

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos propensos a
deslizamiento en carreteras mediante el método de elementos
finitos**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Ronald Alccallaico Mogrovejo

Asesor:

Ing. Ferrer Canaza Rojas

Lima, setiembre del 2023


DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Yo Ferrer Canaza Rojas, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUCIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS PROPENSOS A DESLIZAMIENTO EN CARRETERAS MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS”** del Bach. Ronald Alccallaico Mogrovejo, tiene un índice de similitud de 8 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 15 días del mes de setiembre del año 2023.



Ing. Ferrer Canaza Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 07 día(s) del mes de **septiembre** del año 2023 siendo las **10:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Ing. David Díaz Garamendi**, el secretario: **Mg. Leonel Chahuares Paucar** y los demás miembros: **Mg. Reymundo Jaulis Palomino** y el asesor **Ing. Ferrer Canaza Rojas** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos propensos a deslizamiento en carreteras mediante el método de elementos finitos"

..... de el(los)/la(las) bachiller/es: a) ... **RONALD ALCCALLAICO MOGROVEJO**

..... b)

..... conducente a la obtención del título profesional de:

..... **INGENIERO CIVIL**

con mención en:

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **RONALD ALCCALLAICO MOGROVEJO**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Ing. David Díaz
Garamendi



Secretario
Mg. Leonel
Chahuares
Paucar

Asesor
Ing Ferrer Canaza
Rojas

Miembro
Mg. Reymundo
Jaulis Palomino

Miembro



Candidato/a (a)
Ronald Alccallaico
Mogrovejo

Candidato/a (b)

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	ANTECEDENTES.....	6
3.	UBICACIÓN Y GEOLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO	6
4.	METODOLOGÍA	7
4.1.	MODELO NUMÉRICO	8
4.2.	MODELO DE ELEMENTOS FINITOS (MEF).....	8
4.3.	CRITERIO DE FALLA DEL MACIZO ROCOSO	8
4.4.	CRITERIO DE FALLA DE LAS JUNTAS	9
5.	EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES SANTA INÉS – HUANCVELICA	9
5.1.	UNIDAD LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL MACIZO ROCOSO	9
5.2.	CARÁCTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	11
5.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES.....	11
5.4.	ANÁLISIS CINEMÁTICO.....	12
5.5.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD MEDIANTE MEF Y MEL	12
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	14
	CONCLUSIÓN.....	15
	REFERENCIAS.....	15

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES ROCOSOS PROPENSOS A DESLIZAMIENTO EN CARRETERAS MEDIANTE EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS

EVALUATION OF THE STABILITY OF ROCK SLOPES PRONE TO LANDSLIDE ON HIGHWAYS USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Ronald Alccallaico Mogrovejo¹, Ferrer Canaza Rojas²

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú

Recibido (Received): 11/08/2023.

RESUMEN

La inestabilidad de taludes en macizos rocosos de proyectos viales, se debe a que muchos de los análisis no se consideran de manera cuidadosa las condiciones geomecánicas y estructurales que presenta el macizo rocoso, así como, los métodos que se emplean frecuentemente. La carretera Huancavelica – Santa Inés – Empalme Ruta 28A, vía los Libertadores (Pámpano) en el Perú, atraviesa un terreno geomorfológico muy variable en suelos y rocas. En la presente investigación se llevó a cabo una evaluación geotécnica detallada de los 7 sectores de análisis en macizos rocosos. Para poder delimitar y verificar las formaciones en campo se hizo uso de la información proporcionado por el INGEMMET, así como, los criterios de caracterización de RMR de Bieniawski y GSI de Hoek-Brown para realizar la evaluación de las condiciones estructurales y las mediciones de las características del macizo rocoso. Una vez extraído y trasladado las muestras representativas se procedió a ensayar en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Nacional de Ingeniería donde se determinó las propiedades físicas y geomecánicas. La caracterización del modelo para el análisis mediante el MEF se consideró las orientaciones de las discontinuidades del análisis cinemático. Durante el análisis en condición pseudoestático mediante el MEF y MEL se observó que el factor de seguridad varía significativamente, donde el MEF posee valores conservadores cercanos a 1.1. Además, se determinó que las discontinuidades condicionan la estabilidad en taludes de menor altura y que el factor de seguridad es inversamente proporcional a las condiciones geomecánicas que presenta el macizo rocoso.

Palabras Clave: Macizo rocoso, Índice de Resistencia Geológica (GSI), Calificación de la masa rocosa (RMR), Método de Elementos Finitos (MEF), Método de Equilibrio Límite (MEL).

ABSTRACT

The instability of slopes in rock massifs of road projects is due to the fact that many of the analyzes do not carefully consider the geomechanical and structural conditions presented by the rock massif, as well as the methods that are frequently used. The Huancavelica – Santa Inés – Junction Route 28A, via Los Libertadores (Pámpano) in Peru, crosses a very variable geomorphological terrain in soils and rocks. In the present investigation, a detailed geotechnical evaluation of the 7 sectors of analysis in rock massifs was carried out. In order to delimit and verify the formations in the field, the information provided by INGEMMET was used, as well as the Bieniawski RMR and Hoek-Brown GSI characterization criteria to evaluate the structural conditions and measurements of the characteristics of the rock mass. Once the representative samples were extracted and transferred, they were tested at the rock mechanics laboratory of the National Engineering University where the physical and geomechanical properties were determined. The characterization of the model for the FEM analysis considered the orientations of the discontinuities of the kinematic analysis. During the analysis in pseudo-static condition by means of the FEM and LEM, it was observed that the safety factor varies significantly, where the FEM has conservative values close to 1.1. In addition, it was determined that the discontinuities condition the stability in slopes of lower height and that the safety factor is inversely proportional to the geomechanical conditions of the rock mass.

Keywords: Rock mass, Geological Strength Index (GSI), Rock Mass Rating (RMR), Finite Element Method (FEM), Limit Equilibrium Method (LEM).

* Corresponding author.:

Email: ronaldalccallaico@upeu.edu.pe