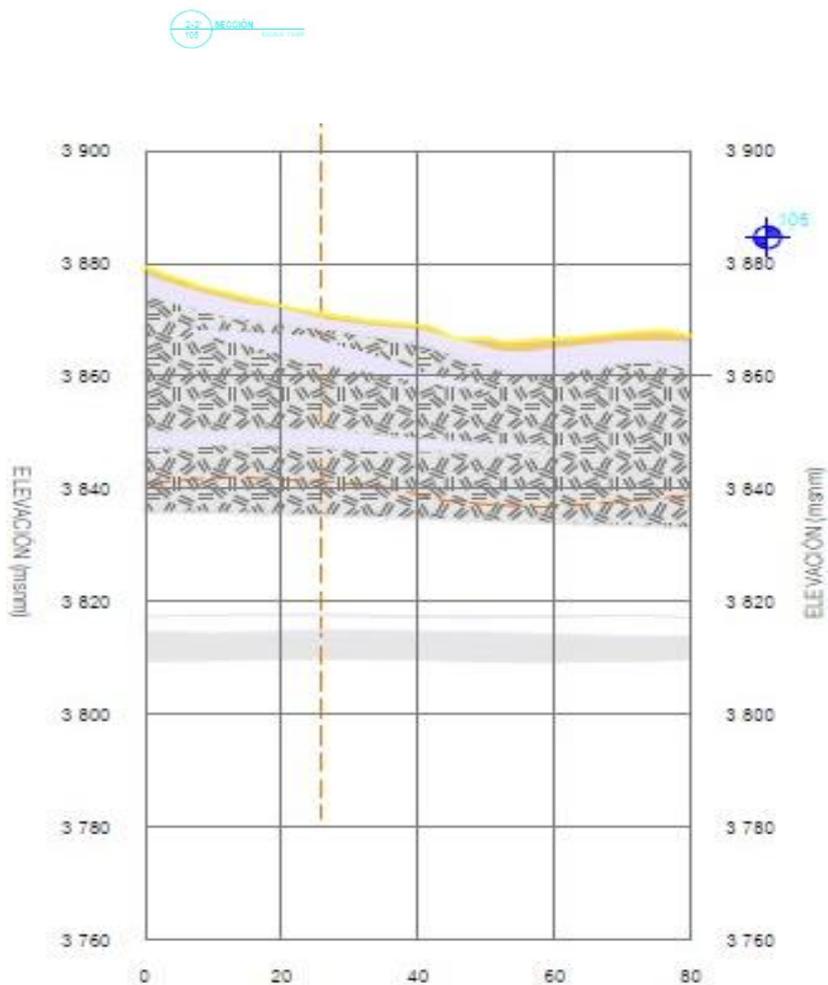
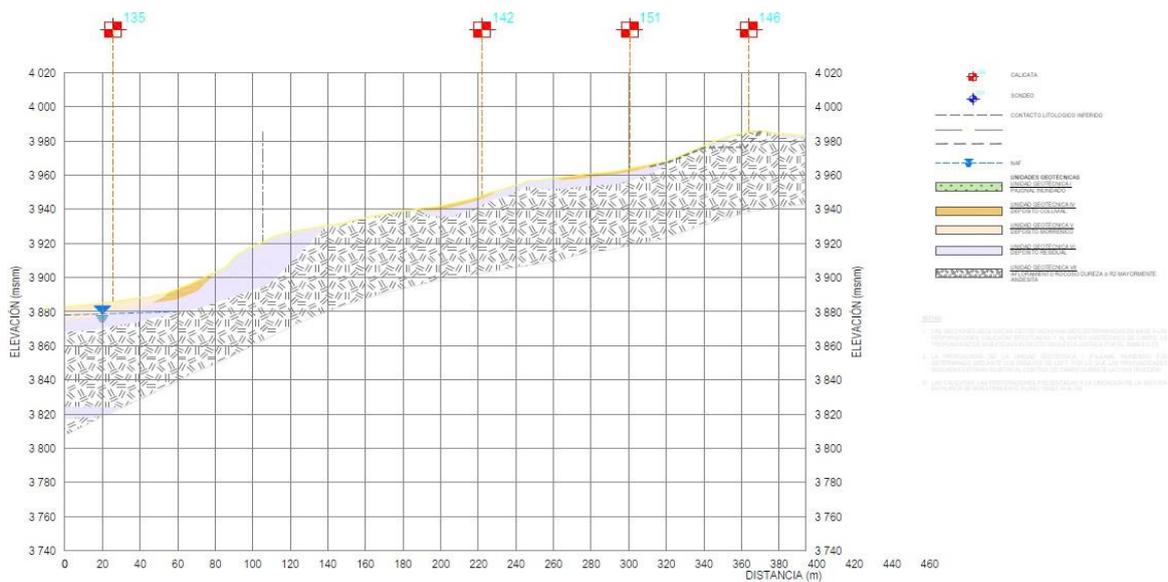
ESFUERZO =0,5 kg/cm²

TIEMPO	carga (kg)	esf.(kg/cm ²)	def ver (cm)	area cor(cm ²)	def. unit	(kg/cm ²)
0.00						
1.00						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						

$\phi =$

$c =$







ANEXO 3: GUIA DE OBSERVACIÓN-ENSAYO PESO ESPECIFICO.

TÍTULO: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA E1-NF TRAMO CONTUMAZÁ –CHILETE EN EL AÑO 2019.

1: HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216) Y PESO ESPECIFICO (ASTM D-854)

Proyecto:
Localización:
Muestra:
Para uso:
Perforación:

HUMEDAD NATURAL ASTM-D 2216 EN LATA

LATA	1	2	3	
PESO EN LATA				grs.
PESO SUELO HÚMEDO + LATA				grs.
PESO SUELO SECO + LATA				grs.
PESO SUELO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL SUELO				cm ³
PESO ESPECIFICO				grs./cm ³
PROMEDIO				grs./cm ³

PESO ESPECÍFICO: ASTM D - 854

LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO SUELO SECO				grs.
PESO SUELO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL SUELO				cm ³
PESO ESPECIFICO				grs./cm ³
PROMEDIO				grs./cm³
LATA	1	2	3	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO				grs.
PESO FRASCO+AGUA				grs.
PESO SUELO SECO				grs.
PESO SUELO EN AGUA				grs.
VOLUMEN DEL SUELO				cm ³
PESO ESPECIFICO				grs./cm ³
PROMEDIO				grs./cm³



ANEXO 4: ESTUDIO GEOTECNICO.

Realizado por: Ausenco S.A.C.

Supervisado por: Ausenco S.A.C.

Proyecto: Estudio de estabilidad de taludes en carretera PE-1NF.

PERFORACIONES DPL

Ausenco

Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (LDPT)								
Proyecto		: Proyecto Tantauatay - Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte			LDPT_CN-29			
Ubicación		: PAD						
Fecha		: 12/08/2014			Sit. de coordenadas : PSAD-06			
Peso del martillo		: 10 Kg.			Norte : 9 254 348			
Altura de caída		: 0.5 m.			Este : 754 050			
Proyecto N° 100591-01		: Miguel Condori			Profundidad total (m) : 6.00			
Profundidad (m)	N° GOLPES	N° Golpes Gráfico			Profundidad (m)	N° GOLPES	N° Golpes Gráfico	Comentarios
		5e	10e	15e	20e	25e		
0.0	0				5.0	10		
0.1	1				5.1	11		
0.2	1				5.2	10		
0.3	1				5.3	8		
0.4	1				5.4	8		
0.5	1				5.5	10		
0.6	1				5.6	11		
0.7	1				5.7	11		
0.8	1				5.8	12		
0.9	1				5.9	15		
1.0	1	6.0	>25				Fin del Ensayo	
1.1	2	6.1						
1.2	1	6.2						
1.3	1	6.3						
1.4	2	6.4						
1.5	1	6.5						
1.6	2	6.6						
1.7	2	6.7						
1.8	3	6.8						
1.9	3	6.9						
2.0	4	7.0						
2.1	4	7.1						
2.2	4	7.2						
2.3	4	7.3						
2.4	7	7.4						
2.5	6	7.5						
2.6	6	7.6						
2.7	6	7.7						
2.8	7	7.8						
2.9	7	7.9						
3.0	8	8.0						
3.1	9	8.1						
3.2	9	8.2						
3.3	9	8.3						
3.4	8	8.4						
3.5	8	8.5						
3.6	8	8.6						
3.7	8	8.7						
3.8	7	8.8						
3.9	9	8.9						
4.0	10	9.0						
4.1	10	9.1						
4.2	11	9.2						
4.3	11	9.3						
4.4	11	9.4						
4.5	10	9.5						
4.6	10	9.6						
4.7	8	9.7						
4.8	8	9.8						
4.9	10	9.9						
5.0	10	10.0						

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1
Fecha: Febrero 2016
100591-01-RPT-304 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Plan de Ubicación de la Fase 1 y Fichas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)				
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte		Ubicación : PAD		LDPT_CN14
Proyecto N° 100591-01		Fecha : 23/05/2014 Peso del martillo : 10 Kg. Altura de caída : 0,50 m. Registrado por : Americo Guerrero		Sist. de Coordenadas : PSAD-56 Profundidad Total : LDPT-30 = 4.10 m. LDPT-31 = 4.50 m. LDPT-32 = 3.00 m.
Profundidad (m)	N° Golpes			N° Golpes Gráfico
	LDPT-30	LDPT-31	LDPT-32	5 10 15 20 25 30
0.0	0	0	0	
0.1	1	1	1	
0.2	1	1	1	
0.3	1	1	1	
0.4	1	1	1	
0.5	1	1	1	
0.6	1	1	1	
0.7	1	1	1	
0.8	1	1	1	
0.9	1	1	1	
1.0	1	1	1	
1.1	1	1	1	
1.2	1	1	1	
1.3	1	1	1	
1.4	1	1	1	
1.5	1	1	1	
1.6	1	1	1	
1.7	1	1	1	
1.8	1	1	2	
1.9	1	1	2	
2.0	3	2	3	
2.1	5	2	4	
2.2	5	2	5	
2.3	5	1	5	
2.4	5	2	3	
2.5	5	2	4	
2.6	5	2	4	
2.7	6	2	4	
2.8	6	2	4	
2.9	7	3	5	
3.0	7	3	>25 fin del ensayo	
3.1	8	4		
3.2	8	4		
3.3	8	4		
3.4	7	4		
3.5	8	4		
3.6	8	3		
3.7	8	3		
3.8	7	3		
3.9	7	3		
4.0	8	3		
4.1	>25 fin del ensayo	5		
4.2		5		
4.3		8		
4.4		8		
4.5		>25 fin del ensayo		
4.6				
4.7				
4.8				
4.9				

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1
Fecha: Febrero 2016
100591-01-RPT-304: Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)									
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte Proyecto Nº 100591-01		Ubicación : PAD Fecha : 23/05/2014 Peso del martillo : 10 Kg. Altura de caída : 0,50 m. Registrado por : Americo Guerrero		LDPT_CN14 Sist. de Coordenadas : PSAD-56 Profundidad Total : LDPT-33 = 2.40 m. LDPT-34 = 4.60 m. LDPT-35 = 3.30 m.					
Profundidad (m)	Nº Golpes LDPT-33	LDPT-34	LDPT-35	Nº Golpes Gráfico					
				5	10	15	20	25	30
0.0	0	0	0						
0.1	1	1	1						
0.2	1	1	1						
0.3	1	1	1						
0.4	1	1	1						
0.5	1	1	1						
0.6	1	1	1						
0.7	1	1	1						
0.8	1	1	1						
0.9	1	1	1						
1.0	2	1	1						
1.1	2	1	1						
1.2	2	1	1						
1.3	2	1	1						
1.4	2	1	2						
1.5	2	1	2						
1.6	2	1	2						
1.7	2	1	2						
1.8	2	1	2						
1.9	2	1	2						
2.0	3	1	2						
2.1	4	1	2						
2.2	4	1	2						
2.3	4	1	2						
2.4	>25 fin del ensayo	1	2						
2.5		1	2						
2.6		1	2						
2.7		1	3						
2.8		1	3						
2.9		1	3						
3.0		1	3						
3.1		2	3						
3.2		2	3						
3.3		2	>25 fin del ensayo						
3.4		2							
3.5		2							
3.6		2							
3.7		2							
3.8		2							
3.9		2							
4.0		2							
4.1		2							
4.2		15							
4.3		10							
4.4		8							
4.5		16							
4.6		>25 fin del ensayo							
4.7									
4.8									
4.9									

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1
 Fecha: Febrero 2016
 100591-01-RPT-304: Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)									
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantauatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte			Ubicación : PAD		LDPT_CN14				
Proyecto Nº 100591-01			Fecha : 23/05/2014		Sist. de Coordenadas : PSAD-56				
			Poso del martillo : 10 Kg.		Profundidad Total :				
			Altura de caída : 0,50 m.		LDPT-36 = 4.80 m.				
			Registrado por : Americo Guerrero		LDPT-37 = 2.30 m.				
					LDPT-38 = 4.60 m.				
Profundidad (m)	Nº Golpes			Nº Golpes Gráfico					
	LDPT-36	LDPT-37	LDPT-38	5	10	15	20	25	30
0.0	0	0	0						
0.1	1	1	1						
0.2	1	1	1						
0.3	1	1	1						
0.4	1	1	1						
0.5	1	1	1						
0.6	1	1	1						
0.7	1	1	1						
0.8	1	1	1						
0.9	1	1	1						
1.0	1	2	2						
1.1	1	2	2						
1.2	1	2	2						
1.3	1	2	2						
1.4	1	2	2						
1.5	2	2	2						
1.6	2	2	2						
1.7	2	2	2						
1.8	2	3	2						
1.9	2	9	2						
2.0	4	9	2						
2.1	3	16	3						
2.2	3	20	3						
2.3	3	>25 fin del ensayo	3						
2.4	3		3						
2.5	3		3						
2.6	4		3						
2.7	4		3						
2.8	4		3						
2.9	5		3						
3.0	5		4						
3.1	5		7						
3.2	5		7						
3.3	5		6						
3.4	6		6						
3.5	7		5						
3.6	7		5						
3.7	7		5						
3.8	9		5						
3.9	9		5						
4.0	10		6						
4.1	10		9						
4.2	10		9						
4.3	11		10						
4.4	12		10						
4.5	12		24						
4.6	17		>25 fin del ensayo						
4.7	17								
4.8	>25 fin del ensayo								
4.9									

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1
Fecha: Febrero 2016
100591-01-RPT-304; Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ausenco

Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (LDPT)																				
Proyecto		: Proyecto Tantauatay - Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte			LDPT_CN-39															
Ubicación		: PAD																		
Fecha		: 12/08/2014			Sist. de coordenadas : PSAD-56															
Peso del martillo		: 10 Kg.			Norte : 9 254 244															
Altura de caída		: 0,6 m.			Este : 753 886															
Proyecto N° 100591-01		: Miguel Condori			Profundidad total (m) : 5.90															
Profundidad (m)	N° GOLPES	N° Golpes Gráfico				Profundidad (m)	N° GOLPES	N° Golpes Gráfico				Comentarios								
		5	10	15	20	25	30			5	10		15	20	25	30				
0.0	0	[Gráfico de penetración dinámica ligera para la columna izquierda]				5.0	15	[Gráfico de penetración dinámica ligera para la columna derecha]												
0.1	1													5.1	15					
0.2	1													5.2	15					
0.3	1													5.3	15					
0.4	1													5.4	17					
0.5	1													5.5	20					
0.6	1													5.6	20					
0.7	1													5.7	22					
0.8	1													5.8	24					
0.9	1													5.9	>25					
1.0	1													6.0						
1.1	1													6.1						
1.2	1													6.2						
1.3	1													6.3						
1.4	1					6.4														
1.5	1					6.5														
1.6	1					6.6														
1.7	1					6.7														
1.8	1					6.8														
1.9	2					6.9														
2.0	4					7.0														
2.1	4					7.1														
2.2	4					7.2														
2.3	4					7.3														
2.4	3					7.4														
2.5	3					7.5														
2.6	3					7.6														
2.7	4					7.7														
2.8	4					7.8														
2.9	5					7.9														
3.0	5					8.0														
3.1	6					8.1														
3.2	6					8.2														
3.3	9					8.3														
3.4	7					8.4														
3.5	7					8.5														
3.6	10					8.6														
3.7	7					8.7														
3.8	7					8.8														
3.9	7					8.9														
4.0	10					9.0														
4.1	12					9.1														
4.2	12					9.2														
4.3	20					9.3														
4.4	16					9.4														
4.5	16					9.5														
4.6	16					9.6														
4.7	15					9.7														
4.8	13					9.8														
4.9	13					9.9														
5.0	14					10.0														
Realizado por:		Preparado por:		Revisado por:		Aprobado por:														
AGC		AGC		JSG		PMP														

Rev.: 1
 Fecha: Febrero 2016
 100591-01-RP7-304 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixivación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)				
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte		Ubicación : PAD		LDPT_CN14
Proyecto Nº 100591-01		Fecha : 23/05/2014		Sist. de Coordenadas : PSAD-56
		Peso del martillo : 10 Kg.		Profundidad Total :
		Altura de caída : 0,50 m.		LDPT-40 = 2.50 m.
		Registrado por : Americo Guerrero		LDPT-41 = 2.90 m.
				LDPT-42 = 4.40 m.
Profundidad (m)	Nº Golpes			Nº Golpes Gráfico
	LDPT-40	LDPT-41	LDPT-42	
0.0	0	0	0	
0.1	1	1	1	
0.2	1	1	1	
0.3	1	1	1	
0.4	1	1	1	
0.5	1	1	1	
0.6	1	1	1	
0.7	1	1	1	
0.8	1	1	1	
0.9	1	1	1	
1.0	1	1	1	
1.1	1	6	1	
1.2	1	5	1	
1.3	1	2	1	
1.4	1	2	1	
1.5	1	2	1	
1.6	2	2	1	
1.7	3	10	1	
1.8	4	13	2	
1.9	4	3	2	
2.0	20	4	3	
2.1	20	8	2	
2.2	19	13	2	
2.3	19	17	2	
2.4	21	22	2	
2.5	>25 fin del ensayo	22	1	
2.6		24	1	
2.7		24	1	
2.8		>25 fin del ensayo	2	
2.9			2	
3.0			4	
3.1			4	
3.2			4	
3.3			4	
3.4			5	
3.5			5	
3.6			6	
3.7			7	
3.8			7	
3.9			10	
4.0			11	
4.1			13	
4.2			19	
4.3			24	
4.4			>25 fin del ensayo	
4.5				
4.6				
4.7				
4.8				
4.9				

Rev.: 1
 Fecha: Febrero 2016
 100591-01-RPT-304: Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)									
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte		Ubicación : PAD		LDPT_CN14					
Proyecto N° 100591-01		Fecha : 23/05/2014		Sist. de Coordenadas : PSAD-56					
		Peso del martillo : 10 Kg.		Profundidad Total :					
		Altura de caída : 0,50 m.		LDPT-43 = 2.90 m.					
		Registrado por : Americo Guerrero		LDPT-44 = 1.40 m.					
				LDPT-45 = 1.20 m.					
Profundidad (m)	N° Golpes			N° Golpes Gráfico					
	LDPT-43	LDPT-44	LDPT-45	5	10	15	20	25	30
0.0	0	0	0						
0.1	1	1	1						
0.2	1	1	1						
0.3	1	1	1						
0.4	1	1	1						
0.5	1	1	1						
0.6	1	1	1						
0.7	1	1	1						
0.8	1	2	2						
0.9	1	2	2						
1.0	1	2	4						
1.1	1	3	14						
1.2	1	3	>25 fin del ensayo						
1.3	1	24							
1.4	1	>25 fin del ensayo							
1.5	2								
1.6	2								
1.7	2								
1.8	4								
1.9	6								
2.0	6								
2.1	7								
2.2	7								
2.3	7								
2.4	7								
2.5	10								
2.6	10								
2.7	17								
2.8	20								
2.9	>25 fin del ensayo								
3.0									
3.1									
3.2									
3.3									
3.4									
3.5									
3.6									
3.7									
3.8									
3.9									
4.0									
4.1									
4.2									
4.3									
4.4									
4.5									
4.6									
4.7									
4.8									
4.9									

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1
 Fecha: Febrero 2016
 100591-01-RPT-304: Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)									
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantauatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte			Ubicación : PAD		LDPT_CN14				
Proyecto Nº 100591-01			Fecha : 13/08/2014		Sist. de Coordenadas : PSAD-56				
			Peso del martillo : 10 Kg.		Profundidad Total :				
			Altura de caída : 0,50 m.		LDPT-46 = 2.80 m.				
			Registrado por : Americo Guerrero		LDPT-47 = 3.00 m.				
					LDPT-48 = 2.10 m.				
Profundidad (m)	Nº Golpes			Nº Golpes Gráfico					
	LDPT-46	LDPT-47	LDPT-48	5	10	15	20	25	30
0.0	0	0	0						
0.1	1	1	1						
0.2	1	1	1						
0.3	1	1	1						
0.4	1	1	1						
0.5	2	1	1						
0.6	3	1	1						
0.7	3	1	1						
0.8	5	1	1						
0.9	8	1	1						
1.0	4	1	1						
1.1	2	1	1						
1.2	1	1	1						
1.3	5	1	1						
1.4	4	1	2						
1.5	3	1	2						
1.6	3	1	2						
1.7	4	1	3						
1.8	4	2	3						
1.9	5	3	4						
2.0	4	5	20						
2.1	5	5	>25 fin del ensayo						
2.2	13	10							
2.3	12	5							
2.4	7	5							
2.5	12	5							
2.6	16	6							
2.7	17	11							
2.8	>25 fin del ensayo	10							
2.9		12							
3.0		>25 fin del ensayo							
3.1									
3.2									
3.3									
3.4									
3.5									
3.6									
3.7									
3.8									
3.9									
4.0									
4.1									
4.2									
4.3									
4.4									
4.5									
4.6									
4.7									
4.8									
4.9									

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1
 Fecha: Febrero 2016
 100591-01-RPT-304: Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)				
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte		Ubicación : PAD		LDPT_CN14
Proyecto Nº 100591-01		Fecha : 13/08/2014		Sist. de Coordenadas : PSAD-56
		Peso del martillo : 10 Kg.		Profundidad Total :
		Altura de caída : 0,50 m.		LDPT-50 = 3.60 m.
		Registrado por : Americo Guerrero		LDPT-51 = 3.00 m.
				LDPT-52 = 2.90 m.
Profundidad (m)	Nº Golpes			Nº Golpes Gráfico
	LDPT-50	LDPT-51	LDPT-52	
0.0	0	0	0	
0.1	1	1	1	
0.2	1	1	1	
0.3	1	1	1	
0.4	1	1	1	
0.5	1	2	1	
0.6	1	2	2	
0.7	1	2	4	
0.8	2	2	5	
0.9	2	2	3	
1.0	2	2	4	
1.1	2	3	4	
1.2	2	3	4	
1.3	2	3	4	
1.4	2	3	4	
1.5	2	4	5	
1.6	2	5	5	
1.7	2	5	7	
1.8	3	4	7	
1.9	3	4	10	
2.0	3	4	11	
2.1	5	5	15	
2.2	5	5	10	
2.3	5	5	8	
2.4	5	6	8	
2.5	5	6	9	
2.6	5	6	13	
2.7	6	6	15	
2.8	9	6	16	
2.9	10	6	>25 fin del ensayo	
3.0	12	>25 fin del ensayo		
3.1	21			
3.2	23			
3.3	24			
3.4	23			
3.5	24			
3.6	>25 fin del ensayo			
3.7				
3.8				
3.9				
4.0				
4.1				
4.2				
4.3				
4.4				
4.5				
4.6				
4.7				
4.8				
4.9				

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1

Fecha: Febrero 2016

100591-01-RPT-304: Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



Ensayo de penetración dinámica ligera (LDPT)				
Compañía Minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte		Ubicación : PAD		LDPT_CN14
Proyecto Nº 100591-01		Fecha : 13/08/2014	Sist. de Coordenadas : PSAD-56	
		Peso del martillo : 10 Kg.	Profundidad Total :	
		Altura de caída : 0,50 m.	LDPT-53 = 1.40 m.	
		Registrado por : Americo Guerrero	LDPT-54 = 4.30 m.	
			LDPT-55 = 4.60 m.	
Profundidad (m)	Nº Golpes			Nº Golpes Gráfico
	LDPT-53	LDPT-54	LDPT-55	5 10 15 20 25 30
0.0	0	0	0	
0.1	1	1	1	
0.2	1	1	1	
0.3	1	1	1	
0.4	1	1	1	
0.5	1	1	1	
0.6	1	2	1	
0.7	1	2	1	
0.8	1	2	1	
0.9	2	2	1	
1.0	1	2	1	
1.1	1	2	1	
1.2	2	2	1	
1.3	3	2	1	
1.4	>25 fin del ensayo	2	2	
1.5		3	2	
1.6		3	3	
1.7		2	2	
1.8		2	2	
1.9		2	2	
2.0		2	2	
2.1		3	3	
2.2		3	3	
2.3		4	3	
2.4		7	3	
2.5		7	3	
2.6		6	3	
2.7		5	3	
2.8		5	3	
2.9		5	3	
3.0		9	3	
3.1		9	3	
3.2		3	3	
3.3		3	3	
3.4		3	3	
3.5		4	5	
3.6		5	5	
3.7		7	5	
3.8		8	6	
3.9		10	5	
4.0		19	7	
4.1		20	7	
4.2		21	7	
4.3		>25 fin del ensayo	5	
4.4			19	
4.5			20	
4.6			>25 fin del ensayo	
4.7				
4.8				
4.9				

Realizado por: AGC Preparado por: AGC Revisado por: JSG Aprobado por: PMP

Rev.: 1

Fecha: Febrero 2016

100591-01-RPT-304; Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte- Pad de Lixiviación de la Fase 1 y Pozas de Procesos - Informe Geotécnico - Anexo A.3, Registro de LDPT



CORRELACIONES DPL

Ausenco

Análisis de Datos Obtenidos Durante la Investigación Geotécnica Corrección del Número de Golpes - Ensayo SPT

Proyecto: 100591-01 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte
Cliente: Minera Coimolache

Zona: PAD

Realizado: AGC/JSG

Eficiencia del ensayo SPT: 66% Prof. del Nivel Freático (m): 0.00

Perforación	Ensayo	Profundidad de Ensayo (m)	SUCS	N _{SPT campo}	N ₇₀	γ* (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ' _v (kPa)	C _n	(N ₁) ₇₀	Su (kPa)	Schmertmann (1)		Parra Idreos (2)	
							$\gamma \times h$	$\sigma_v - \gamma_{\text{sat}} \times h$				$\frac{1}{\sqrt{C_n}}$	C _n × N	φ°	Cu
DH_CIN14-101	SPT-01	1.95	CL	13	9	17.00	33.15	13.65	1.70	15	93.8	29.3	0.20	28.9	
	SPT-02	3.45	CL	50	35	18.00	62.10	27.60	1.70	60	375.0	37.3	0.50	36.3	

Notas:

Factores de Corrección: Foundation Analysis and Design, Joseph Bowles

n1: Corrección por longitud de tubería: L = 3m. n2 = 0.75

n3: Corrección por muestreador: Muestreador sin liner. n3 = 1.00

n4: Corrección por diámetro de perforación: φ = HQ (3.5"). n4 = 1.00

Su: Resistencia no drenada

(1): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos limo arenosos a partir del N SPT. Schmertmann 1970

(2): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos mixtos a partir del N SPT. Parra Idreos

(*): La densidad se considera promedio para los suelos tipo limos elásticos (diatomáceos) y arenosos de acuerdo al informe geotécnico

Ausenco

Análisis de Datos Obtenidos Durante la Investigación Geotécnica Corrección del Número de Golpes - Ensayo SPT

Proyecto: 100591-01 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte
Cliente: Minera Coimolache

Zona: PAD

Realizado: AGC/JSG

Eficiencia del ensayo SPT: 66% Prof. del Nivel Freático (m): 3.40

Perforación	Ensayo	Profundidad de Ensayo (m)	SUCS	N _{SPT campo}	N ₇₀	γ* (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ' _v (kPa)	C _n	(N ₁) ₇₀	Su (kPa)	Schmertmann (1)		Parra Idreos (2)	
							$\gamma \times h$	$\sigma_v - \gamma_{\text{sat}} \times h$				$\frac{1}{\sqrt{C_n}}$	C _n × N	φ°	Cu
DH_CIN14-102	SPT-01	1.95	SC	30	21	17.00	33.15	33.15	1.70	36	225.0	34.3	0.39	33.6	
	SPT-02	3.90	SC	59	41	18.00	70.20	65.20	1.24	51	318.8	36.3	0.47	35.5	

Notas:

Factores de Corrección: Foundation Analysis and Design, Joseph Bowles

n1: Corrección por longitud de tubería: L = 3m. n2 = 0.75

n3: Corrección por muestreador: Muestreador sin liner. n3 = 1.00

n4: Corrección por diámetro de perforación: φ = HQ (3.5"). n4 = 1.00

Su: Resistencia no drenada

(1): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos limo arenosos a partir del N SPT. Schmertmann 1970

(2): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos mixtos a partir del N SPT. Parra Idreos

(*): La densidad se considera promedio para los suelos tipo limos elásticos (diatomáceos) y arenosos de acuerdo al informe geotécnico

Ausenco

Análisis de Datos Obtenidos Durante la Investigación Geotécnica Corrección del Número de Golpes - Ensayo SPT

Proyecto: 100591-01 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte
Cliente: Minera Coimolache

Zona: PAD

Realizado: AGC/JSG

Eficiencia del ensayo SPT: 66% Prof. del Nivel Freático (m): 4.90

Perforación	Ensayo	Profundidad de Ensayo (m)	SUCS	N _{SPT campo}	N ₇₀	γ* (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ' _v (kPa)	C _n	(N ₁) ₇₀	Su (kPa)	Schmertmann (1)		Parra Idreos (2)	
							$\gamma \times h$	$\sigma_v - \gamma_{\text{sat}} \times h$				$\frac{1}{\sqrt{C_n}}$	C _n × N	φ°	Cu
DH_CIN14-103	SPT-01	2.35	CL	21	14	17.00	39.95	39.95	1.58	23	143.8	31.8	0.29	31.2	
	SPT-02	3.45	CH	20	14	18.00	62.10	62.10	1.27	17	106.3	30.0	0.22	29.6	
	SPT-03	4.95	CH	18	12	19.00	94.05	93.55	1.03	12	75.0	28.0	0.15	27.7	
	SPT-04	6.95	CL	58	41	20.00	139.00	118.50	0.92	37	231.3	34.5	0.39	33.8	
	SPT-05	8.45	CL	30	21	21.00	177.45	141.95	0.84	18	112.5	30.3	0.24	29.9	

Notas:

Factores de Corrección: Foundation Analysis and Design, Joseph Bowles

n1: Corrección por longitud de tubería: L = 3m. n2 = 0.75

n3: Corrección por muestreador: Muestreador sin liner. n3 = 1.00

n4: Corrección por diámetro de perforación: φ = HQ (3.5"). n4 = 1.00

Su: Resistencia no drenada

(1): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos limo arenosos a partir del N SPT. Schmertmann 1970

(2): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos mixtos a partir del N SPT. Parra Idreos

(*): La densidad se considera promedio para los suelos tipo limos elásticos (diatomáceos) y arenosos de acuerdo al informe geotécnico



**Análisis de Datos Obtenidos Durante la Investigación Geotécnica
Corrección del Número de Golpes - Ensayo SPT**

Proyecto: 100591-01 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte Zona: PAD Realizado: AGC/JSG
 Cliente: Minera Coimolache

Eficiencia del ensayo SPT: 66% Prof. del Nivel Freático (m): 8.20

Perforación	Ensayo	Profundidad de Ensayo (m)	SUCS	N _{SPT campo}	N ₇₀	γ* (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ _v ' (kPa)	C _n	(N ₁) ₇₀	Su (kPa)	Schmertmann (1)	Parra Idreos (2)	
							γ × h	σ _v ' - γ _{esp} × h	$\frac{1}{\sqrt{\sigma_v'}}$			C _n × N	φ°	Cu
DH_CIN14-104	SPT-01	2.95	SC	50	35	17.00	50.15	50.15	1.41	50	312.5	36.2	0.46	35.4

Notas:
 Factores de Corrección: Foundation Analysis and Design, Joseph Bowles
 n1: Corrección por longitud de tubería: L = 3m. n2 = 0.75
 n3: Corrección por muestreador: Muestreador sin liner. n3 = 1.00
 n4: Corrección por diámetro de perforación: φ = HQ (3.5"). n4 = 1.00
 Su: Resistencia no drenada
 (1): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos limo arenosos a partir del N SPT. Schmertmann 1970
 (2): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos mixtos a partir del N SPT. Parra Idreos
 (*): La densidad se considera promedio para los suelos tipo limos elásticos (diatomáceos) y arenosos de acuerdo al informe geotécnico



**Análisis de Datos Obtenidos Durante la Investigación Geotécnica
Corrección del Número de Golpes - Ensayo SPT**

Proyecto: 100591-01 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte Zona: PAD Realizado: AGC/JSG
 Cliente: Minera Coimolache

Eficiencia del ensayo SPT: 66% Prof. del Nivel Freático (m): ND

Perforación	Ensayo	Profundidad de Ensayo (m)	SUCS	N _{SPT campo}	N ₇₀	γ* (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ _v ' (kPa)	C _n	(N ₁) ₇₀	Su (kPa)	Schmertmann (1)	Parra Idreos (2)	
							γ × h	σ _v ' - γ _{esp} × h	$\frac{1}{\sqrt{\sigma_v'}}$			C _n × N	φ°	Cu
DH_CIN14-106	SPT-01	1.55	CL	50	35	17.00	26.35	26.35	1.70	60	375.0	37.3	0.50	36.3
	SPT-02	3.45	Roca	50	35	24.00	82.80	82.80	1.10	39	243.8	34.8	0.41	34.0
	SPT-03	4.95	Roca	50	35	24.00	118.80	118.80	0.92	32	200.0	33.7	0.36	33.0

Notas:
 Factores de Corrección: Foundation Analysis and Design, Joseph Bowles
 n1: Corrección por longitud de tubería: L = 3m. n2 = 0.75
 n3: Corrección por muestreador: Muestreador sin liner. n3 = 1.00
 n4: Corrección por diámetro de perforación: φ = HQ (3.5"). n4 = 1.00
 Su: Resistencia no drenada
 (1): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos limo arenosos a partir del N SPT. Schmertmann 1970
 (2): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos mixtos a partir del N SPT. Parra Idreos
 (*): La densidad se considera promedio para los suelos tipo limos elásticos (diatomáceos) y arenosos de acuerdo al informe geotécnico



**Análisis de Datos Obtenidos Durante la Investigación Geotécnica
Corrección del Número de Golpes - Ensayo SPT**

Proyecto: 100591-01 Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte Zona: PAD Realizado: AGC/JSG
 Cliente: Minera Coimolache

Eficiencia del ensayo SPT: 66% Prof. del Nivel Freático (m): 31.20

Perforación	Ensayo	Profundidad de Ensayo (m)	SUCS	N _{SPT campo}	N ₇₀	γ* (kN/m ³)	σ _v (kPa)	σ _v ' (kPa)	C _n	(N ₁) ₇₀	Su (kPa)	Schmertmann (1)	Parra Idreos (2)	
							γ × h	σ _v ' - γ _{esp} × h	$\frac{1}{\sqrt{\sigma_v'}}$			C _n × N	φ°	Cu
DH_CIN14-105	SPT-01	1.95	SC	28	20	17.00	33.15	33.15	1.70	33	206.3	33.8	0.37	33.1
	SPT-02	3.45	CL	54	38	18.00	62.10	62.10	1.27	48	300.0	36.0	0.45	35.2
	SPT-03	4.95	SC	63	44	19.00	94.05	94.05	1.05	46	287.5	35.8	0.44	34.9
	SPT-04	6.30	SC	50	35	20.00	126.00	126.00	0.89	31	193.8	33.5	0.36	32.8
	SPT-05	7.90	CL	72	50	21.00	165.90	165.90	0.78	39	243.8	34.8	0.41	34.0

Notas:
 Factores de Corrección: Foundation Analysis and Design, Joseph Bowles
 n1: Corrección por longitud de tubería: L = 3m. n2 = 0.75
 n3: Corrección por muestreador: Muestreador sin liner. n3 = 1.00
 n4: Corrección por diámetro de perforación: φ = HQ (3.5"). n4 = 1.00
 Su: Resistencia no drenada
 (1): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos limo arenosos a partir del N SPT. Schmertmann 1970
 (2): Fórmula para determinar el ángulo de fricción interna en suelos mixtos a partir del N SPT. Parra Idreos
 (*): La densidad se considera promedio para los suelos tipo limos elásticos (diatomáceos) y arenosos de acuerdo al informe geotécnico



Ausenco

LABORATORIO GEOTÉCNICO

PESO VOLUMÉTRICO
NTP 339.139

Nombre del Proyecto:	Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte																																																																														
Cliente	Compañía Minera Colmolache S.A.																																																																														
Nº de muestra / Prof. (m):	TP-CN14-106 / M-1 / 1.50-1.80	Nº Informe de Lab : AP-139-14																																																																													
Descripción / Zona:	Pad de Lixiviación Fase 1	Nº de Proyecto: 100591-01																																																																													
Solicitado por:	Julio Soto	Fecha: 03-sep-14																																																																													
Ubicación:	Cajamarca																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº de Prueba</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Peso de Muestra húmeda (gr)</td> <td>1173,6</td> <td>1422,5</td> <td>3370,1</td> <td>1896,0</td> </tr> <tr> <td>2) Peso de Muestra húmeda + Parafina en aire (gr)</td> <td>1235,9</td> <td>1490,5</td> <td>3467,4</td> <td>1961,0</td> </tr> <tr> <td>3) Peso de Muestra húmeda + Parafina en agua (gr)</td> <td>611,9</td> <td>732,5</td> <td>1778,4</td> <td>995,7</td> </tr> <tr> <td>4) Volumen Muestra con parafina (2) - (3) (cm³)</td> <td>624,0</td> <td>758,0</td> <td>1689,0</td> <td>965,3</td> </tr> <tr> <td>5) Peso de la parafina (2) - (1) (gr)</td> <td>62,3</td> <td>68,0</td> <td>97,3</td> <td>65,0</td> </tr> <tr> <td>6) Densidad de la parafina (gr/cm³)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">0,87</td> </tr> <tr> <td>7) Volumen de la parafina (5) / (6) (cm³)</td> <td>71,6</td> <td>78,2</td> <td>111,8</td> <td>74,7</td> </tr> <tr> <td>8) Volumen de la muestra (4) - (7) (cm³)</td> <td>552,4</td> <td>679,8</td> <td>1577,2</td> <td>890,6</td> </tr> <tr> <td>9) Densidad de la muestra húmeda (1) / (8) (%)</td> <td>2,12</td> <td>2,09</td> <td>2,14</td> <td>2,13</td> </tr> <tr> <td>10) Contenido de Humedad (%)</td> <td>16,1</td> <td>16,8</td> <td>16,0</td> <td>16,5</td> </tr> <tr> <td>11) Densidad de la muestra seca (9)/(1+((10)/100))</td> <td>1,83</td> <td>1,79</td> <td>1,84</td> <td>1,83</td> </tr> <tr> <td>Densidad natural promedio (gr/cm³)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">2,12</td> </tr> <tr> <td>Densidad seca promedio (gr/cm³)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">1,822</td> </tr> <tr> <td>Humedad promedio (%)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">16,4</td> </tr> </tbody> </table>					Nº de Prueba	1	2	3	4	1) Peso de Muestra húmeda (gr)	1173,6	1422,5	3370,1	1896,0	2) Peso de Muestra húmeda + Parafina en aire (gr)	1235,9	1490,5	3467,4	1961,0	3) Peso de Muestra húmeda + Parafina en agua (gr)	611,9	732,5	1778,4	995,7	4) Volumen Muestra con parafina (2) - (3) (cm³)	624,0	758,0	1689,0	965,3	5) Peso de la parafina (2) - (1) (gr)	62,3	68,0	97,3	65,0	6) Densidad de la parafina (gr/cm³)	0,87				7) Volumen de la parafina (5) / (6) (cm³)	71,6	78,2	111,8	74,7	8) Volumen de la muestra (4) - (7) (cm³)	552,4	679,8	1577,2	890,6	9) Densidad de la muestra húmeda (1) / (8) (%)	2,12	2,09	2,14	2,13	10) Contenido de Humedad (%)	16,1	16,8	16,0	16,5	11) Densidad de la muestra seca (9)/(1+((10)/100))	1,83	1,79	1,84	1,83	Densidad natural promedio (gr/cm³)	2,12				Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,822				Humedad promedio (%)	16,4			
Nº de Prueba	1	2	3	4																																																																											
1) Peso de Muestra húmeda (gr)	1173,6	1422,5	3370,1	1896,0																																																																											
2) Peso de Muestra húmeda + Parafina en aire (gr)	1235,9	1490,5	3467,4	1961,0																																																																											
3) Peso de Muestra húmeda + Parafina en agua (gr)	611,9	732,5	1778,4	995,7																																																																											
4) Volumen Muestra con parafina (2) - (3) (cm³)	624,0	758,0	1689,0	965,3																																																																											
5) Peso de la parafina (2) - (1) (gr)	62,3	68,0	97,3	65,0																																																																											
6) Densidad de la parafina (gr/cm³)	0,87																																																																														
7) Volumen de la parafina (5) / (6) (cm³)	71,6	78,2	111,8	74,7																																																																											
8) Volumen de la muestra (4) - (7) (cm³)	552,4	679,8	1577,2	890,6																																																																											
9) Densidad de la muestra húmeda (1) / (8) (%)	2,12	2,09	2,14	2,13																																																																											
10) Contenido de Humedad (%)	16,1	16,8	16,0	16,5																																																																											
11) Densidad de la muestra seca (9)/(1+((10)/100))	1,83	1,79	1,84	1,83																																																																											
Densidad natural promedio (gr/cm³)	2,12																																																																														
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,822																																																																														
Humedad promedio (%)	16,4																																																																														
Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante																																																																															
<small>Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en este hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del cliente y otros partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.</small>																																																																															
Realizado por:	DC	Ingresado por:	HEV	Revisado por:	TOM	Nº Informe de Lab :	AP-139-14																																																																								



Nombre del Proyecto:	Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte																																															
Cliente	Compañía Minera Colmolache S.A.																																															
Descripción / Zona:	Pad de Lixiviación Fase 1	Nº Informe de Lab :	AP-139-14																																													
Solicitado por:	Julio Soto	Nº de Proyecto:	100591-01																																													
Nº de muestra / Prof. (m):	TP-CN14-119 / M-2 / 1.70-2.00	Fecha:	09-sep-14																																													
Ubicación:	Cajamarca																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº de Prueba</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Peso de Muestra húmeda</td> <td>(gr)</td> <td>970.9</td> <td>990.7</td> <td>970.7</td> </tr> <tr> <td>2) Diámetro de la muestra</td> <td>(cm)</td> <td>7.04</td> <td>7.03</td> <td>7.01</td> </tr> <tr> <td>3) Altura de la muestra</td> <td>(cm)</td> <td>14.71</td> <td>14.75</td> <td>14.73</td> </tr> <tr> <td>4) Área de la muestra</td> <td>(cm²)</td> <td>38.9</td> <td>38.8</td> <td>38.6</td> </tr> <tr> <td>5) Volumen de la muestra</td> <td>(cm³)</td> <td>572.6</td> <td>572.5</td> <td>568.5</td> </tr> <tr> <td>6) Densidad húmeda</td> <td>(gr/cm³)</td> <td>1.70</td> <td>1.73</td> <td>1.71</td> </tr> <tr> <td>7) Contenido de Humedad</td> <td>(%)</td> <td>42.4</td> <td>42.5</td> <td>45.5</td> </tr> <tr> <td>8) Densidad de la muestra seca</td> <td>(gr/cm³)</td> <td>1.19</td> <td>1.21</td> <td>1.17</td> </tr> </tbody> </table>				Nº de Prueba		1	2	3	1) Peso de Muestra húmeda	(gr)	970.9	990.7	970.7	2) Diámetro de la muestra	(cm)	7.04	7.03	7.01	3) Altura de la muestra	(cm)	14.71	14.75	14.73	4) Área de la muestra	(cm ²)	38.9	38.8	38.6	5) Volumen de la muestra	(cm ³)	572.6	572.5	568.5	6) Densidad húmeda	(gr/cm ³)	1.70	1.73	1.71	7) Contenido de Humedad	(%)	42.4	42.5	45.5	8) Densidad de la muestra seca	(gr/cm ³)	1.19	1.21	1.17
Nº de Prueba		1	2	3																																												
1) Peso de Muestra húmeda	(gr)	970.9	990.7	970.7																																												
2) Diámetro de la muestra	(cm)	7.04	7.03	7.01																																												
3) Altura de la muestra	(cm)	14.71	14.75	14.73																																												
4) Área de la muestra	(cm ²)	38.9	38.8	38.6																																												
5) Volumen de la muestra	(cm ³)	572.6	572.5	568.5																																												
6) Densidad húmeda	(gr/cm ³)	1.70	1.73	1.71																																												
7) Contenido de Humedad	(%)	42.4	42.5	45.5																																												
8) Densidad de la muestra seca	(gr/cm ³)	1.19	1.21	1.17																																												
Densidad natural promedio (gr/cm ³)		1.71																																														
Densidad seca promedio (gr/cm ³)		1.20																																														
Humedad promedio (%)		43.4																																														
Observaciones:																																																
<p><small>Notas: Los muestros han sido proporcionados e identificados por el solicitante.</small></p> <p><small>Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenida en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del cliente y otros partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.</small></p>																																																
Realizado por:	DC	Ingresado por:	HEV																																													
Revisado por:	TOM	Nº Informe de Lab :	AP-139-14																																													



Nombre del Proyecto:	Ingeniería de Detalle de las Instalaciones de Ciénaga Norte																																															
Cliente	Compañía Minera Colmolache S.A.																																															
Descripción / Zona:	Pad de Explotación Fase 1	Nº Informe de Lab :	AP-139-14																																													
Solicitado por:	Julio Soto	Nº de Proyecto:	100591-01																																													
Nº de muestra / Prof. (m):	TP-CN14-125 / M-1 / 4.50-4.80	Fecha:	12-sep-14																																													
Ubicación:	Cajamarca																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nº de Prueba</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1) Peso de Muestra húmeda</td> <td>(gr)</td> <td>1142.4</td> <td>1117.8</td> <td>1137.6</td> </tr> <tr> <td>2) Diámetro de la muestra</td> <td>(cm)</td> <td>7.03</td> <td>7.01</td> <td>7.03</td> </tr> <tr> <td>3) Altura de la muestra</td> <td>(cm)</td> <td>14.73</td> <td>14.65</td> <td>14.67</td> </tr> <tr> <td>4) Área de la muestra</td> <td>(cm²)</td> <td>38.8</td> <td>38.6</td> <td>38.8</td> </tr> <tr> <td>5) Volumen de la muestra</td> <td>(cm³)</td> <td>571.7</td> <td>565.4</td> <td>569.4</td> </tr> <tr> <td>6) Densidad húmeda</td> <td>(gr/cm³)</td> <td>2.00</td> <td>1.98</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>7) Contenido de Humedad</td> <td>(%)</td> <td>26.8</td> <td>24.7</td> <td>24.9</td> </tr> <tr> <td>8) Densidad de la muestra seca</td> <td>(gr/cm³)</td> <td>1.58</td> <td>1.59</td> <td>1.60</td> </tr> </tbody> </table>				Nº de Prueba		1	2	3	1) Peso de Muestra húmeda	(gr)	1142.4	1117.8	1137.6	2) Diámetro de la muestra	(cm)	7.03	7.01	7.03	3) Altura de la muestra	(cm)	14.73	14.65	14.67	4) Área de la muestra	(cm ²)	38.8	38.6	38.8	5) Volumen de la muestra	(cm ³)	571.7	565.4	569.4	6) Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.00	1.98	2.00	7) Contenido de Humedad	(%)	26.8	24.7	24.9	8) Densidad de la muestra seca	(gr/cm ³)	1.58	1.59	1.60
Nº de Prueba		1	2	3																																												
1) Peso de Muestra húmeda	(gr)	1142.4	1117.8	1137.6																																												
2) Diámetro de la muestra	(cm)	7.03	7.01	7.03																																												
3) Altura de la muestra	(cm)	14.73	14.65	14.67																																												
4) Área de la muestra	(cm ²)	38.8	38.6	38.8																																												
5) Volumen de la muestra	(cm ³)	571.7	565.4	569.4																																												
6) Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.00	1.98	2.00																																												
7) Contenido de Humedad	(%)	26.8	24.7	24.9																																												
8) Densidad de la muestra seca	(gr/cm ³)	1.58	1.59	1.60																																												
Densidad natural promedio (gr/cm ³)		1.99																																														
Densidad seca promedio (gr/cm ³)		1.58																																														
Humedad promedio (%)		25.5																																														
Observaciones:																																																
<p><small>Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.</small></p> <p><small>Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del cliente y otros partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.</small></p>																																																
Realizado por:	DC	Ingresado por:	HEV																																													
Revisado por:	TOM	Nº Informe de Lab :	AP-139-14																																													







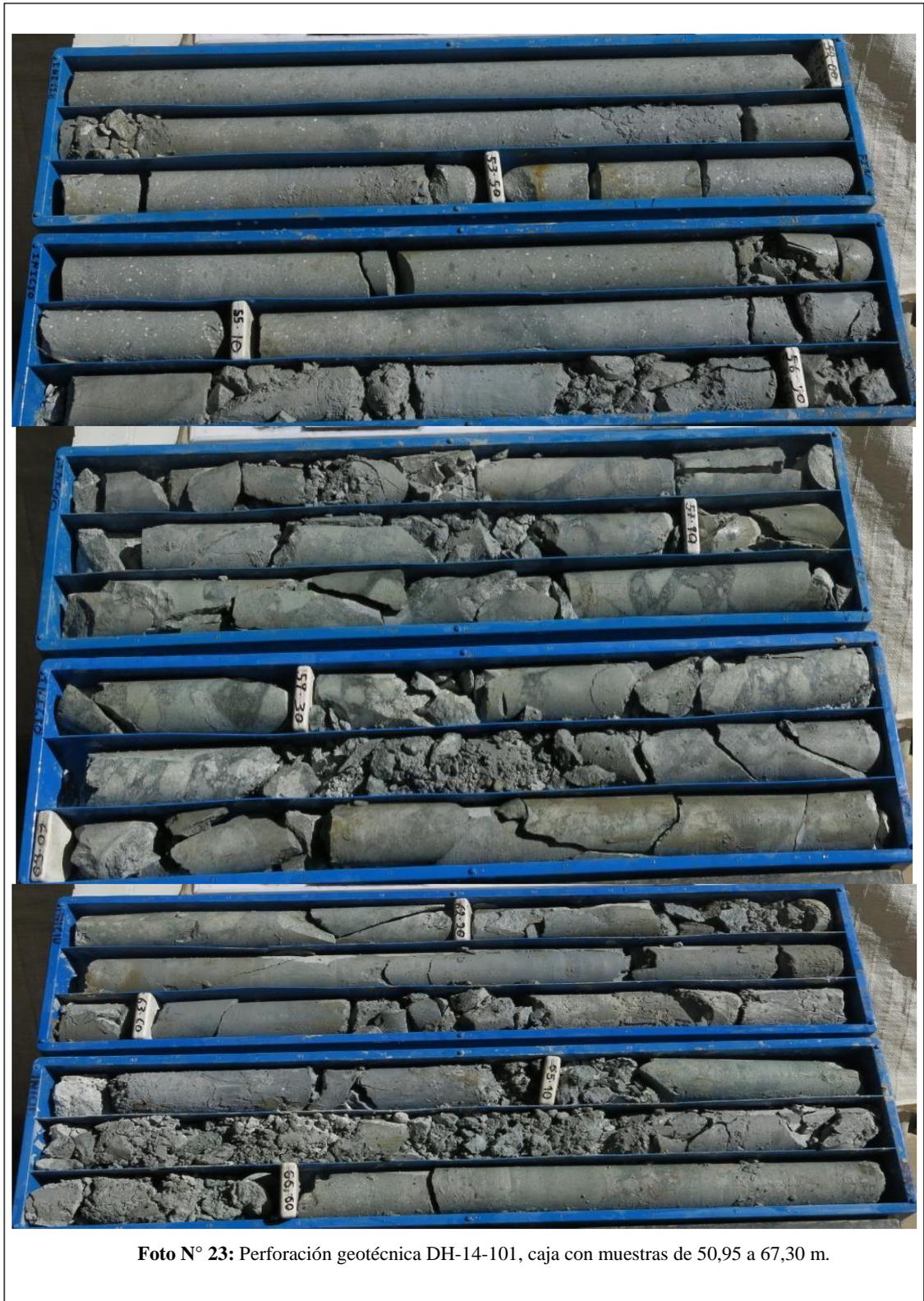




Foto N° 24: Perforación geotécnica DH-14-101, caja con muestras de 67,30 a 80,00 m.



Foto N° 25: Perforación geotécnica DH-14-103, caja con muestras de 0,00 a 15,85 m.



Foto N° 26: Perforación geotécnica DH-14-103, caja con muestras de 15,85 a 32,40 m.