

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

Análisis de estabilidad de taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100,

Tramo: Junín – San Pedro de Pari

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Germán Antony ROBLADILLO CUICAPUSA

Asesor:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

Análisis de estabilidad de taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100,

Tramo: Junín – San Pedro de Pari

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES
PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 005-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA

JU-100, TRAMO: JUNÍN – SAN PEDRO DE PARI”

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Germán Antony ROBLADILLO CUICAPUSA

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

10 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 6 de abril del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.04.2026 17:18:53 -05:00

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios, ya que gracias a Él pude haber llegado a donde hoy en día me encuentro, a mi madre, esposa y hermana, por el apoyo incondicional y continuo durante todo el proceso que me conllevó llegar aquí.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la empresa JEVIL S.A.C. por brindarme la oportunidad de ser partícipe en el proyecto para el Expediente Técnico del proyecto de la Carretera JU-100, facilitándome la información necesaria para el desarrollo de esta tesis.

De igual manera agradezco a cada persona a lo largo de mi carrera profesional que ha dedicado su tiempo ilustrándome y dedicando parte de su tiempo para instruirme en el uso los softwares geológicos y geotécnicos y conocimiento necesario para el cálculo de la estabilidad de taludes.

Así también, quiero agradecer al Mg. Vidal Víctor Calsina Colqui quien me apoyó con su conocimiento además de la dedicación de su tiempo para poder concluir la presente tesis.

RESUMEN

El presente estudio analiza la estabilidad de taludes en el proyecto de mejoramiento de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari, ubicado en la meseta del Bombón, Región Junín. El objetivo principal del estudio es conocer las características geológicas, geotécnicas de los taludes existentes o proyectados en la franja donde se construirá la infraestructura vial JU-100, analizar el comportamiento geodinámico externo para plantear soluciones a los problemas que puedan originar las posibles inestabilidades de taludes en las obras a construir. Para ello, se empleó una metodología con un enfoque cuantitativo, sustentado en la medición directa de parámetros geotécnicos y en el análisis numérico de condiciones de estabilidad. Los taludes rocosos fueron clasificados mediante el sistema RMR, obteniéndose valores entre 32 y 68, correspondientes a macizos de calidad regular a buena. En el caso de suelos, se realizó la sectorización geotécnica considerando variabilidad estratigráfica y geomorfológica. La estabilidad de taludes se evaluó mediante métodos de equilibrio límite, aplicando los modelos de Falla Planar, Falla en Cuña y Deslizamiento Circular. En consecuencia, se propone implementar medidas de mitigación como taludes con ángulos relativamente bajos, drenes horizontales, y optimización de la geometría del corte. La conclusión más importante en el análisis de estabilidad de taludes es determinante para el mejoramiento de la carretera JU-100, dado que permite definir zonas críticas, calcular factores de seguridad y seleccionar soluciones técnicas adecuadas que aseguren la continuidad operativa de la vía.

Palabras clave: Geotecnia, meteorización, taludes, inestabilidad.

ABSTRACT

This study analyzes the slope stability in the JU-100 highway improvement project, Junín – San Pedro de Pari section, located on the Bombón plateau, Junín Region. The main objective of the study is to know the geological and geotechnical characteristics of the existing or projected slopes in the strip where the JU-100 road infrastructure will be built, to analyse the external geodynamic behaviour to propose solutions to the problems that may cause possible slope instabilities in the works to be built. To this end, a methodology with a quantitative approach was used, based on the direct measurement of geotechnical parameters and the numerical analysis of stability conditions. The rock slopes were classified using the RMR system, values between 32 and 68 were obtained, corresponding to solids of fair to good quality. In the case of soils, geotechnical sectorization was carried out considering stratigraphic and geomorphological variability. Slope stability was evaluated using limit equilibrium methods, applying Planar Fault, Wedge Fault and Circular Slip models. Consequently, it is proposed to implement mitigation measures such as slopes with relatively low angles, horizontal drains, and optimization of the cut geometry. The most important conclusion in the slope stability analysis is decisive for the improvement of the JU-100 road, since it allows the definition of critical areas, calculate safety factors and select appropriate technical solutions that ensure the operational continuity of the track.

Keywords: Geotechnics, weathering, slopes, instability.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de proyectos de ingeniería, particularmente aquellos orientados a la construcción de infraestructura vial destinada a la interconexión de regiones, provincias, distritos, plantea desafíos persistentes relacionados con condicionantes geológicas y geotécnicas, tanto externas como internas. Estos factores inciden de manera directa en la estabilidad de taludes conformados por macizos rocosos con diversa litoestratigrafía, así como por suelos de distinta génesis. Tales condiciones pueden incrementar la susceptibilidad al fallamiento de los taludes durante la fase constructiva en la cual están sujetos a esfuerzos mecánicos, vibracionales y otros agentes de perturbación y a lo largo de la vida útil del proyecto, donde la exposición a variaciones climáticas y la intervención antrópica introduce variables adicionales que pueden desencadenar daños y pérdidas de diversa magnitud.

En el área de estudio correspondiente al trazado de la carretera JU-100, se desarrollará el análisis de estabilidad de los taludes proyectados conforme al diseño geométrico de la vía, los cuales estarán directamente condicionados por los cortes previstos en el proceso constructivo. La zona de estudio se localiza en los distritos de Junín y Óndores, provincia y departamento de Junín, dentro del área de influencia directa de la Reserva Nacional de Junín. El presente trabajo se formula como una necesidad técnica orientada a la evaluación rigurosa de la estabilidad de los taludes, con el propósito de minimizar la cantidad de material a excavar y optimizar el ángulo final de los diseños hasta el límite permisible, sin comprometer los factores de seguridad requeridos para garantizar su estabilidad. Para ello, se integrará información geológica, geotécnica y estructural, junto con los datos indispensables para la ejecución de los cálculos numéricos correspondientes.

El trabajo de investigación tiene como objetivo general evaluar la estabilidad de taludes mediante un análisis geotécnico, con el fin de contribuir al mejoramiento de la carretera JU-100.

La metodología empleada corresponde a una investigación de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental de corte transversal. Para su desarrollo se utilizaron métodos analíticos y descriptivos, sustentados en la recolección de datos de campo mediante cartillas de estaciones geomecánicas basadas en los criterios RMR, así como en la realización de ensayos de laboratorio y el procesamiento de información en software especializado.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y una categorización geotécnica de los taludes por tramos.

La presente tesis se estructura en cuatro capítulos principales. El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, la delimitación de la investigación, la formulación de los objetivos y las interrogantes centrales del estudio, así como la justificación y las principales limitaciones identificadas. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, en el cual se revisan los fundamentos conceptuales relacionados con la estabilidad de taludes, las condiciones geotécnicas y geomecánicas pertinentes, y los criterios empleados para el cálculo de los ángulos óptimos de talud y su estabilidad. En el Capítulo III se presenta la metodología aplicada, detallando el tipo, nivel y diseño de investigación, junto con las técnicas, instrumentos y procedimientos utilizados para la recolección y el análisis de los datos. Posteriormente, el Capítulo IV expone y discute los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones en campo y de las estaciones geomecánicas realizadas, analizando los distintos productos derivados de dichas mediciones.

Finalmente, se incluyen las conclusiones y recomendaciones formuladas a partir del estudio, orientadas a optimizar el desempeño y la estabilidad de los taludes a lo largo del trazado de la vía JU-100.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE MAPAS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación temporal	2
1.2.3. Delimitación teórica	3
1.3. Formulación del Problema	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	4

1.5. Justificación de la Investigación.....	4
1.5.1. Justificación teórica	4
1.5.2. Justificación práctica	4
1.5.3. Justificación metodológica	5
1.6. Limitaciones de la investigación	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3. Antecedentes regionales	11
2.2. Bases teóricas – científicas.....	13
2.2.1. Estabilidad de taludes	13
2.2.2. Deslizamientos.....	13
2.2.3. Movimiento del cuerpo del talud.....	15
2.2.4. Cálculo de la estabilidad.....	20
2.3. Definición de términos básicos	33
2.4. Formulación de Hipótesis.....	34
2.4.1. Hipótesis general	34
2.4.2. Hipótesis específicas.....	35
2.5. Identificación de Variables.....	35
2.5.1. Variable independiente	35
2.5.2. Variable dependiente	35
2.6. Definición Operacional de las variables e indicadores.....	36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	37
3.2. Nivel de investigación	37
3.3. Método de investigación.....	38
3.4. Diseño de la Investigación.....	38
3.5. Población y Muestra	38
3.5.1. Población	38
3.5.2. Muestra	39
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos	39
3.6.2. Instrumentos	40
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	41
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	41
3.9. Tratamiento estadístico.....	41
3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica	42

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	43
4.1.1. Ubicación.....	43
4.1.2. Accesibilidad	44
4.1.3. Contexto Regional	45
4.1.4. Contexto Local	53
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	85
4.2.1. Análisis de Estabilidad de Taludes	85

4.3. Prueba de hipótesis	123
4.3.1. Hipótesis general	123
4.3.2. Prueba de hipótesis	123
4.4. Discusión de resultados	126
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1: Operacionalización de las Variables e Indicadores.	36
Tabla 2: Accesibilidad.	44
Tabla 3: Columna Estratigráfica Regional del área de estudio.	49
Tabla 4: Columna estratigráfica local del área de estudio.	56
Tabla 5: Afloramientos del Grupo Pucará.	61
Tabla 6: Afloramientos de la Formación Pocobamba.	65
Tabla 7: Cuadro de sectores – Inundación lagunar.	75
Tabla 8: Cuadro de sectores – Flujo de detritos.	75
Tabla 9: Cuadro de sectorización geológica - geotécnica preliminar.	80
Tabla 10: Cuadro resumen de Estabilidad de Taludes.	86
Tabla 11: Resultados de la Estación Geomecánica Km 4+750.	89
Tabla 12: Resultados de la Estación Geomecánica Km 12+240.	92
Tabla 13: Resultados de la Estación Geomecánica Km 12+850.	95
Tabla 14: Resultados de la Estación Geomecánica Km 14+110.	98
Tabla 15: Resultados de la Estación Geomecánica 14+430.	101
Tabla 16: Resultados de la Estación Geomecánica Km 17+290.	104
Tabla 17: Resultados de la Estación Geomecánica Km 20+460.	107
Tabla 18: Resultados de la Estación Geomecánica Km 21+400.	110
Tabla 19: Resultados de la Estación Geomecánica Km 23+640.	113
Tabla 20: Resultados de la Estación Geomecánica Km 28+040.	116
Tabla 21: Resultados de la Estación Geomecánica Km 29+010.	119
Tabla 22: Resultados de la Estación Geomecánica Km 42+430.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1: Indicadores de presencia de un movimiento superficial (creep).	15
Figura 2: (a) Nomenclatura de una zona de falla. (b) Tipos de falla.	16
Figura 3: Falla limitada por un estrato firme.	18
Figura 4: Tipos de falla traslacionales.	18
Figura 5: Equilibrio de fuerzas en un desplazamiento producido.....	21
Figura 6: Relación para material sin fricción entre el ángulo del talud β y el coeficiente de estabilidad N_s	24
Figura 7: Relaciones geométricas para una superficie de deslizamiento circular y diagrama de cuerpo libre de una faja.	25
Figura 8: Ábaco para evacuar el coeficiente $m\alpha$	28
Figura 9: Perfil transversal en presencia de napa freática.	29
Figura 10: Equilibrio de fuerzas en una faja típica.	30
Figura 11: (a) Polígono de fuerzas considerando todas las fuerzas. (b) Composición vectorial de fuerzas despreciando las $T_y E$	30
Figura 29: Km. 21+400. Depósitos de suelos residual, roca insitu (conglomerado) meteorizándose y convirtiéndose en suelo, clastos mal seleccionados de todo tamaño, angulosos en matriz limosa-arcillosa de color rojizo.	68
Figura 13: Vista Satelital de la zona de Sasicucho, expuesta a flujo de detritos provenientes de la parte alta de la ladera.	76
Figura 14: Vista Satelital del contexto Hidrogeológico en Huarmipuerto – Sasicucho.	79
Figura 15: Estación Geomecánica Km 4+750.	87
Figura 16: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 4+750.	88
Figura 17: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 4+750.	89

Figura 18: Estación Geomecánica Km 12+240.	90
Figura 20: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 12+240.	91
Figura 20: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 12+240.	92
Figura 21: Estación Geomecánica Km 12+850.	93
Figura 22: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 12+850.	94
Figura 23: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 12+850.	95
Figura 24: Estación Geomecánica Km 14+110.	96
Figura 25: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 14+110.	97
Figura 26: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 14+110.	98
Figura 27: Estación Geomecánica Km 14+430.	99
Figura 28: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 14+430.	100
Figura 29: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 14+430.	101
Figura 30: Estación Geomecánica Km 17+290.	102
Figura 31: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 17+290.	103
Figura 32: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 17+290.	104
Figura 33: Estación Geomecánica Km 20+460.	105
Figura 34: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 20+460.	106
Figura 35: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 20+460.	107
Figura 36: Estación Geomecánica Km 21+400.	108
Figura 37: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 21+400.	109
Figura 38: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 21+400.	110
Figura 39: Estación Geomecánica Km 23+640.	111
Figura 40: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 23+640.	112
Figura 41: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 23+640.	113
Figura 42: Estación Geomecánica Km 28+040.	114

Figura 43: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 28+040.....	115
Figura 44: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 28+040.....	116
Figura 45: Estación Geomecánica Km 29+010.	117
Figura 46: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 29+010.....	118
Figura 47: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 29+010.....	119
Figura 48: Estación Geomecánica Km 42+280.	120
Figura 49: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 42+280.....	121
Figura 50: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 42+280.....	122

ÍNDICE DE MAPAS

	Páginas
Mapa 1: Ubicación Política.....	44
Mapa 2: Accesibilidad al área de estudio.	45
Mapa 3: Geomorfología Regional.	46
Mapa 4: Clasificación Climática Regional.	47
Mapa 5: Geología regional del proyecto.....	48
Mapa 6: Tectónica y Estructural regional del proyecto.	52
Mapa 7: Zonificación de actividad sísmica del Perú.	72

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 1: Vista panorámica del relieve altiplánico en el área de trabajo, desde la parte más alta de Óndores.	53
Fotografía 2: Terraza aluvial de relieve muy plano.	54
Fotografía 3: Imagen de ladera de pendiente moderada, compuesta de calizas y lutitas, con cobertura de depósitos coluviales.	55
Fotografía 4: Km. 28+500. Afloramiento de Calizas grises de la formación Chambará, se visualiza nódulos de chert en superficie.	58
Fotografía 5: Afloramiento de Calizas beige de la formación Aramachay en la parte alta del Km. 15+700, se visualiza el fracturamiento intenso que tiene, inestabilidad en el plano de estratificación y desprendimiento de fragmentos acumulados en su base.	59
Fotografía 6: Km. 4+700. Afloramiento de Calizas beige y grises de la formación Condorsinga, se visualiza el fracturamiento y plano de estratificación paralelo al eje de la carretera.	60
Fotografía 7: Km. 30+700. Afloramiento de lutitas color beige blanquecinas en superficie de relieve plano, eje de la vía cortando el afloramiento.	63
Fotografía 8: Km. 33+540. Afloramiento de conglomerados color pardo rojizo, Formación Pocobamba – Miembro Shuco, clastos subredondeados de calizas del Grupo Pucará, matriz de limos rojizos.	64
Fotografía 9: Km. 38+000. Depósito aluvial en relieve plano, con gravas angulosas en una matriz limo-arenosa.	66
Fotografía 10: Km. 1+840. Depósito lacustre, siendo erosionado por un cauce de agua, Puente Chacachimpa.	66

Fotografía 11: Km. 21+300. Depósito lacustre, siendo erosionado por un cauce de agua, Puente Chacachimpa. Depósito coluvial, clastos angulosos de distintos tamaños, suspendidos en matriz limo-arcillosa de color rojizo.	67
Fotografía 12: Km. 21+400. Depósitos de suelos residual, roca insitu (conglomerado) meteorizándose y convirtiéndose en suelo, clastos mal seleccionados de todo tamaño, angulosos en matriz limosa-arcillosa de color rojizo.....	68
Fotografía 13: Km. 28+880. Zona de falla en corte de carretera, en calizas del Grupo Pucará, con los principales planos de falla (azul) paralelos al plano de estratificación (negro).	70
Fotografía 14: Km. 20+860 – 20+900. Zona de falla geológica con apertura de 50 cm en calizas del Grupo Pucará, se logra visualizar el azimut y buzamiento del plano de falla (azul), Km. 20+860 – 20+900.	71
Fotografía 15: Km. 1+780 – 1+800. Puente Chacachimpa, se observa que el caudal pese a no ser torrentoso viene debilitando la estructura del puente, así mismo, el tipo de material donde se proyectó el puente es desfavorable.	73
Fotografía 16: Puente Upamayo, se observa un caudal muy lento que viene erosionando levemente ambos estribos del puente.....	74
Fotografía 17: Km. 4+700. Descarga de agua de acuíferos kársticos en la zona de Huarmipuquio por debajo de la vía en estudio.	77
Fotografía 18: Km. 4+700. Dirección de la descarga de agua de acuíferos kársticos en la zona de Huarmipuquio por debajo de la vía en estudio.....	77
Fotografía 19: Caverna Kárstica en calizas del grupo Pucará – zona sur de Sasicucho y al sur este de los manantiales de Huarmipuquio, tiene una profundidad indeterminada, se logró apreciar dentro de ella los flujos de dirección que indican el almacenamiento de agua en niveles más profundos.	78

Fotografía 20: Talud rocoso en la progresiva 4+750, con estratos sub paralelos al eje de la vía.	88
Fotografía 21: Talud en roca frágil en la progresiva 12+240.	91
Fotografía 22: Talud rocoso en la progresiva 12+850.	94
Fotografía 23: Talud rocoso en la progresiva 14+110.	97
Fotografía 23: Talud rocoso en la progresiva 14+430.	100
Fotografía 25: Talud rocoso en la progresiva Km 17+290.	103
Fotografía 26: Talud rocoso en la progresiva Km 20+460.	106
Fotografía 27: Talud Semi-rocoso gradando a suelos residuales en la progresiva Km 21+400.	109
Fotografía 28: Talud rocoso en la progresiva Km 23+640.	112
Fotografía 29: rocoso en la progresiva Km 28+040.	115
Fotografía 30: Zona de falla geológica, talud rocoso alterado en corte de carretera, presencia de panizo y desprendimiento de bloques, progresiva Km 29+010.	118
Fotografía 31: Talud rocoso en la progresiva Km 42+280.	121

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La inestabilidad de los taludes está condicionada por diversos factores de naturaleza geológica, geotécnica, hidrogeológica y antrópica, los cuales interactúan de manera directa con los factores climáticos y con las características del relieve topográfico y geomorfológico. Esta interacción adquiere especial relevancia en obras de infraestructura de envergadura, como la construcción y el mejoramiento de vías departamentales, tal como ocurre en el presente estudio.

Los estudios preliminares realizados en la carretera JU-100, correspondiente al tramo Junín – San Pedro de Pari, evidencian la presencia de escenarios potenciales de inestabilidad asociados principalmente a procesos de erosión, fracturamiento y saturación del terreno. Durante las temporadas de lluvia, los pequeños cauces y arroyos incrementan significativamente su caudal, lo que genera erosión y arrastre de sedimentos. Asimismo, la fluctuación térmica diaria y estacional (procesos de dilatación y compresión) favorece la meteorización física y química de los taludes tanto

en rocas como en suelos, originando desprendimientos progresivos, muchas veces imperceptibles en etapas iniciales.

En este contexto, la carretera JU-100 requiere un análisis detallado de la estabilidad de taludes, con el fin de evaluar su viabilidad geotécnica e identificar oportunamente posibles mecanismos de deslizamiento, así como proponer las soluciones de estabilización más adecuadas. Cabe señalar que el análisis de estabilidad se desarrollará predominantemente en taludes rocosos, los cuales se encuentran a lo largo del eje de la vía en estudio.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

"El ámbito de estudio comprende el **tramo vial de la carretera JU-100**, ubicado en el distrito de Óndores, en la región Junín, Perú. La recolección de datos y el análisis de las variables se realizarán tomando como referencia los sectores donde se identificaron taludes con evidencias de inestabilidad, incluyendo zonas con depósitos cuaternarios, macizos rocosos fracturados del **Grupo Pucará** y áreas afectadas por erosión hídrica y meteorización.

La zona de estudio se encuentra ubicado en:

Distritos = Junín y Óndores

Provincia = Junín

Dpto. = Junín.

1.2.2. Delimitación temporal

La investigación se delimita entre los años 2022 y 2023, abarcando las etapas de la recopilación de información geológica y geotécnica existente, los trabajos de campo y ensayos de laboratorio para determinar parámetros de resistencia al corte, así

como la formulación de propuestas técnicas para el desarrollo de estabilidad de taludes en el mejoramiento de la carretera.

1.2.3. Delimitación teórica

La investigación se enmarca en los fundamentos teóricos de la geología, geotecnia, la geología estructural enfocada en el análisis de estabilidad de taludes, sustentándose en autores y modelos ampliamente reconocidos como (RMR, Q, GSI).

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿En qué medida el análisis de estabilidad de taludes influye en los taludes existentes y proyectados para el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín – San Pedro de Pari?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las características geológicas en la estabilidad de taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín – San Pedro de Pari?
- b. ¿Cuáles son los parámetros geotécnicos en la estabilidad de taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín – San Pedro de Pari?
- c. ¿Como influye el factor de seguridad en relación con las condiciones hidrogeológicas en la estabilidad de taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín – San Pedro de Pari?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la estabilidad de taludes existentes y proyectados en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín -San Pedro de Pari.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar las condiciones geológicas de los taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín -San Pedro de Pari, mediante levantamiento de campo y el cartografiado geológico.
- b. Determinar las características geotécnicas de los materiales que conforman los taludes en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo: Junín – San Pedro de Pari, mediante ensayos de campo y laboratorio, y evaluar su influencia en la estabilidad de los taludes.
- c. Analizar la estabilidad de los taludes del tramo en estudio considerando los principales mecanismos de fallamiento y las condiciones hidrogeológicas, a fin de determinar factores de seguridad mayores o iguales a 1.5.

1.5. Justificación de la Investigación

1.5.1. Justificación teórica

La presente investigación contribuye al fortalecimiento del conocimiento en el campo de la geotecnia al realizar un análisis de la estabilidad de taludes para alcanzar un mejoramiento completo, que permita el desarrollo de una población sin periodos de inestabilidad o interrupciones por efecto de deslizamientos de taludes.

1.5.2. Justificación práctica

La estabilidad de taludes constituye uno de los problemas más frecuentes y críticos en la infraestructura vial del Perú, debido a la compleja geología, la presencia de suelos residuales, la meteorización constante y el régimen de lluvias intensas. En el tramo **JU-100 (Junín – San Pedro de Pari)** se han identificado taludes con evidencias de fracturamiento, saturación, erosión y desprendimientos, los cuales representan riesgos directos para la seguridad vial, la transitabilidad y la infraestructura proyectada.

1.5.3. Justificación metodológica

El estudio aporta al diseño de un proceso sistemático de evaluación geotécnico en la estabilidad de taludes, incorporando técnicas como la caracterización geológica y geotécnica in situ, clasificación del macizo rocoso. Limitaciones de la investigación.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron diversas limitaciones. En primer lugar, la disponibilidad de información y datos fue reducida, lo que restringió el alcance del análisis. Asimismo, las condiciones climáticas adversas y los cambios repentinos del clima dificultaron el trabajo de campo, impidiendo una evaluación más detallada del área de estudio. Adicionalmente, desde el punto de vista técnico y económico, el presupuesto asignado para la formulación del expediente resultó insuficiente para la ejecución de estudios de exploración directa, tales como perforaciones diamantinas y estudios geofísicos, los cuales habrían permitido obtener información de mayor precisión para la caracterización del área investigada.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

A nivel internacional, la inestabilidad de taludes constituye uno de los riesgos geotécnicos más importantes en proyectos de infraestructura vial ubicados en terrenos montañosos.

En el ámbito de la estabilidad de taludes en macizos rocosos, Hoek y Brown (2019) destacan que la correcta caracterización geomecánica constituye un aspecto fundamental para la evaluación del comportamiento estructural y mecánico de los taludes. Los autores señalan que la aplicación de sistemas de clasificación geomecánica, como el Geological Strength Index (GSI) y el Rock Mass Rating (RMR), permite estimar de manera confiable las propiedades resistentes del macizo rocoso y predecir los principales mecanismos de fallamiento. Asimismo, resaltan que estos métodos han sido ampliamente aplicados en proyectos viales de gran envergadura desarrollados en regiones montañosas a nivel internacional, tales como los Andes, los Alpes y el

Himalaya, evidenciando su relevancia en el diseño seguro y sostenible de infraestructuras viales.

Por su parte, Turner, A. K., & Schuster, R. L. (Eds.). (2012). “*Landslides: Investigation and mitigation (Special Report No. 247)*”. Transportation Research Board, National Research Council. Concluye que entre el 20 % y 40 % de fallas en carreteras a nivel mundial están asociadas a procesos de remoción en masa, implicando costos millonarios anuales derivados de reparaciones, cierres viales y emergencias por deslizamientos; así mismo, se debe de enfocar la importancia de la correcta caracterización geomecánica del macizo rocoso mediante el uso de sistemas como GSI y RMR, especialmente en regiones montañosas de alto relieve como los Andes, los Alpes y el Himalaya, donde las rocas fracturadas y los procesos de meteorización acelerada incrementan la susceptibilidad a fallas planas, en cuña y deslizamientos circulares. Los deslizamientos constituyen uno de los principales procesos de inestabilidad de taludes en obras viales y geotécnicas. Según su clasificación, los movimientos en masa pueden agruparse en caídas, vuelcos, deslizamientos, expansiones laterales y flujos, en función del mecanismo de movimiento y del tipo de material involucrado. Esta clasificación permite comprender el comportamiento cinemático de los taludes y constituye una base fundamental para el análisis de estabilidad.

En América Latina, la inestabilidad de taludes afecta gravemente la infraestructura vial debido a su geografía predominantemente montañosa y a la presencia de rocas fracturadas, suelos residuales y fuertes precipitaciones.

Por su parte, Silva, A., & Andrade, B. (2017) en una revista de Ingeniería Geotécnica publicaron el siguiente artículo “*Análisis de estabilidad de taludes en carreteras de montaña del sur de Chile*”, caracterizadas por macizos rocosos

fracturados y elevados niveles de meteorización. Mediante el uso de clasificaciones geomecánicas y análisis cinemáticos, los autores identificaron mecanismos de falla en cuña y caída de rocas, resaltando la necesidad de diseñar taludes con ángulos de corte conservadores y sistemas de sostenimiento adecuados.

Sepúlveda y Petley (2015) señalan que países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile registran alta susceptibilidad a deslizamientos, especialmente en la Cordillera de los Andes. En estos países, los deslizamientos representan entre el 30 % y 50 % de las emergencias viales anuales.

De acuerdo con Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). “*Landslide types and processes*”, en el artículo Transportation Research Board, de la National Academy Press. Los deslizamientos representan una amenaza significativa que afecta la seguridad operativa de carreteras en zonas de pendiente pronunciada. Estos autores establecen parámetros y clasificaciones que hoy en día son base fundamental para caracterizar movimientos en masa.

Estos aportes internacionales constituyen una base relevante para comprender los mecanismos de inestabilidad y desarrollar soluciones aplicables a proyectos viales en zonas de montaña, como es el caso de la carretera JU-100.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el Perú, la inestabilidad de taludes constituye uno de los problemas geotécnicos más frecuentes en la red vial. INGEMMET (2016) reporta que más del 60 % del territorio presenta susceptibilidad media a muy alta a movimientos en masa. Según el MTC (2020), cada año se registran entre 350 y 420 eventos de derrumbes y deslizamientos en carreteras nacionales, especialmente en regiones andinas.

Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2020) registra entre 350 y 420 eventos anuales de derrumbes y deslizamientos que

interrumpen carreteras nacionales, especialmente en regiones como Junín, Huancavelica, Cusco, Cajamarca y Áncash. Esto evidencia la necesidad de integrar estudios geotécnicos rigurosos en los proyectos de infraestructura.

Quispe Huamán (2018) en su tesis de pregrado en la Universidad Nacional de Ingeniería titulada *“Análisis de estabilidad de taludes en carreteras de la sierra central mediante métodos de equilibrio límite”*. Enfocó su estudio en taludes de corte en un tramo vial andino considerando fallas circulares, planares y en cuña. Los resultados evidenciaron que varios sectores presentaban factores de seguridad menores a 1.5, especialmente en presencia de infiltración de agua, por lo que se propusieron modificaciones en la geometría del talud y sistemas de drenaje superficial y subterráneo.

Rojas Salazar (2019), en su tesis de maestría desarrollada en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco titulada *“Influencia de las características geológicas y geotécnicas en la estabilidad de taludes de carreteras de montaña”* analizó la estabilidad de taludes en carreteras de montaña considerando las condiciones geológicas y geotécnicas. El autor determinó que la litología, el grado de fracturamiento y las propiedades mecánicas de los suelos influyen directamente en el factor de seguridad. Asimismo, concluyó que la aplicación de análisis geotécnicos integrales permite definir taludes con factores de seguridad mayores a 1.5, reduciendo el riesgo de deslizamientos.

Gutiérrez Chávez y Medina Torres (2020), en su tesis de licenciatura de la Universidad Nacional del Centro del Perú, titulada *“Evaluación de la estabilidad de taludes en el mejoramiento de una carretera departamental en la región Junín”* realizaron un estudio aplicado en sobre la estabilidad de taludes en el mejoramiento de una carretera departamental en Junín. El análisis incluyó ensayos de laboratorio,

evaluación hidrogeológica y modelamiento mediante métodos de equilibrio límite. Concluyeron y demostraron que la presencia de niveles freáticos elevados reduce significativamente el factor de seguridad, siendo necesario implementar drenajes y bermas para alcanzar valores de seguridad aceptables.

Espinoza y Tapia (2014) en la publicación de la Universidad Nacional del Centro del Perú, titulada “*Caracterización geomecánica del Grupo Pucará y su influencia en la estabilidad de taludes en la región Junín*” realizaron un estudio académico sobre el comportamiento geomecánico de las unidades litológicas del Grupo Pucará en la región Junín, con énfasis en su influencia en la estabilidad de taludes. Dichos autores determinaron y concluyeron que estas unidades presentan condiciones geomecánicas desfavorables, caracterizadas por un alto grado de fracturamiento, variabilidad en los parámetros de resistencia y la presencia de niveles arcillosos. Dichas condiciones favorecen el desarrollo de mecanismos de falla planar y en cuña, incrementando la inestabilidad de los taludes, especialmente en obras viales. Los resultados del estudio resaltan la importancia de considerar las características litológicas y estructurales del Grupo Pucará en el análisis de estabilidad de taludes, a fin de establecer geometrías adecuadas y medidas de estabilización que garanticen factores de seguridad aceptables.

Vásquez Paredes (2022), en su tesis de Maestría de la Universidad Nacional de Ingeniería, titulada “*Evaluación de la estabilidad de taludes viales mediante modelamiento geotécnico*”, desarrolló una investigación enfocada en la evaluación de la estabilidad de taludes viales utilizando software geotécnico especializado. El estudio analizó diversos mecanismos de falla y concluyó que la integración de información geológica, geotécnica e hidrogeológica permite identificar sectores críticos y proponer medidas de estabilización eficientes, tales como anclajes, muros de contención y

sistemas de drenaje, asegurando factores de seguridad adecuados para el mejoramiento vial.

Así, los antecedentes nacionales respaldan la importancia de evaluar de manera integral los factores geológicos, geotécnicos e hidrológicos que influyen en la estabilidad de taludes en carreteras emplazadas en zonas altoandinas, como es el caso de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari.

2.1.3. Antecedentes regionales

Entre los estudios más directamente relacionados se encuentra el trabajo de Sackschewski (2017) titulado *“Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre los km 102 y 110”*, donde concluye que las excavaciones inadecuadas y la infiltración de agua a través de grietas generan inestabilidad en taludes. El autor propone alternativas de estabilización basadas en mapeo geotécnico, análisis de superficies de falla y métodos de equilibrio límite, aportando una guía aplicable a la evaluación de taludes en vías altoandinas.

Solórzano Romero (2021) en su tesis realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), que estudia la *“Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Óyon”*. El trabajo aplica métodos de equilibrio límite (falla planar, cuña y circular), integra ensayos de laboratorio y concluye sobre factores de seguridad y medidas correctivas prioritarias para la zona de estudio. Este antecedente refuerza el uso de métodos clásicos combinados con datos locales para proyectos viales en Junín.

Moreno Gaspar, M. R. (2022), en su tesis realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú, titulada *“Redes neuronales artificiales para la determinación adelantada de estabilidad de taludes en Carreteras Junín”* enfoca sobre el uso de redes neuronales artificiales para la predicción anticipada del factor de seguridad en taludes de carreteras del departamento de Junín. El trabajo combina datos geotécnicos

(cohesión, ángulo de fricción, tensión de poros) con modelos de aprendizaje automático para estimar factores de seguridad y apoyar la toma de decisiones en monitoreo y prevención.

Paredes Cárdenas (2017) en su tesis de licenciatura en la Universidad Nacional del Centro del Perú, titulada *“Análisis de estabilidad de taludes en carreteras departamentales de la región Junín”* orientada al análisis de estabilidad de taludes en carreteras departamentales de la región Junín. El estudio evaluó taludes de corte emplazados en formaciones sedimentarias y volcánicas, considerando parámetros geotécnicos obtenidos mediante ensayos de laboratorio y análisis de equilibrio límite. Se determinó que los taludes ubicados en zonas con alto grado de fracturamiento y presencia de agua subterránea presentaron factores de seguridad menores a 1.5, recomendándose ajustes en la geometría del talud y la implementación de sistemas de drenaje.

Rengifo Luján (2018), en una tesis de licenciatura desarrollada en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, titulada *“Análisis de estabilidad de taludes en carreteras de acceso a zonas mineras de la región Pasco”*, evaluó la estabilidad de taludes en vías de acceso a zonas mineras de la región Pasco. El estudio identificó que la litología predominante y el intenso fracturamiento estructural influyen directamente en los mecanismos de falla planar y en cuña. Se concluyó con la necesidad de aplicar análisis de estabilidad detallados para definir ángulos de corte seguros y medidas de estabilización que permitan alcanzar factores de seguridad adecuados.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Estabilidad de taludes

Se puede entender por estabilidad a la seguridad de una masa de suelo contra la falla o deslizamiento. Se puede deducir que para una inclinación apropiada de un talud se consigue la estabilidad de un talud.

Existen varios criterios para comprobar la estabilidad de taludes, uno de ellos es la inclinación apropiada del talud que en realidad es el talud más escarpado que se mantiene equilibrado sin caerse para un tiempo necesario.

Para distintas inclinaciones de un talud se tendrá diferentes tipos de comportamiento del suelo, variando especialmente por tipo de suelo.

El costo es un factor determinante en la estabilidad de un talud, porque puede ser un talud tendido y no existiría problemas de estabilidad, pero cualquier talud puede conseguir su estabilidad, pero el costo de lograrlo es muy alto.

La estabilidad de laderas naturales es diferente en taludes contruidos por el ingeniero. Estos problemas de estabilidad se pueden realizar debido a los suelos que presenta el talud y factores de la historia geológica, clima, factores de ambiente y la pluviosidad.

Para determinar la estabilidad de un talud es primordial conocer las propiedades del suelo o rocas: perfil estratigráfico, peso específico, buzamiento y la permeabilidad del agua subterránea.

2.2.2. Deslizamientos

De Matteis Á. F. (2003) menciona que “los deslizamientos pueden producirse de distintas maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo, existen otros casos donde la falla se produce por

desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc. Los tipos de fallas más comunes en taludes son:

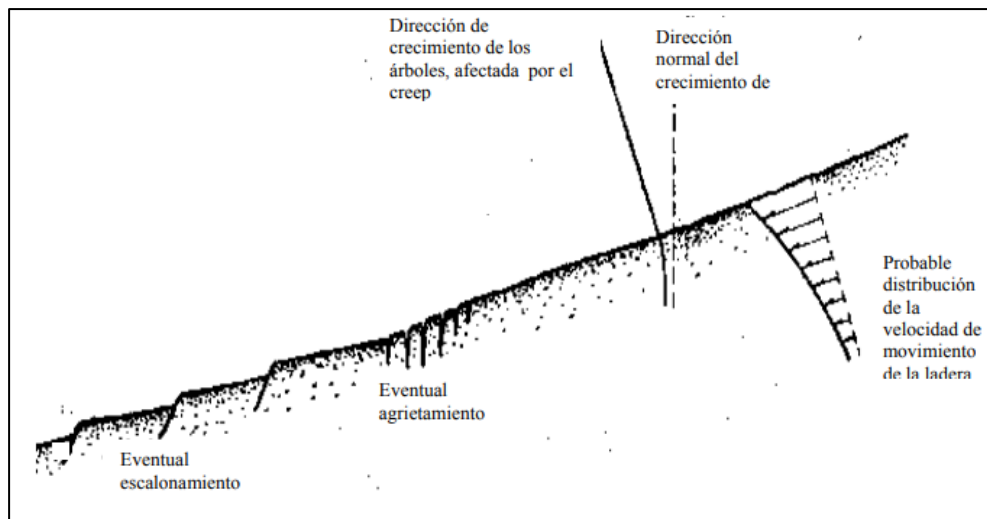
Deslizamientos superficiales (creep)

Para que se produzca un deslizamiento superficial, los eventos naturales mueven las partículas componentes del suelo deslizándolos hacia abajo. Asimismo, el movimiento de falla en este proceso es lento, pero se puede decir es casi continuo de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales. De Matteis Á. F. (2003)

El creep suele involucrar a grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas. No se puede hablar de una superficie de deslizamiento.

Existen dos clases de deslizamientos: el estacional, que afecta solo a la corteza superficial de la ladera que sufre la influencia de los cambios climáticos en forma de expansiones y contracciones térmicas o por humedecimiento y secado, y el masivo, que afecta a capas de tierra más profundas, no interesadas por los efectos ambientales y que, en consecuencia, solo se puede atribuir al efecto gravitacional. El primero en mayor o menor grado siempre existe, variando su intensidad según la época del año; en cambio el segundo los movimientos son prácticamente constantes. El fenómeno es más intenso cerca de la superficie, la velocidad de movimiento ladera debajo de un creep típico puede ser muy baja y rara vez se excede la de algunos centímetros al año. El fenómeno se pone de manifiesto a los ojos del ingeniero cuando nota que los árboles y postes están inclinados respecto de la vertical, cuando se evidencian agrietamientos o escalonamientos en el talud.

Figura 1: Indicadores de presencia de un movimiento superficial (creep).



Nota. Fuente: Sackschweski. (2017).

2.2.3. Movimiento del cuerpo del talud

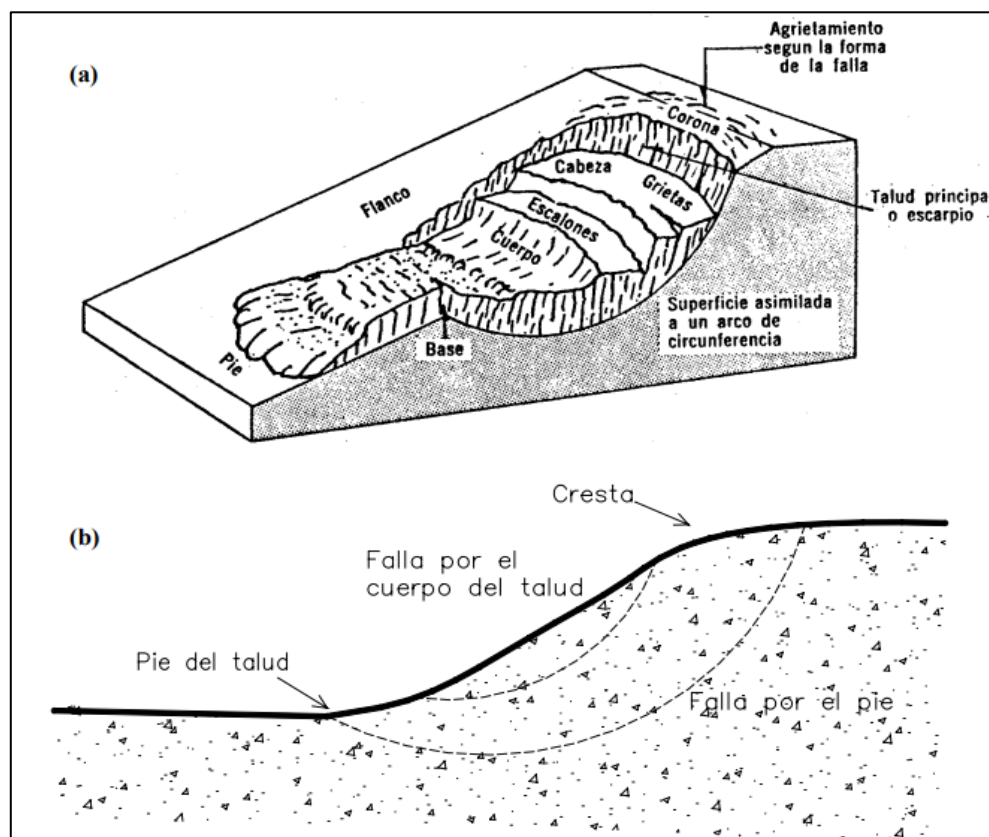
Puede ocurrir en taludes movimientos bruscos que afecten a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo, interesando o no al terreno de fundación. Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona la resistencia al corte del suelo es menores con respecto a los esfuerzos cortantes, por lo mismo se forman los planos de deslizamiento que posteriormente se realiza la falla. Estos procesos se denominan “deslizamientos de tierras” y estas se dividen en dos categorías. De Matteis Á. F. (2003)

➤ **Falla Rotacional**

La falla rotacional es una superficie de falla curva, en cuyo plano ocurre el movimiento del deslizamiento. Esta superficie forma el arco de una circunferencia, como también pueden existir otras formas diferentes, esta superficie esta influenciado por la geológica local, el perfil estratigráfico y la naturaleza de los suelos. Muchas veces estas fallas son llamadas de rotación. Este deslizamiento ocurre casi siempre en suelos arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico está supeditado al porcentaje del suelo arcilloso. En la

mayoría de los casos afecta a zonas relativamente profundas del talud, esta profundidad será mayor cuanto mayor sea la inclinación del talud. Estas fallas se clasifican de acuerdo por donde pasa el extremo de la masa deslizante. Puede ser falla local cuando superficie de falla pasa por el cuerpo del talud, falla en la base es cuando la superficie pasa por el pie o adelante del mismo cuando el talud se apoya en el suelo donde se producirá la falla. Asimismo, podemos decir el límite hasta donde puede profundizarse una falla de pie es el plano de un suelo de mayor resistencia, por lo tanto, el plano mencionado se convertirá en el límite de falla del deslizamiento. Rodríguez P. Ch. (2018).

Figura 2: (a) Nomenclatura de una zona de falla. (b) Tipos de falla.



Nota. Fuente: Rodríguez P. Ch. (2018).

➤ **Falla Traslacional**

Son deslizamientos cuyos movimientos dinámicos de traslado de suelos se desarrollan mayormente en superficies planas y están relacionados a estratos poco resistentes que se encuentran a poca profundidad. El plano de falla se encuentra paralela al estrato de baja resistencia y al final se forman planos curvos que se encuentran en la superficie teniendo grietas. Los suelos tipo arcillas blandas o arenas finas o limos plásticos sueltos son los que permiten este tipo de fallas presentando planos de baja resistencia. De Matteis Á. F. (2003).

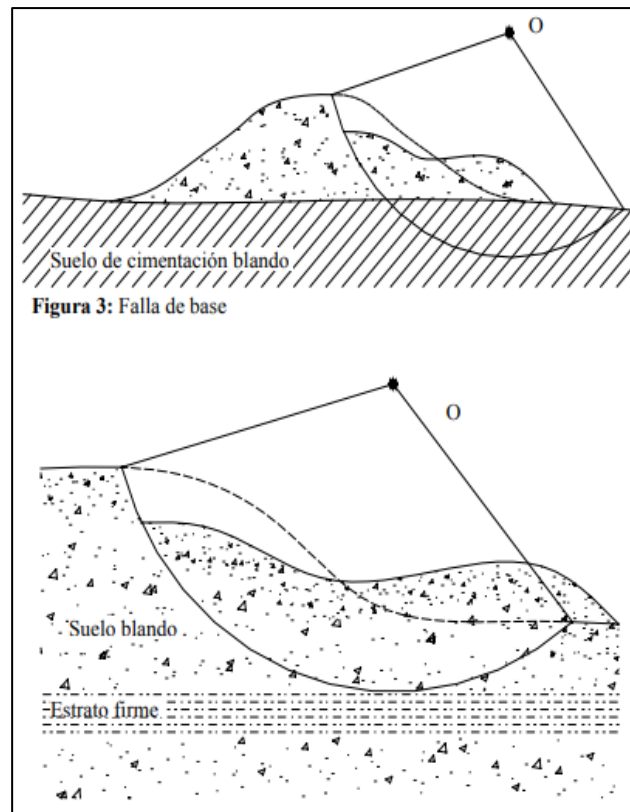
El incremento de la presión neutra en suelos de arena y arcilla, permiten una disminución de su resistencia, por lo que podemos afirmar que hay una relación entre la disminución de la resistencia con el incremento de presión de poros del suelo. De Matteis Á. F. (2003).

Asimismo, esta zona de falla está relacionados a las temporadas lluviosas de la zona. En una ladera natural o talud de corte, pueden producirse discontinuidades y fracturas en los suelos y estos provocan deslizamientos que están relacionados a suelos de resistencia muy bajo, produciendo fallas del suelo en bloques.

Los detritos originados por la meteorización especialmente los arcillosos, acumulados en las laderas naturales provocan las fallas denominadas de franja superficial. Este tipo de fallas pueden también producirse en un terraplén construido sobre la ladera provocado por el efecto de la sobrecarga impuesta. De Matteis Á. F. (2003).

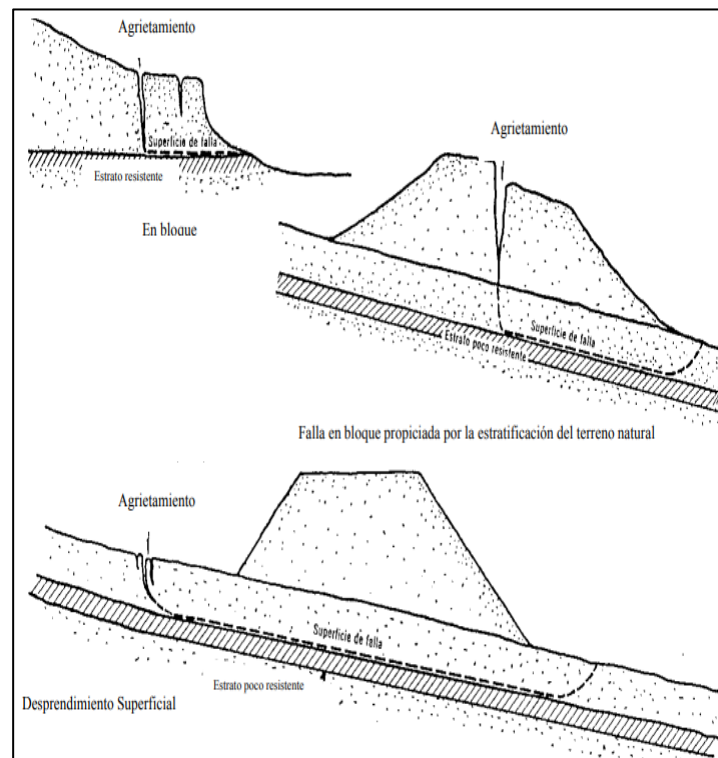
En estas fallas el movimiento ocurre casi sin distorsión. De Matteis Á. F. (2003).

Figura 3: Falla limitada por un estrato firme.



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Figura 4: Tipos de falla traslacionales.



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Flujos

El comportamiento de este tipo de falla corresponde al de un flujo con características de un líquido viscoso, en el cual una porción de la ladera se desplaza con velocidades variables. Se denomina flujo debido al tipo de movimiento y a la forma en que la masa se moviliza, presentando distintas velocidades a lo largo del proceso. Durante su evolución, la zona de deslizamiento puede ser imperceptible o manifestarse en un periodo de tiempo muy breve. Es posible identificar un plano de flujo plástico en la superficie de contacto entre la masa en movimiento y los materiales más rígidos subyacentes.

Los materiales susceptibles a presentar flujos incluyen suelos secos compuestos por fragmentos de roca, depósitos de talud, suelos granulares finos, arcillas francas y suelos no consolidados. La velocidad de estos flujos puede variar desde muy lenta hasta rápida; las velocidades más elevadas se observan en suelos húmedos. Cuando ocurren en materiales con partículas gruesas distribuidas en grandes volúmenes, pueden generar daños significativos. Asimismo, durante los sismos, los suelos tipo loess pueden experimentar deslizamientos asociados a procesos de licuación.

En los deslizamientos de tipo rotacional, es frecuente que en el pie y en el cuerpo del movimiento se desarrollen flujos en suelos medianamente saturados. En estos casos, se conserva el perfil estratigráfico original y la vegetación existente en la zona afectada. De forma análoga a la licuación, en áreas costeras pueden producirse flujos de suelos debido a la erosión marina y a las variaciones de la presión intersticial asociadas a las mareas, especialmente en suelos de granulometría fina.

En suelos finos con elevado contenido de humedad se pueden generar flujos de lodo, cuya velocidad puede asemejarse a la de un glaciar, avanzando desde unos pocos centímetros hasta alcanzar magnitudes capaces de producir desastres. El

comportamiento de estos flujos depende de las fluctuaciones estacionales del clima: los flujos rápidos suelen presentarse durante épocas de abundantes precipitaciones, mientras que los flujos lentos se observan cuando las lluvias son esporádicas. En taludes donde se ha eliminado la cobertura vegetal superficial pueden originarse ríos de lodo, que en realidad corresponden a flujos de lodo muy rápidos, iniciándose con volúmenes reducidos que aumentan progresivamente. (De Matteis, Á. F., 2003).

2.2.4. Cálculo de la estabilidad

La determinación de la estabilidad de un talud requiere, en primer lugar, conocer el origen y la composición de los suelos que lo conforman. Para este propósito pueden emplearse diversos métodos, que van desde cálculos numéricos o algebraicos hasta la formulación de modelos matemáticos que permiten identificar las zonas potencialmente susceptibles a generar movimientos en masa.

Uno de los enfoques fundamentales para evaluar la estabilidad de un talud consiste en analizar las fuerzas que inducen el movimiento, como la gravedad, la filtración del agua y la presión de poros, y compararlas con las fuerzas resistentes, entre ellas el peso propio del suelo, su resistencia al corte, la presencia de vegetación y otros factores que contribuyen a oponerse al deslizamiento. Estos procedimientos de cálculo permiten determinar el factor de seguridad, parámetro que expresa la capacidad del talud para mantenerse estable frente a una posible falla.

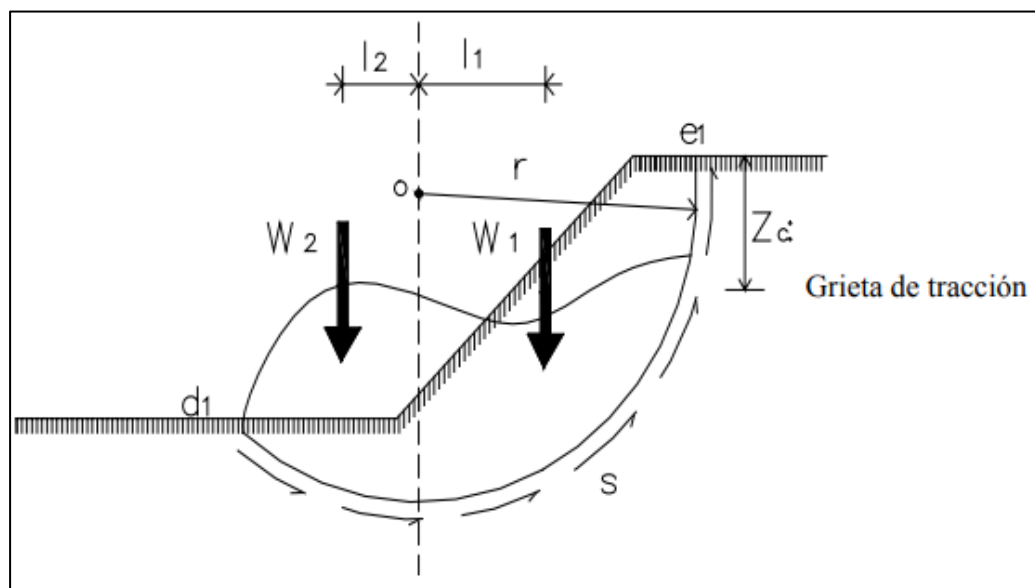
Los métodos de análisis se basan en mecanismos cinemáticos de falla previamente definidos, por lo que su aplicación es válida únicamente para el tipo de falla considerado en la evaluación de estabilidad. En términos generales, los objetivos del análisis de estabilidad pueden resumirse en dos: (1) determinar la resistencia promedio al corte (s) de los suelos involucrados y (2) establecer el factor de seguridad (F), que cuantifica el grado de estabilidad del talud.

En ciertos casos, es posible estimar la resistencia al corte del suelo a partir de deslizamientos ocurridos previamente. Esto suele presentarse durante la etapa de construcción, cuando fallas locales en terraplenes o desmontes evidencian que la resistencia mínima al corte ha sido sobreestimada. Dichos deslizamientos proporcionan información valiosa para determinar la resistencia real del suelo y permiten efectuar nuevos cálculos que contribuyan a prevenir fallas futuras en materiales similares.

Para lograr condiciones de equilibrio adecuadas, es indispensable realizar sondeos o excavaciones exploratorias en las zonas potencialmente afectadas, así como calcular los pesos de las masas de suelo que favorecen o resisten el movimiento. Con estos datos se obtiene la resistencia promedio al corte, parámetro esencial para el análisis.

El procedimiento para determinar la resistencia media al corte del suelo, basado en la información recopilada de deslizamientos previamente ocurridos, se representa en la figura correspondiente (De Matteis, Á. F., 2003).

Figura 5: *Equilibrio de fuerzas en un desplazamiento producido.*



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

La profundidad Z_c de las grietas de tensión, así como la geometría de la superficie de deslizamiento, pueden determinarse mediante la recolección de datos en sondeos o calicatas. Para efectos de análisis, es posible aproximar la superficie de deslizamiento mediante un arco circular de radio r , cuyo centro se ubica en un punto O . Al calcular la sumatoria de momentos alrededor del punto O , es posible obtener la expresión correspondiente al equilibrio del sistema (Tarazona, R. C., 2017).

$$W_1 l_1 = W_2 l_2 + sr d_1 e_1$$

Despejando s

$$s = \frac{W_1 l_1 - W_2 l_2}{r d_1 e_2}$$

W_1 : peso de la masa de suelo situado a la derecha de la línea punteada

W_2 : peso de la masa de suelo situado a la izquierda de la línea punteada

Taludes en arena seca sin cohesión

En taludes de arena sin contenido de material fino, será estable a cualquier altitud cuando el ángulo β entre el talud y la horizontal sea igual o menor que el ángulo de fricción interna Φ , el ángulo será de la arena en una condición de estado suelta. El factor de seguridad del talud contra el deslizamiento se expresa por la relación que se expresa de la siguiente manera:

$$F = \frac{\text{tg } \phi}{\text{tg } \beta}$$

Se puede afirmar que no hay taludes en arenas sin material fino, a cualquier altitud, con inclinaciones mayores al ángulo de fricción Φ .

Taludes en suelos puramente cohesivos

La cohesión se puede determinar del ensayo de la resistencia a la compresión simple que en un suelo arcilloso.

$$s = \frac{1}{2} q_u = c$$

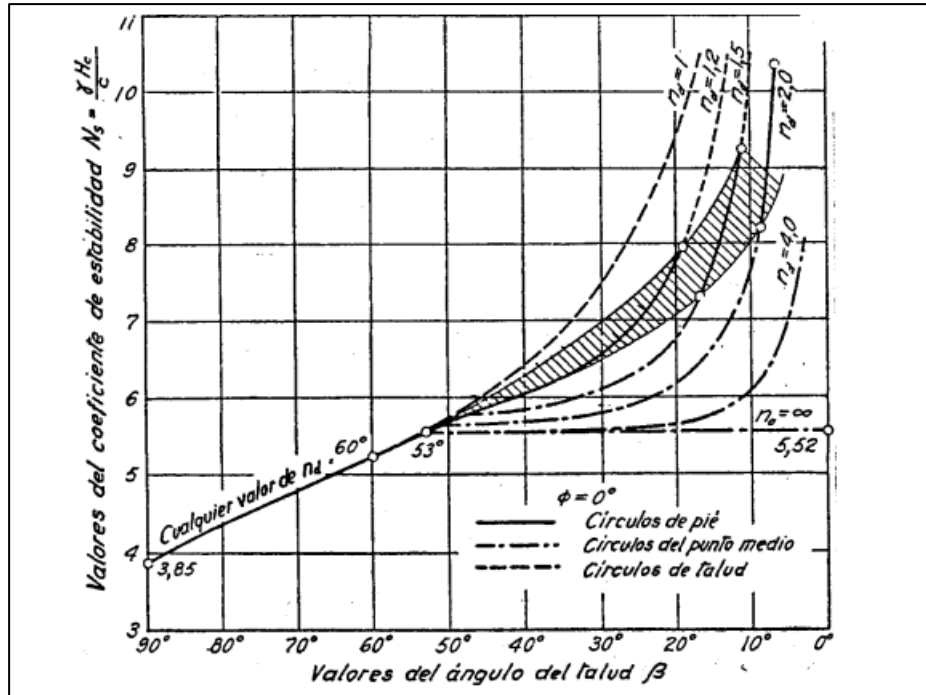
Entonces podemos decir que la cohesión es la resistencia media al corte de una arcilla blanda homogénea saturada en condiciones no drenadas, el cuál es igual a la mitad de la resistencia a la compresión simple.

$$H_c = N_s \frac{c}{\gamma}$$

Se puede calcular la altura crítica H_c de un talud con un ángulo de inclinación β y la cohesión del suelo.

En la ecuación anterior, el coeficiente de estabilidad N_s es adimensional dependiendo del ángulo β del talud y del factor de profundidad nd , que es la profundidad a que la arcilla se encuentra encima de un suelo de mayor resistencia. Según la figura siguiente la zona de falla en taludes con un ángulo mayor a 53° se produce en un círculo de pie. Si el ángulo β es menor de 53° , la zona de falla está en función del factor de profundidad nd , y los valores bajos de nd , también están en función del ángulo β del talud. Si nd es igual a 1 la zona de falla del talud se representa por un círculo de talud, y si nd es mayor que 4, la zona de falla del talud será un círculo del punto medio, tangente a la base de un suelo de mayor resistencia o roca firme, para cualquier valor de β . Para valores intermedios, la zona de falla se realiza por un círculo de talud, teniendo en cuenta que el punto que representa los valores de nd y β se encuentra por encima del área sombreada de la figura. Si el punto se encuentra dentro del área sombreada la zona de falla será un círculo crítico de pie. Por último, si el punto se encuentra debajo de dicha área, la zona de falla del talud se da por un círculo del punto medio tangente a la base firme.

Figura 6: Relación para material sin fricción entre el ángulo del talud β y el coeficiente de estabilidad N_s .

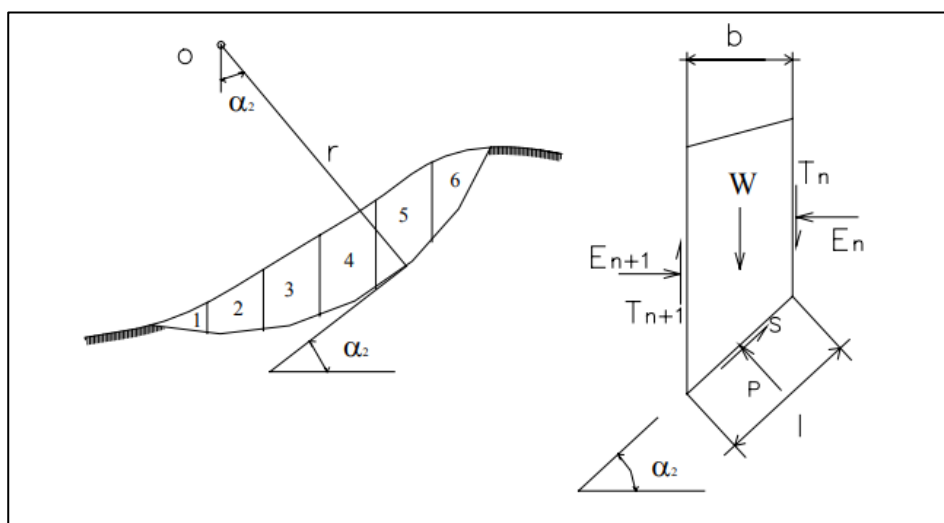


Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Taludes irregulares en suelos no uniformes. Método de las fajas

Si el talud tiene una superficie irregular de modo que no puede ser representado por una línea recta, o si existe la posibilidad de que la superficie de deslizamiento pase a través de varios materiales con diferentes valores de cohesión (c) y del ángulo de fricción interna (ϕ), la estabilidad se puede analizar convenientemente utilizando el método de las fajas.

Figura 7: Relaciones geométricas para una superficie de deslizamiento circular y diagrama de cuerpo libre de una faja.



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

De acuerdo con este procedimiento se elige un círculo tentativo y la masa deslizante se subdivide en un número de fajas verticales. Cada faja está solicitada por su propio peso W y por las fuerzas de corte T y normales E en sus caras laterales, y por un conjunto de fuerzas en su base que son la fuerza de corte S y la normal P . Las fuerzas que actúan en cada faja deben satisfacer las condiciones de equilibrio. Las fuerzas T y E dependen de la deformación y de las características tenso-deformación del material que desliza. Como no pueden ser evaluadas rigurosamente, por simplificación se suponen iguales a cero. Además de esta hipótesis se supone que existe un estado plano de deformaciones y la presión de poros es nula. De Matteis Á. F (2003).

De Matteis Á. F. (2003) menciona que el equilibrio del conjunto de la masa deslizante requiere que:

$$r \sum W \sin \alpha = r \sum s$$

Si s es la resistencia unitaria al corte a lo largo de l , resulta:

$$S = \frac{s}{F} l = \frac{s}{F} \frac{b}{\cos \alpha}$$

y, por lo tanto:

$$r \sum W \sin \alpha = \frac{r}{F} \sum \frac{sb}{\cos \alpha}$$

de lo cual se deduce:

$$F = \frac{\sum \frac{sb}{\cos \alpha}}{\sum W \sin \alpha}$$

La resistencia unitaria al corte s está determinada por la ecuación

$$s = c + p \tan \phi$$

donde p es la tensión normal que actúa en la superficie de deslizamiento l . Para evaluar p se debe considerar el equilibrio vertical de la faja, de la cual se obtiene:

$$W = S \sin \alpha + P \cos \alpha$$

y

$$p = \frac{P}{l} = \frac{P \cos \alpha}{b} = \frac{W}{b} - \frac{S}{b} \sin \alpha$$

Por lo tanto

$$s = c + \left(\frac{W}{b} - \frac{S}{b} \sin \alpha \right) \tan \phi = c + \left(\frac{W}{b} - \frac{s}{F} \tan \alpha \right) \tan \phi$$

y de donde

$$s = \frac{c + \frac{W}{b} \tan \phi}{1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha}{F}}$$

si se llama:

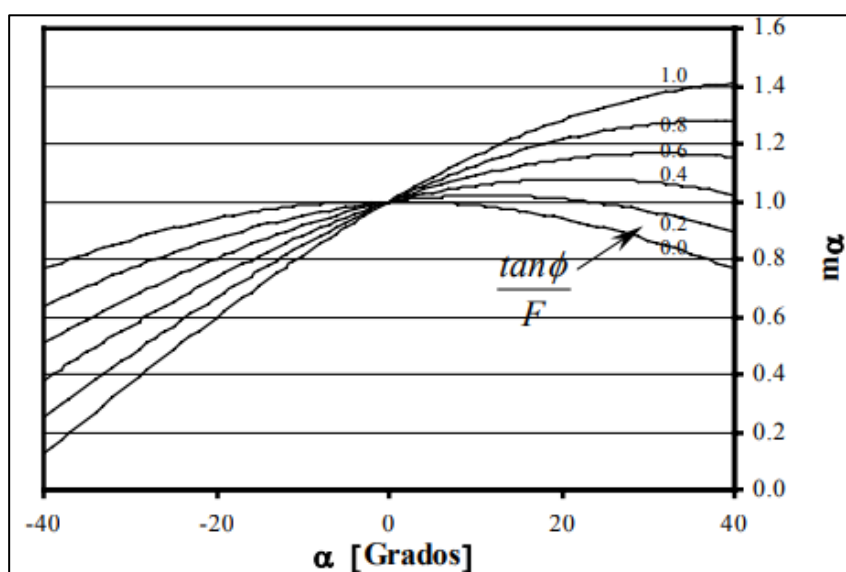
$$m_{\alpha} = \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F} \right) \cos \alpha$$

resulta:

$$F = \frac{\sum \frac{(cb + W \tan \phi)}{m_{\alpha}}}{\sum W \sin \alpha}$$

La última ecuación que produce el coeficiente de seguridad F para el círculo tentativo que se está analizando, contiene en el segundo miembro la cantidad m_{α} que es a su vez una función de F. Por esto la ecuación debe resolverse por aproximaciones sucesivas en las cuales se adopta un valor $F = F_1$, que se usa en el cálculo de m_{α} para el cálculo de F. Si el valor de F difiere en forma significativa de F_1 , el cálculo se repite. La convergencia es muy rápida. Los cálculos se facilitan utilizando el siguiente gráfico, del cual se pueden obtener los valores de m_{α} .

Figura 8: Ábaco para evacuar el coeficiente $m\alpha$.



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Teniendo en cuenta que los cálculos se refieren solamente a un círculo tentativo, estos deben repetirse para otros círculos hasta obtener el mínimo valor de F .

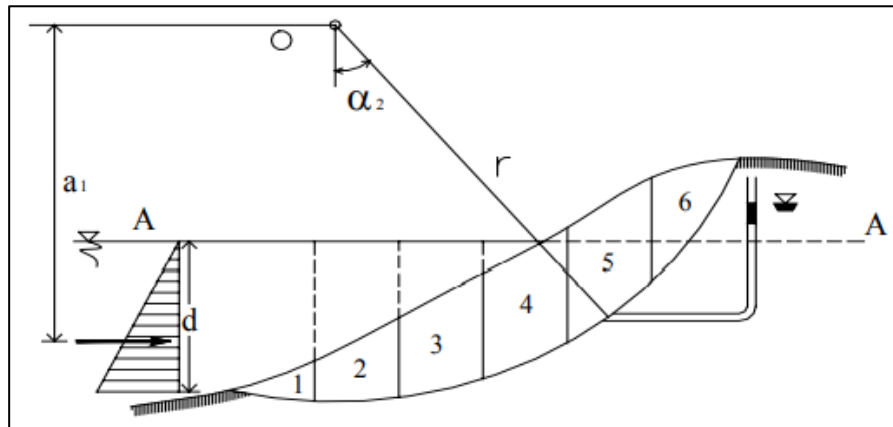
Método de las fajas en presencia de presión de poros En general, el talud suele estar parcialmente sumergido y además se desarrollan presiones de poros a lo largo del círculo tentativo (Figura 10).

La magnitud de estas presiones depende de las condiciones del problema. En algunos casos éstas pueden ser estimadas por medio de una red de filtración, por medio de ensayos de suelo o en base a observaciones realizadas en el terreno. Si el nivel de la superficie del agua se denota por A-A, el peso W de la faja se puede escribir como De Matteis Á. F

$$W = W_a + W_b + z.b.\gamma_w$$

en el cual W_a es el peso de la parte de la faja situada encima de A-A, W_b es el peso de la parte situada por debajo de A-A y $z.b.\gamma_w$ es el peso de un volumen de agua igual al de la porción sumergida de la faja. De Matteis Á. F. (2003).

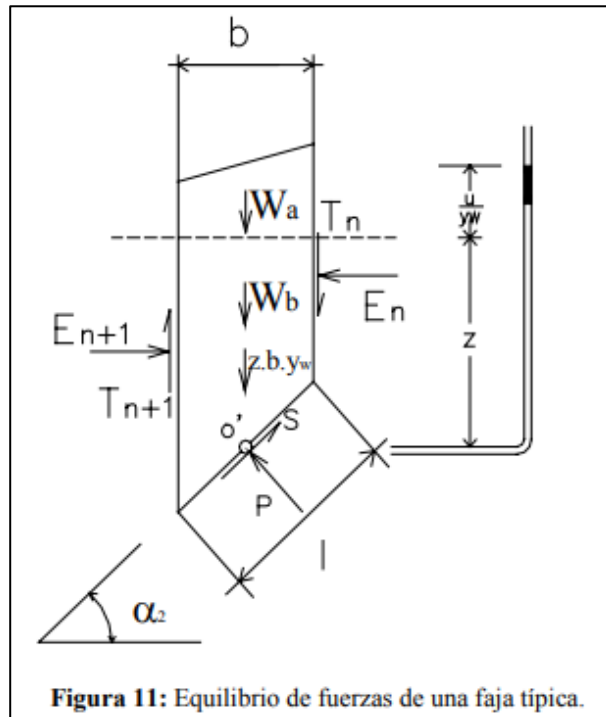
Figura 9: Perfil transversal en presencia de napa freática.



Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Si toda la faja está situada debajo del nivel freático como la faja 3 (Figura 8), el peso del agua situada encima de la faja debe ser incluido en la expresión $z.b.\gamma_w$. La presión de poros en el punto medio o de la base de la faja es igual a $z.\gamma_w + u$, donde u es la sobrepresión de poros con respecto al nivel externo del agua. Si el nivel del agua externo A-A está ubicado por debajo de o' en la base de la faja, la presión de poros en o' es h/γ_w , donde h es la altura hasta la cual el agua sube en un piezómetro en o' . Si la presión de poros se debe a capilaridad, h es negativa. De Matteis Á. F. (2003).

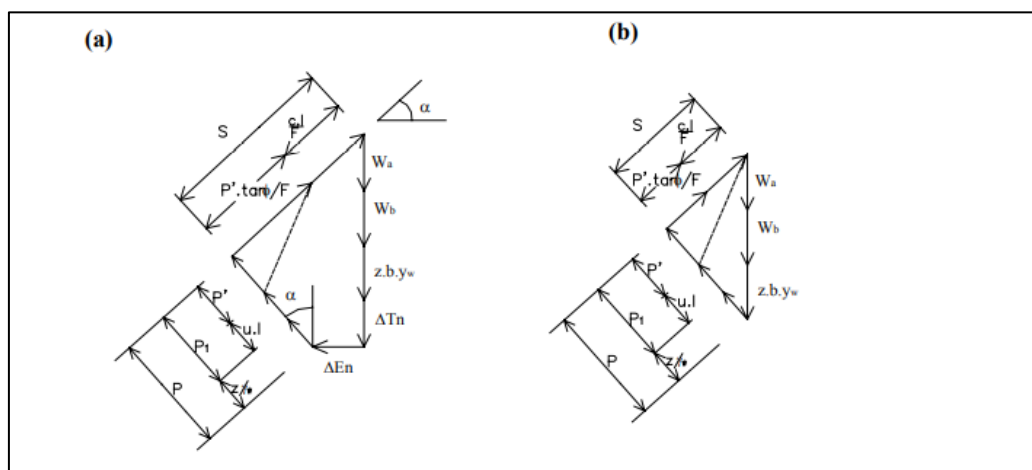
Figura 10: Equilibrio de fuerzas en una faja típica.



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Teniendo en cuenta que las fuerzas que actúan sobre una faja están en equilibrio, éstas pueden ser representadas por un polígono de fuerzas. De Matteis Á. F (2003).

Figura 11: (a) Polígono de fuerzas considerando todas las fuerzas. (b) Composición vectorial de fuerzas despreciando las $T_y E$.



Nota. Fuente: De Matteis Á. F. (2003).

Las fuerzas P' que es la componente efectiva de la presión de poros y las fuerzas $z.l.\gamma_w$, que es la presión hidrostática al nivel A-A, por lo tanto, t se calcula en la superficie de deslizamiento tomando en cuenta: De Matteis Á. F (2003)

$$t = \frac{s}{F} = \frac{c + \bar{p} \operatorname{tg} \phi}{F} = \frac{c + \left(\frac{P}{l} - z\gamma_w - u \right) \operatorname{tg} \phi}{F}$$

de donde:

$$S = t.l = \frac{c.l + (P - z.l.\gamma_w - u.l) \operatorname{tg} \phi}{F} = \frac{c.l + P' \operatorname{tg} \phi}{F}$$

El equilibrio de momentos de todo el deslizamiento con respecto al centro del círculo tentativo requiere que: De Matteis Á. F (2003)

$$\sum (W_a + W_b + z.b.\gamma_w).r.\operatorname{sen} \alpha = \sum S.r + \frac{\gamma_w.d^2.a_1}{2} = \frac{1}{F} \sum (c.l + P' \operatorname{tg} \phi).r + \frac{\gamma_w.d^2.a_1}{2}$$

La ecuación siguiente toma en cuenta el Nivel A-A cuando el agua se encuentra debajo de este nivel:

$$\sum z.b.\gamma_w.r.\operatorname{sen} \alpha = \frac{\gamma_w.d^2.a_1}{2}$$

$$\sum (W_a + W_b).r.\operatorname{sen} \alpha = \frac{1}{F} \sum (c.l + P' \operatorname{tg} \phi).r$$

y

$$F = \frac{\sum (c.l + P' \operatorname{tg} \phi)}{\sum (W_a + W_b) \operatorname{sen} \alpha} \quad (1)$$

Por el cual se tiene:

Utilizando una poligonal de fuerzas para cada dovela o faja, se puede determinar en la última ecuación el valor de F que dependerá de P', (Figura 12a). P' se puede determinar utilizando la hipótesis donde las fuerzas T y E son iguales, para superficies de deslizamiento circular, donde esas fuerzas son muy pequeñas. La poligonal de fuerza se puede reducir a lo propuesto en la Figura 12b, con lo cual: De Matteis Á. F (2003).

$$W_a + W_b + z.b.\gamma_w = (z.l.\gamma_w + P' + u.l)\cos\alpha + \left(P' \frac{\tan\phi}{F} + \frac{c.l}{F}\right)\sin\alpha$$

y

$$P' = \frac{W_a + W_b - u.b - \frac{c.l}{F}\sin\alpha}{m_\alpha}$$

de donde

$$m_\alpha = \left(1 + \frac{\tan\alpha \tan\phi}{F}\right)\cos\alpha$$

Reemplazando esta ecuación en (1) se obtiene:

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c.b + (W_a + W_b - u.b)\tan\phi}{m_\alpha} \right]}{\sum (W_a + W_b)\sin\alpha}$$

Esta última ecuación también debe resolverse con aproximaciones sucesivas porque el coeficiente de seguridad F está contenido en la expresión de m_α que aparece en el segundo término de esta. Se puede notar que la influencia del nivel de agua externa resulta totalmente incluida utilizando el peso sumergido W_b y que la sobrepresión de poros u se calcula para la base de cada faja como se explica al plantearse la ecuación del peso de la faja al principio del desarrollo de la demostración. Si se desea calcular el coeficiente de seguridad F utilizando las fuerzas T y E entre las fajas, la exactitud

obtenida no supera del 10 al 15% y el esfuerzo adicional a realizar usualmente no se justifica. (De Matteis Á. F. 2003).

2.3. Definición de términos básicos

Talud: Superficie de corte en el suelo o roca, que tiene una inclinación con respecto a un plano horizontal. Un talud es una pendiente o inclinación del terreno formada por materiales naturales o artificiales, como tierra, rocas, que puede ser de origen geológico o producto de actividades antrópicas. Los taludes se presentan en una variedad de formas y tamaños, y su estabilidad depende de factores como la composición del material, la geometría del talud, las condiciones climáticas, la actividad sísmica y el contenido de agua en el suelo. (Craig, R. F., 2004)

Estabilidad de Talud: La estabilidad de talud es la capacidad que tiene un talud natural o artificial para mantener su equilibrio y resistir movimientos o fallas, considerando las fuerzas que actúan sobre el suelo o la roca y las condiciones geométricas, geológicas e hidrológicas que lo afectan. Cuando las fuerzas resistentes superan a las fuerzas desestabilizadoras, el talud se considera estable. (Hoek, E. & Bray, J., 1981).

Ladera: Pendiente o inclinación natural del terreno que forma parte de una colina, montaña o cualquier otra formación geográfica elevada. Generalmente, las laderas son áreas de transición entre las zonas planas y las cumbres, y su inclinación y composición geológica influyen en fenómenos como la erosión, el deslizamiento de tierras y la estabilidad del terreno. (Schumm, S. A. 1977).

Deslizamiento: Es cuando en un talud, el suelo o roca, sufre una rotura por un plano débil y pierde su resistencia y se produce un traslado cuesta abajo del suelo o roca. El deslizamiento es un tipo de movimiento de masa en el que una porción de tierra, roca o material suelto se desplaza de manera descendente a lo largo de una pendiente

debido a la acción de la gravedad. Este fenómeno puede ser provocado por diversos factores, como la saturación del suelo por lluvias intensas, la sobrecarga del talud, la actividad sísmica o la alteración de las condiciones geotécnicas del terreno. (Cruden, D. M., & Varnes, D. J. 1996).

Falla: Una falla geológica es una fractura o discontinuidad en la corteza terrestre a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento de las rocas de los lados de la fisura. Estas fallas son el resultado de tensiones y deformaciones en la corteza terrestre, generadas principalmente por movimientos tectónicos. Dependiendo del tipo de movimiento, las fallas pueden clasificarse en falla normal, inversa o de rumbo. (Richter, C. F. 1958).

Factor de Seguridad (F.S.): El Factor de Seguridad (FS) en taludes es la relación entre las fuerzas resistentes y las desestabilizadoras (o resistencia disponible/necesaria); un $FS > 1$ indica estabilidad, con valores habituales de ≥ 1.5 para condiciones permanentes, ~ 1.3 para provisionales y ~ 1.1 para sismos.

Grupo Pucará: Unidad geológica que forma parte del Triásico Superior - Cretácico Inferior y se caracteriza por una serie de rocas sedimentarias que se encuentran principalmente en la cordillera de los Andes. (Sánchez, E., & Rivas, A. 1998).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El análisis de estabilidad de taludes influye de manera significativa en la determinación de condiciones adecuadas de estabilidad y seguridad geotécnica de los taludes existentes y proyectados para el mejoramiento de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Las características geológicas de la zona de estudio influyen de manera positiva en la estabilidad de los taludes durante el mejoramiento de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari.
- b. Los parámetros geotécnicos de los materiales que conforman los taludes influyen de manera directa en la estabilidad de los taludes del tramo Junín – San Pedro de Pari de la carretera JU-100.
- c. El factor de seguridad es influenciado por las condiciones hidrogeológicas presentes en la estabilidad de los taludes de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari.

2.5. Identificación de Variables

Se identificaron las siguientes variables.

2.5.1. Variable independiente

Estabilidad de taludes

Conjunto de principios geotécnicos utilizados en la estabilidad de un talud.

2.5.2. Variable dependiente

Mejoramiento de la carretera

Proceso de establecer una carretera con estabilidad necesaria para su uso continuo.

2.6. Definición Operacional de las variables e indicadores

Tabla 1: Operacionalización de las Variables e Indicadores.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente: Estabilidad de taludes	Conjunto de principios geológicos y geotécnicos utilizados en la estabilidad de un talud, así como la condición de equilibrio de una masa de suelo o roca frente a procesos de falla o deslizamiento (Hoek & Brown, 2019).	Condición en la que un talud mantiene su equilibrio sin presentar procesos de deslizamiento, fallamiento o deformaciones significativas, determinada a partir de la calidad del macizo rocoso RMR, las características geotécnicas del material, la geometría del talud y las condiciones hidrogeológicas.	Geológica	-Litología predominante, grado de fracturamiento, orientación de discontinuidades.	- Fichas de campo, brújula geológica, registros fotográficos
			Geotécnica	- Cohesión, Ángulo de fricción interna (ϕ), Clasificación geomecánica (RMR, GSI)	- Hoja RMR, laboratorio geotécnico, resultados de laboratorio
			Análisis Geomecánico e Hidrogeológico	- Tipo de falla (planar, cuña, circular), Condición crítica de estabilidad. - Presencia de agua en taludes, nivel freático.	- Registros climatológicos - Software (DIPS, SLIDE, GEO5 u otros), hojas de cálculo
Variable dependiente: Mejoramiento de la carretera JU-100	Proceso de establecer una carretera con estabilidad necesaria para su uso continuo orientado a optimizar las condiciones de estabilidad y transitabilidad de una vía (MTC, 2020).	Proceso mediante el cual se optimizan las condiciones funcionales y de seguridad de una vía, a través de intervenciones verificables.	-Diseño y geometría del talud. - Medidas de estabilización	- Adecuación del ángulo del talud - Altura de talud modificada - Bermas implementadas - Instalación de drenes - Rellenos y muros de contención.	-Planos, software - Fichas de inspección, informes técnicos.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación mixta, de tipo aplicada y de nivel descriptivo. Es aplicada porque utiliza principios geotécnicos para, implementar y resolver un problema práctico, con conocimientos especializados, aportando a si información útil para la evaluación de la estabilidad de taludes para el mejoramiento de la carretera JU-100. Lozada (2014). De nivel descriptivo, ya que describe y analiza las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas del área de estudio, así como el comportamiento de los taludes frente a diferentes condiciones de estabilidad.

3.2. Nivel de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que los estudios descriptivos “buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos u objetos.

La investigación es descriptiva porque detalla y caracteriza las propiedades geológicas y geotécnicas de los taludes en el tramo de carretera. Métodos de investigación.

3.3. Método de investigación

Según Sampieri, Collado y Lucio (2022), el método analítico permite dividir un todo en partes para estudiar sus componentes de forma detallada, porque se realizarán el análisis de ensayos de laboratorio, interpretación de resultados geotécnicos y análisis de deformación. Por lo tanto, la investigación corresponde al método analítico por que se evaluaron por separado las unidades geológicas, la geodinámica externa, las propiedades geomecánicas, la sectorización geotécnica y los tipos de falla potencial.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño es no experimental, transversal y descriptivo. Es no experimental porque no se manipulan variables; se observan y analizan tal como se presentan en el campo geomecánico, Kerlinger & Lee, (2002). Es transversal porque se recolectan los datos en un solo momento y descriptivo simple porque se enfoca en detallar las características geológicas y geotécnicas de los macizos rocosos en sectores específicos de la vía.

Se considera el siguiente diseño:

M $\longrightarrow$ O

Donde:

M: muestra donde se realiza el estudio

O: dato de características geomecánicas recogida

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

La población está constituida por 12 taludes presentes en el eje de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari., Km 4+750, Km 12+240, Km 12+850, Km 14+110, Km 14+430, Km 17+290, Km 20+460, Km 21+400, Km 23+640, Km 28+040, Km 29+010 y Km 42+430, tanto en suelos y rocas.

3.5.2. Muestra

La muestra está constituida por 20 muestras litológicas, de los taludes representativos seleccionados en el tramo de estudio, mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, buscando representatividad en los tramos y considerando criterios técnicos como altura del talud, tipo de material, evidencias de inestabilidad y presencia de agua. Por tanto, las muestras corresponden y se tomaron con referencia a las 12 estaciones geomecánicas.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La caracterización de los taludes rocosos en el tramo de estudio se inició con el reconocimiento y sectorización de los afloramientos rocosos a lo largo de la vía en estudio, posteriormente se eligió los lugares más representativos para efectuar el levantamiento de estaciones geomecánicas, y la toma de muestras respectivas. Se optó por la clasificación RMR de Bieniawsky para la clasificación cualitativa de los macizos rocosos y para el análisis de estabilidad de taludes por falla planar y cuña el programa Dips de Rocscience.

3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos

Según la tesis, las técnicas aplicadas para obtener información geológica, geotécnica y geomecánica fueron las siguientes:

a. Levantamiento geológico

Aplicado para el reconocimiento de la litología, estructuras geológicas y discontinuidades del macizo rocoso.

b. Observación directa

Utilizada para identificar las condiciones físicas de los taludes, evidencias de inestabilidad, presencia de agua y características geomorfológicas del área de estudio.

c. Ensayos de laboratorio

Empleados para la determinación de parámetros geotécnicos de suelos y rocas, necesarios para el análisis de estabilidad.

d. Análisis técnico y modelamiento geotécnico

Utilizado para evaluar la estabilidad de los taludes mediante métodos de equilibrio límite y determinar el factor de seguridad.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos usados en campo y gabinete fueron los siguientes:

a) Equipos de mapeo geológico

Incluye:

- Brújula geológica (tipo Brunton)
- Cinta métrica y jalones
- Lupas de mano
- Martillo geológico
- Placas para medición de RQD

b) Fichas de campo y cartillas de Estaciones Geomecánicas

Para el registro sistemático de datos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos, además de formatos estandarizados utilizados para registrar los parámetros estructurales y geomecánicos del macizo rocoso (RQD, resistencia, espaciamiento, alteración, agua freática, etc.).

c) Equipos de laboratorio geotécnico

Formatos estandarizados utilizados para registrar los parámetros estructurales y geomecánicos del macizo rocoso (RQD, resistencia, espaciamiento, alteración, agua freática, etc.).

Utilizados para determinar parámetros como:

- Resistencia al corte
- Densidad
- Plasticidad
- Cohesión y ángulo de fricción

d) Software de análisis geomecánico y geotécnico

DIPS (Rocscience): Para analizar orientaciones de discontinuidades y evaluar fallas planas y en cuña.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de los instrumentos se realizó considerando la necesidad de obtener datos precisos sobre las propiedades geológicas y geotécnicas de los taludes ubicados en el tramo de la carretera JU-100. La calidad de los resultados geotécnicos depende directamente de la rigurosidad con que se seleccionan, validan y verifican los instrumentos utilizados en campo, laboratorio y gabinete.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Mapeo geológico como base de análisis.
- Caracterización geotécnica.
- Procesamiento de muestras de suelos y rocas.
- Análisis estructural mediante software (DIPS).
- Interpretación geotécnica y categorización del macizo rocoso.
- Clasificación de macizos rocosos mediante los sistemas RMR y Q de Barton.

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico aplicado en la investigación se fundamentó en el uso de estadística descriptiva, lo cual permitió organizar y sintetizar los datos obtenidos en las etapas de mapeo geotécnico, levantamiento de estaciones geomecánicas y muestreo de suelos y rocas. La investigación, “la estadística utilizada es descriptiva, sobre todo

para conocer la media del espesor de los suelos”, lo que evidencia el empleo de medidas de tendencia central para representar de manera adecuada las características físicas del terreno estudiado.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

El análisis de estabilidad de taludes se orienta a obtener información veraz y precisa a partir del mapeo geomecánico, cuyo adecuado tratamiento, interpretación y evaluación permiten determinar resultados confiables que garanticen un factor de seguridad adecuado y, en consecuencia, la estabilidad del talud.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El estudio se realizó con el reconocimiento y mapeo geológico regional y local, definiendo las unidades respectivas, su comportamiento e influencia respecto al tramo en estudio, luego se identificaron los principales problemas geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos, sus características, evaluando su magnitud e implicancias sobre la vía, proponiendo medidas de control y mitigación, para luego realizar una zonificación geomecánica de los afloramientos rocosos, ya que el diseño geométrico propone el incremento del ancho de calzada del eje de carretera, esta zonificación se realizó con estaciones geomecánicas que fueron procesadas con software.

4.1.1. Ubicación

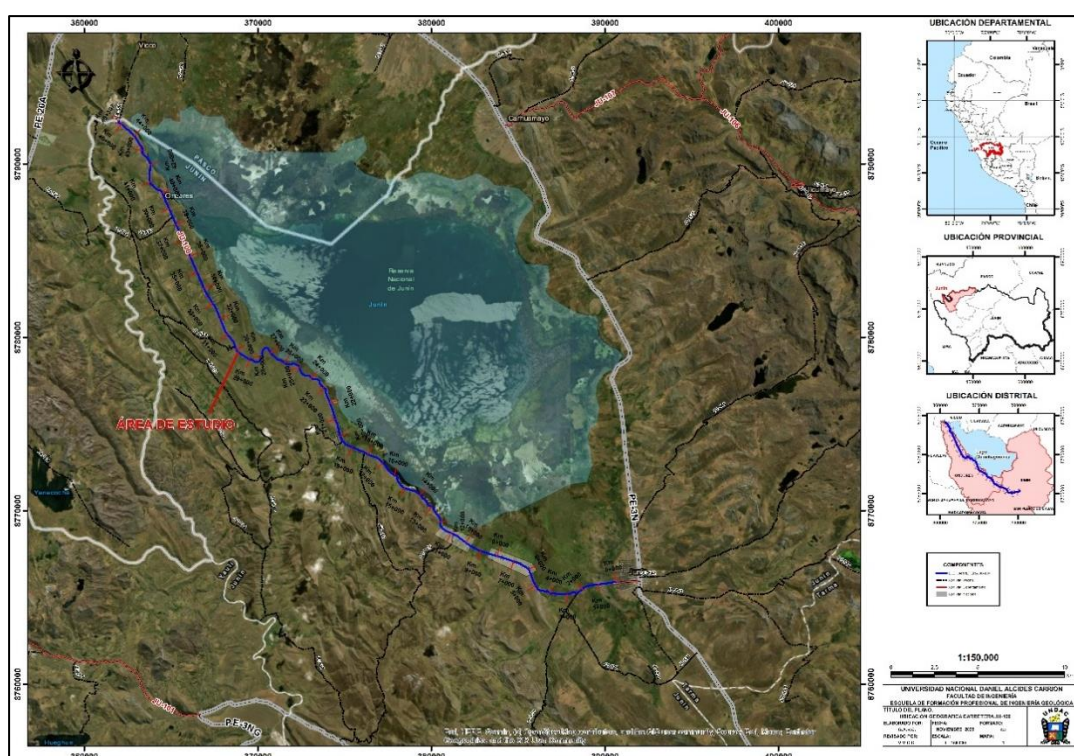
La zona de estudio se encuentra ubicado en:

Distritos = Junín y Óndores

Provincia = Junín

Dpto. = Junín.

Mapa 1: Ubicación Política.



Nota. Fuente: Elaboración propia, sistema de coordenadas UTM WGS84 - 18 S.

4.1.2. Accesibilidad

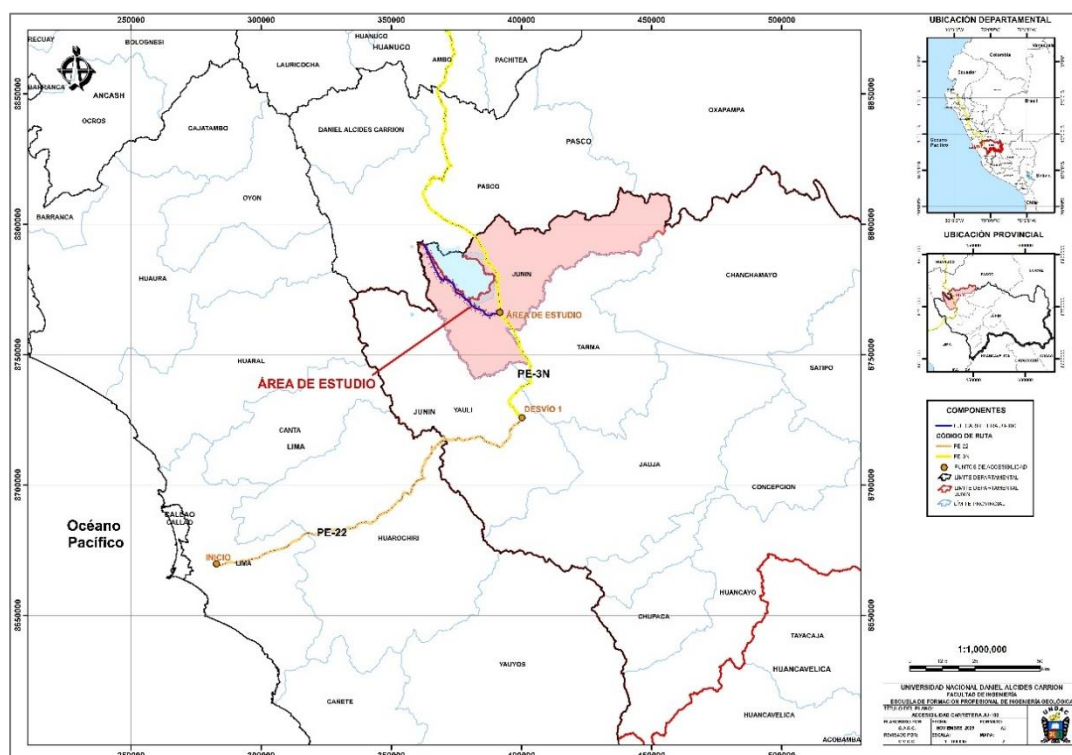
Se puede acceder desde Lima a través de la carretera central Lima – Cerro de Pasco - Huánuco, ruta 3N, hasta la ciudad de Junín; donde se encuentra un empalme con el proyecto de la carretera JU-100.

Tabla 2: Accesibilidad.

ORIGEN	DESTINO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Horas)
Lima	La Oroya	183 Km	05:00
La Oroya	Junín	54.8 Km	01:00
Junín	Empalme JU-100	1.4 Km	00:05
Total		239.2 Km	06:05

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2: Accesibilidad al área de estudio.



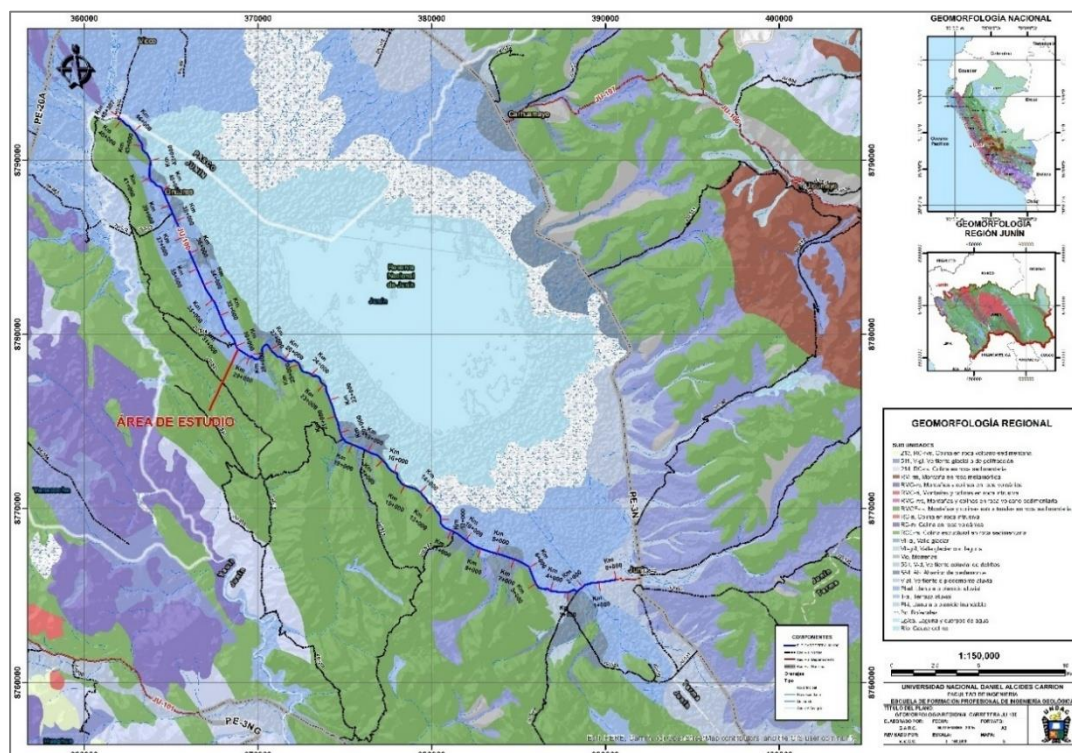
Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Contexto Regional

Geomorfología

Morfológicamente, la zona de estudio se encuentra dentro de las Altiplanicies Interandinas que separan la Cordillera Occidental de la Cordillera Oriental. A nivel regional (ver Figura 13 – Plano Geomorfología Regional – INGENMET), la morfología de la altiplanicie se distingue por una topografía relativamente suave, llanuras y planicies aluviales, bofedales, así mismo, el proyecto se encuentra al pie de montañas y colinas en rocas sedimentarias, a una altura promedio de 4,000 m.s.n.m, en comparación con la Cordillera Occidental y Oriental que la flanquean, entre las cotas 3,800 y 4,500 m.s.n.m. Los distintos procesos erosionales generaron las unidades geomorfológicas que está dentro del área de estudio:

Mapa 3: Geomorfología Regional.



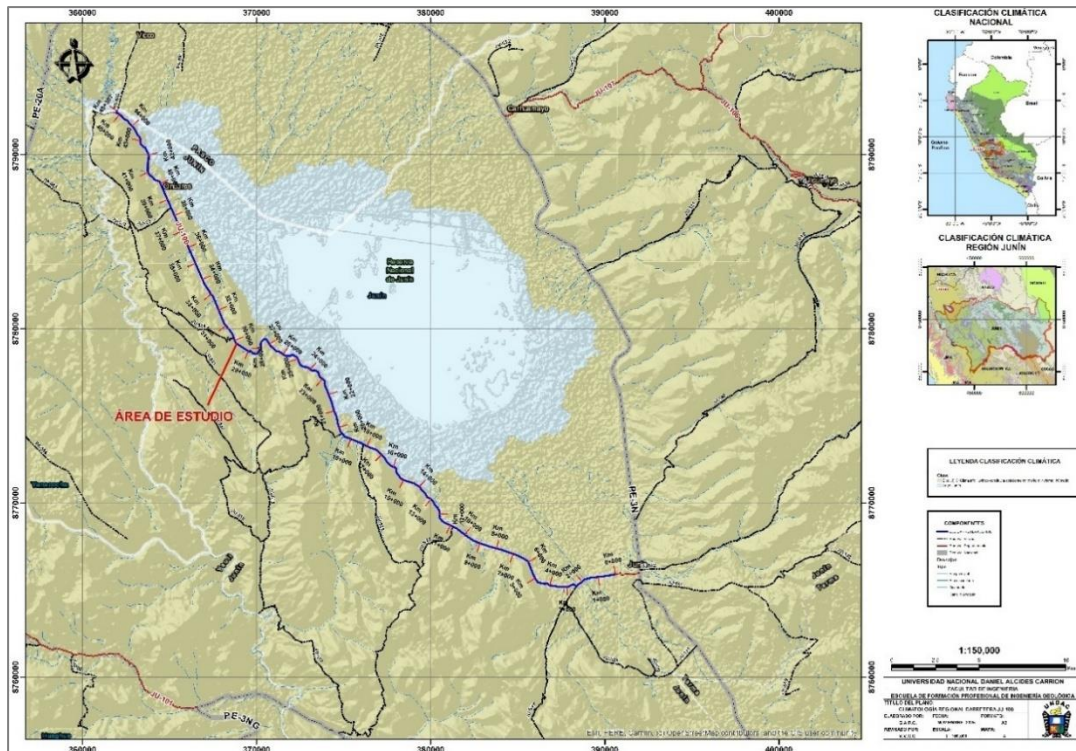
Nota. Fuente: INGEMMET; Elaborado a partir de la base de datos Geomorfológicos de la Región.

Climatología Regional

La zona del proyecto se encuentra en una planicie altoandina, con altitudes promedio de 4000 msnm a 4200 msnm, el clima es bastante seco y frío a lo largo del año, sin embargo, se presenta húmedo en los meses de invierno, bastante lluvioso desde noviembre a marzo, en los meses de verano, los cielos se presentan bastante despejados, con fuerte radiación solar, desde noviembre hasta marzo.

El lago de Junín da origen a un pequeño microclima, elevando la temperatura del viento, además de una densa vegetación en los litorales, que son aprovechados para la agricultura, ganadería y la propia fauna local.

Mapa 4: Clasificación Climática Regional.



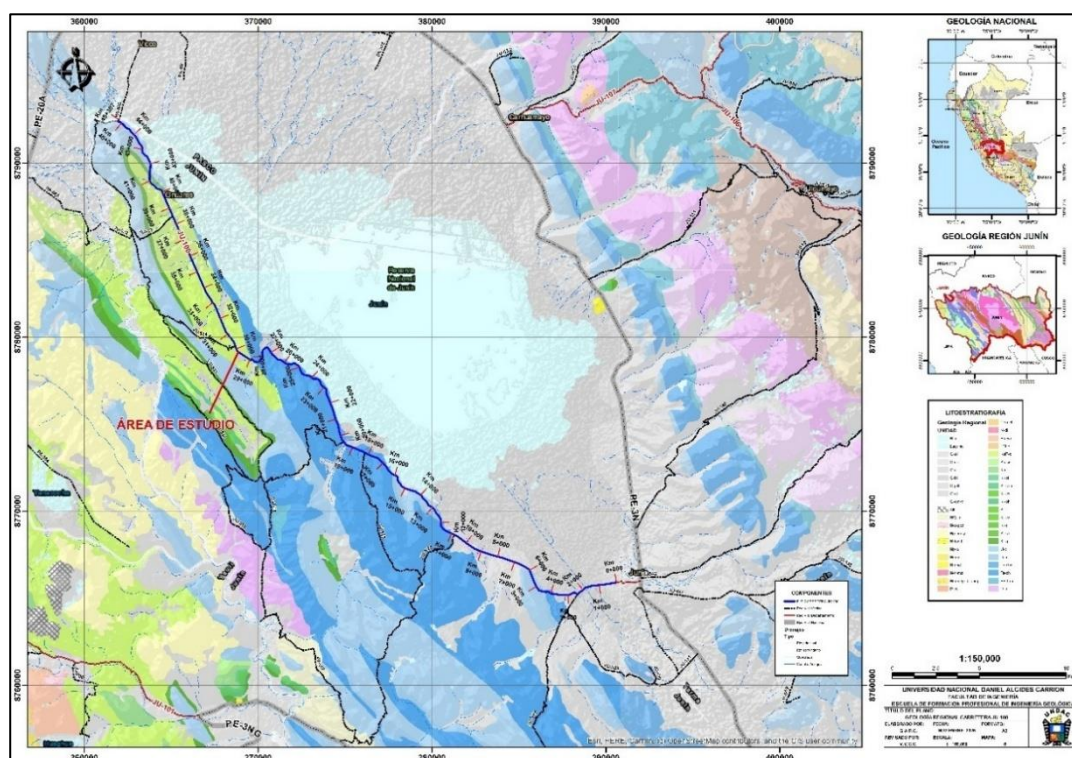
Nota. Fuente: SENAMHI: Elaborado a partir de la base de datos Climatológicos de la Región.

Geología Regional

La geología regional del área de estudio tiene sus orígenes en el tectonismo regional que se inició durante el Proterozoico. Las rocas más antiguas están representadas por afloramientos de sedimentos carbonatados, correspondientes al Grupo Pucará, que abarcan el Triásico Superior y el Jurásico Inferior. Posteriormente, se desarrollan ríos distales con intercalaciones de llanuras de inundación y deltas del Grupo Goyllarizquisga, que podrían extenderse desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Inferior. Durante el Albiano, se produce una sedimentación volcano-sedimentaria que corresponde a la Formación Chayllacatana. Al final del Cretácico Inferior, se deposita nuevamente una plataforma carbonatada, representada por las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha, que se extienden hasta finales del Cretácico Superior.

Sobre las rocas mesozoicas, en fuerte discordancia angular, se encuentra la Formación Pocobamba, de edad Paleoceno-Eoceno. Esta formación no está claramente definida en los planos geológicos del INGEMMET y se compone principalmente de conglomerados y areniscas de abanicos aluviales y ríos proximales. Por encima de estas rocas se sitúan numerosos depósitos cuaternarios recientes de diversa naturaleza, que se acumulan en las zonas bajas y cuencas que desembocan en los lechos de los ríos, quebradas y, particularmente, en el lago de Junín. Estos depósitos cubren parcialmente los afloramientos rocosos con una capa delgada, y son de tipo coluvial, residual, aluvial y lacustre.

Mapa 5: Geología regional del proyecto.



Nota. Fuente: INGEMMET: Elaborado a partir de la base litoestratigráfica de la Región.

Tabla 3: Columna Estratigráfica Regional del área de estudio.

EOTEMA	ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Lacustres		Q-la	Limos intercalados con gravas
				Depósitos Aluviales		Q-al	Clastos sub redondeados de diferente composición y matriz areno-limosa
				Depósitos Coluviales		Q-co	Depósitos coluviales, bloques y fragmentos de roca en matriz limosa
			PLEISTOCENO	Depósitos Morrénicos		Q-mo	Bloques y gravas subangulares con matriz limo arenosa
				Formación Jeroc		Q-pl-je	Sedimentos volcánicos erosionados presentes en la matriz
		PALEÓGENO	OLIGOCENO	Formación Calera		Po-ca	Calizas lacustrinas, tobas, limolitas y arenas de procedencia volcánica, también se presentan niveles de conglomerados con clastos de calizas
			EOCENO	Formación Pocobamba	Miembro Shuco	Pe-sh	Conglomerados con clastos de calizas del pucará, intercalado con areniscas de color rojo
				Miembro Cacuán		Pe-ca	Areniscas, lutitas rojas, blanquecinas y conglomerados
	MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Jumasha		Kis-ju	Calizas grises y verdosas con intercalación de lutitas verdes
				Formación Pariatambo		Ki-pt	Calizas grises y lutitas negras en delgados estratos
			INFERIOR	Formación Chulec		Ki-chu	Calizas y dolomitas en la base de color gris sin chert, también presentan esporádicas intercalaciones de lutitas negras
				Grupo Goyllarisquiza	Formación Farrat	Ki-fa	Areniscas cuarzosas con laminación sesgada
					Formación Santa-Carhuaz	Ki-sa,ca	Areniscas y lutitas de color rojo, con algunas intercalaciones de lutitas bituminosas con restos de plantas y niveles calcáreos
					Formación Chimú	Ki-chi	Conglomerados con clastos de cuarcita en la base y areniscas cuarzosas al tope, presentan intercalación de niveles de carbón
		JURÁSICO	INFERIOR	Grupo Pucará	Formación Condorsinga	Ji-co	Compuesta por calizas fosilíferas con algunas dolomitas, además de intercalaciones con calizas oscuras con chert y algunas calizas nodulosas.
					Formación Aramachay	Ji-ar	Calizas mudstone con estratificación definida, y lutitas beige en estratos pequeños, grano medio, en algunos estratos, se visualiza una intercalación con areniscas limosas amarillentas, estratos no mayores a 30 cm.
					Formación Chamará	Ts-ch	Conformado por mudstones gris oscuros, de grano fino, en estratos delgados (10 a 30 cm), frecuentemente nodulares. Hay algunos intervalos con abundante bioturbación, así como otros tramos con abundante silex (nódulos de chert) en concreciones redondeadas
		TRIÁSICO	SUPERIOR				
			INFERIOR	Grupo Mitu		PsTi-mi/sed	Areniscas y lutitas de color rojo, intercaladas con conglomerados
	PALEOZOICO	ORDOVÍCIO		Grupo Excelsior		Or-exc	Conformada por pizarras y filitas grises a gris verdosas con abundantes intercalaciones de cuarcitas en lechos delgados. Contiene algunos niveles con laminación oblicua, de escala decimétrica, así como pliegues pluricentimétricos de "Slump"

Nota. Fuente: INGEMMET: Elaborado a partir de la base litoestratigráfica de la Región.

Estratigrafía

Grupo Excelsior (Or-exc): Descrita por Mc Laughlin, D.H. (1925), compuestas por pizarras grises, filitas con areniscas en delgadas capas foliadas, que varía en distintos espesores. Abundante presencia de venillas de cuarzo provenientes de la segregación de un metamorfismo de bajo grado. Este grupo muestra bastante plegamiento; en Óndores, se constituye principalmente por filitas y cuarcitas.

Grupo Mitu (PsTi-mi): También descrita por Mc Laughlin, D.H. (1924), propone que, este grupo está constituido por series detríticas de color rojizo,

compuestos por conglomerados polimícticos sub redondeados a sub angulosos en una matriz limosa y arenosa de color rojo, presenta también estratos de lutitas grises y rojizas.

Grupo Pucará (TsKi-pu): Dividida y clasificada en tres formaciones, Chambará, Aramachay y Condorsinga, Megard (1968), constituidas principalmente por rocas carbonatadas, calizas gris claras con paquetes arenosos con sectores muy potentes en el área de estudio.

Grupo Goyllarisquizga (Ki-go): Clasificada como grupo por Wilson, J. (1963), detallando que posee una serie clástica y calcárea que aflora en la zona centro y norte del Perú, posee las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

Formación Chulec (Ki-chu): Catalogada como formación por Benavides, V. (1956), constituida litológicamente por calizas de distintas tonalidades, entre negruzcas y otras margas pardo-grisáceas; reconocida en el área de trabajo en las márgenes del río Pucayacu.

Formación Pariatambo (Ki-pt): Catalogada como formación por Benavides, V. (1956), constituida litológicamente por calizas oscuras con una apariencia de un leve metamorfismo, rotura en plano como lajas.

Formación Jumasha (Ks-ju): Descrita y nombrada por Mc Laughlin, D.H. (1925), constituida por calizas gris pardas con una ligera silicificación que la hace resistente a la erosión.

Conglomerado Shuco (Pe-se): Nombre considerado por la ubicación de donde se reconoció por primera vez, en el Cerro Shuco (NE del lago Quiulacocha); está constituido por conglomerados son fragmentos sub angulosos de tamaños variables, compuestos por calizas, cuarcitas, chert, areniscas y filitas rojizas.

Formación Calera (Po-ca): Compuesto por bases de margas y lutitas en delgados paquetes (estratos), gradando a calizas, dolomías con nódulos de chert; a la parte media compuesta por calizas y margas; descritas por Alegre, F. (1986).

Depósitos Morrénicos (Q-mo): Estos depósitos son producto de glaciación y se ubican sobre los 4000 msnm a manera de lomadas con cresta morrénica bien definida, constituídos por bloques, gravas, arena y limo en matriz areno-limosa pobremente clasificados.

Depósitos Coluviales (Q-co): Depósitos que se encuentran al pie de las montañas, laderas prominentes como material de escombros constituídos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que no han sufrido transporte cercano, muchas veces se forman por la meteorización de la roca in-situ.

Depósitos Aluviales (Q-Al): Ubicado en las partes bajas del área de estudio. Presenta capas de gravas mal clasificadas y elementos redondeados a subredondeados, asociados en capas de arena, limo y en proporciones variables. Estos depósitos forman los típicos “conos aluviales” de variada amplitud, ubicándose en el lado oriental del lago de Junín (Chinchaycocha) y que a la vez ha servido para el desarrollo de centros poblados y terrenos de cultivo.

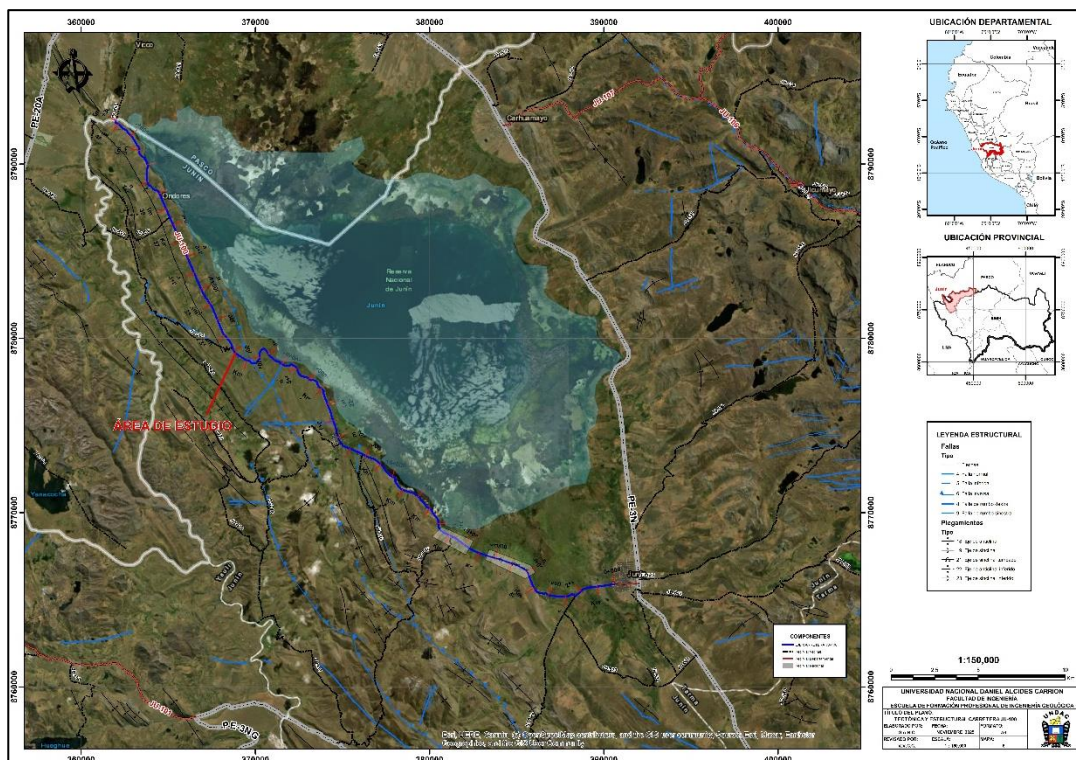
Depósitos Lacustres y Bofedales (Q-La): Consituida por materiales transportados sobre una depresión o planicie constituída por arenas, limos y gravas, siendo característica importante la acumulación de agua formando terrenos “fangosos y pantanosos”. Se observa principalmente en las márgenes del lago de Junín (Chincaycocha).

Tectónica y Estructural

Estructuralmente, los plegamientos, estructuras, dirección de la estratificación, prepondera la dirección de rumbo andino NO - SE y en zonas bien definidas NNO – SSE, además, cortando a todas estas, se encuentran estructuras, fallas y familia de fracturas con dirección E-O.

Las estructuras presentes son el resultado de varias etapas de procesos tectónicos pertenecientes al Ciclo Andino, el cual deformó la superficie pre-existente dejando como consecuencia pliegues y fallas con grandes extensiones (kilómetros), las fallas presentan dos direcciones preferenciales NO-SE con tendencia al N-S, los pliegues poseen una dirección similar, superponiéndose a estas direcciones, se encuentran estructuras fracturas y fallas (estas últimas inferidas según el plano geológico INGEMMET) con dirección E-W.

Mapa 6: *Tectónica y Estructural regional del proyecto.*



Nota. Fuente: INGEMMET: Elaborado a partir de la base de datos estructurales de la Región.

4.1.4. Contexto Local

Geomorfología Local

La planicie del lago Junín, posee un relieve bastante plano, con pequeñas laderas de pendiente muy suave, el fondo es netamente llano, cubierto por una enorme acumulación de agua perteneciente al lago de Junín. El drenaje está compuesto por ríos rectilíneos de muy bajo caudal, que discurren en el lago, preponderantemente con dirección W-E y S-N. Los ríos erosionan la Cadena Occidental, depositando coberturas aluviales.

Se han identificado 03 unidades geomorfológicas en la zona de influencia del proyecto. Estas corresponden a Planicie, Terrazas y Laderas de pendiente suave a media.

Planicie: La planicie del lago Junín, propiamente dicho, tiene un relieve bastante plano, con pequeñas laderas de pendiente muy suave, el fondo es netamente llano, cubierto por una enorme acumulación de agua perteneciente al lago de Junín. El drenaje está compuesto por ríos rectilíneos de muy bajo caudal, que discurren en el lago, preponderantemente con dirección W-E y S-N. Los ríos erosionan la Cadena Occidental, depositando coberturas aluviales.

Fotografía 1: Vista panorámica del relieve altiplánico en el área de trabajo, desde la parte más alta de Óndores.



Nota: Autoría propia. Geoforma predominante en el área de estudio.

Terrazas: Tienen un origen variado, preponderantemente son de origen aluvial, con una acumulación de sedimentos lacustrinos y alta concentración de materia orgánica en superficie, posee un relieve plano, el cual viene siendo cortado por pequeños cauces de agua de forma perpendicular en gran parte al eje de la carretera, en el cual las zonas agrícolas, ganaderas y urbanas vienen teniendo el mayor porcentaje del área.

Fotografía 2: *Terraza aluvial de relieve muy plano.*



Nota: Autoría propia. Relieve cercano a la laguna Chinchaycocha.

Laderas: La unidad de Ladera está conformada por afloramientos de secuencias de calizas, lutitas y conglomerados fracturados y ocasionalmente alterados, pertenecen al grupo Pucará y Casapalca, con una cobertura de depósitos cuaternarios recientes, constituyendo una superficie de topografía suave a moderada con pendientes de entre 20° a 50°. Actualmente la erosión fluvial es el principal agente modelador de esta unidad.

Fotografía 3: *Imagen de ladera de pendiente moderada, compuesta de calizas y lutitas, con cobertura de depósitos coluviales.*



Nota: Autoría propia. Depósito coluvial a la base de la ladera.

Geología Local

La información ha sido recopilada en campo, con el reconocimiento de las principales formaciones litoestratigráficas del área, sus características físicas, químicas y estructurales y sus implicancias ingenieriles con respecto a las obras que se ejecutarán en la carretera.

La zona de estudio se desarrolla en la meseta del Bombón, el recorrido del eje de la carretera se encuentra a lado del lago de Junín y al pie del extremo oriental de la cordillera occidental.

Estratigrafía

Localmente aflora las unidades lito-estratigráficas de los Grupos Pucará, Goyllarizquisga y Pocobamba, siendo cortados estos por el eje de la carretera, con

excepción del Grupo Goyllarizquisga, ya que este, se encuentra recubierto por depósitos cuaternarios y no es posible su reconocimiento superficial, los depósitos Cuaternarios se hallan cubriendo en partes los afloramientos rocosos, los que de acuerdo a su génesis se han clasificado en aluviales, coluviales, residuales y lacustres; algunos sectores de estos depósitos son afectados por agentes de erosión fluvial. De acuerdo con ello se tiene la columna estratigráfica siguiente:

Tabla 4: Columna estratigráfica local del área de estudio.

EOTEMA	ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Lacustres		Q-la	Limos intercalados con graves
				Depósitos Aluviales		Q-al	Clastos sub redondeados de diferente composición y matriz arenolimsa
				Depósitos Coluviales		Q-co	Depósitos coluviales, bloques y fragmentos de roca en matriz limosa
		PALEÓGENO	EOCENO	Depósitos Morrénicos		Q-mo	Bloques y gravas subangulares con matriz limo arenosa
				Formación Pocobamba	Miembro Shuco	Pe-sh	Conglomerados con clastos de calizas del pucará, intercalado con areniscas de color rojo
					Miembro Cacúan	Pe-ca	Areniscas, lutitas rojas, blanquecinas y conglomerados
	MESOZOICO	JURÁSICO	INFERIOR	Grupo Pucará	Formación Condorsinga	Ji-co	Compuesta por calizas fosilíferas con algunas dolomitas, además de intercalaciones con calizas oscuras con chert y algunas calizas nodulosas.
					Formación Aramachay	Ji-ar	Calizas mudstone con estratificación definida, y lutitas beige en estratos pequeños, grano medio, en algunos estratos, se visualiza una intercalación con areniscas limosas amarillentas, estratos no mayores a 30 cm.
		TRIÁSICO	SUPERIOR		Formación Chamará	Ts-ch	Conformado por mudstones gris oscuros, de grano fino, en estratos delgados (10 a 30 cm), frecuentemente nodulares. Hay algunos intervalos con abundante bioturbación, así como otros tramos con abundante sillex (nódulos de chert) en concreciones redondeadas

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Grupo Pucará: La vía se desplaza y/o corta afloramientos de calizas grises muy resistentes y estables pertenecientes al Grupo Pucará (Triásico superior a Jurásico inferior). La morfología que predomina en estos afloramientos es la ladera de moderada a suave pendiente, con taludes bajos, los taludes generalmente se presentan muy estables, con excepción de taludes en la formación Aramachay, puesto que, por sus propiedades físicas y alteración, se presentan como un tipo de roca de calidad regular (RMR Bieniawski).

Este grupo no presenta problemas geodinámicos relevantes, el problema principal, desde el punto de vista ingenieril, lo representa la dureza del macizo rocoso, si bien es cierto, la calidad del macizo es muy buena para el diseño de taludes, existe un factor desfavorable, que será en los nuevos cortes de carretera, necesariamente se hará uso de explosivos y maquinaria pesada para remover el material excedente, al estar en una zona de ANP, la composición química de explosivos como el anfo o cartuchos de dinamita generarán impactos ambientales negativos. Para la solución a este problema, se recomienda el uso de voladuras controladas, por métodos no explosivos.

Añadido a este problema, el ruido que genera la remoción del material excedente con maquinaria pesada, por lo tanto, tendrán que implementarse medias de control ingenieril.

Desde el punto de vista geotécnico estos afloramientos se presentan muy estables para el diseño de taludes para el nuevo corte de carretera.

En sectores se presenta fracturas abiertas y zonas de falla, siendo de estos últimos, un solo sector que está en riesgo latente.

El Grupo Pucará tiene 3 formaciones bien definidas que son cortadas por el eje de la carretera.

Formación Chambará: Conformado por mudstones gris oscuros, de grano fino, en estratos delgados (10 a 30 cm), frecuentemente nodulares. Hay algunos intervalos con abundante bioturbación, así como otros tramos con abundante sílex (nódulos de chert) en concreciones redondeadas, y en algunos casos ramificados, resistencia del macizo rocos de dura a muy dura.

Fotografía 4: Km. 28+500. Afloramiento de Calizas grises de la formación Chambará, se visualiza nódulos de chert en superficie.



Nota: Autoría propia.

Formación Aramachay: Está conformada por calizas mudstone con estratificación definida, y lutitas beige en estratos pequeños, grano medio, en algunos estratos, se visualiza una intercalación con areniscas limosas amarillentas, estratos no mayores a 30 cm, se presentan de forma alterada estructural y mineralógicamente, lo cual es desfavorable para el diseño de taludes con alta verticalidad. Resistencia del macizo rocoso moderadamente duro a ligeramente suave.

Fotografía 5: *Afloramiento de Calizas beige de la formación Aramachay en la parte alta del Km. 15+700, se visualiza el fracturamiento intenso que tiene, inestabilidad en el plano de estratificación y desprendimiento de fragmentos acumulados en su base.*



Nota: Autoría propia.

Formación Condorsinga: La Formación Condorsinga está compuesta por calizas fosilíferas con algunas dolomitas, además de intercalaciones con calizas oscuras con chert y algunas calizas nodulosas. Resistencia del macizo rocoso de muy duro a duro.

Fotografía 6: Km. 4+700. Afloramiento de Calizas beige y grises de la formación Condorsinga, se visualiza el fracturamiento y plano de estratificación paralelo al eje de la carretera.



Nota: Autoría propia.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos aproximadamente en los siguientes tramos:

Tabla 5: Afloramientos del Grupo Pucará.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN/DEPÓSITO	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)		
4+700	4+850	5	5	90	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas de grano fino color gris claro a beige, resistencia muy dura, plano de estratificación definido (N350° - Bz.45°) paralelo al jefe de la carretera; delgada cobertura de suelo residual con gravas angulosas de calizas y matriz limosa. Flujos y descargas de agua que recorren por debajo de la vía, erosionando y formando cavernas kársticas de dimensiones desconocidas.
4+850	6+020	40	0	60	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura de suelos residual con gravas angulosas en matriz limosa, color marrón claro, sobre afloramiento de calizas de grano fino, color gris oscuro, con nódulos de chert en superficie, fracturamiento moderado, resistencia muy dura. Flujos y descargas de agua que recorren por debajo de la vía, erosionando y formando cavernas kársticas de dimensiones desconocidas.
6+020	6+280	25	0	75	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura de suelos residuales sobre afloramientos de calizas de grano fino, color gris, nódulos de chert en superficie, resistencia dura a muy dura.
12+000	12+200	20	0	80	Gpo. Pucará - Fm. Aramachay	Afloramiento de calizas de grano medio, con intercalaciones limos arenáceos, de color beige y tintes rojizos, fracturamiento moderado, resistencia muy suave.
12+200	12+280	5	20	75	Gpo. Pucará - Fm. Aramachay	Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.
12+280	13+160	25	0	75	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas de grano fino, color gris oscuro, agregados cristalinos de Calcita en venillas, de resistencia muy dura a dura, delgada cobertura de vegetación en superficie.
13+160	13+290	40	0	60	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura de suelo gravoso, matriz limo-arcillosa sobre calizas grises de grano fino, resistencia dura.
13+290	13+960	10	0	90	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas con coloraciones grises y beige, planos de estratificación bien definidos, casi paralelos al eje de la carretera (N330° - Bz.65°), resistencia ligeramente suave, presencia de agua (húmedo).
13+960	14+180	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas con coloraciones grises y beige, planos de estratificación bien definidos, casi paralelos al eje de la carretera (N335° - Bz.70°), resistencia muy dura.
14+180	14+240	30	0	70	Residual / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura de suelos residuales, gravas sub angulosas en matriz limosa sobre calizas de color beige, resistencia dura.
14+240	14+460	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas de grano medio a fino, color beige, nódulos de chert en superficie resistencia muy fuerte, con delgada cobertura de limos y arcillas de color beige.
15+710	15+970	5	5	90	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas de grano medio a fino, color gris, resistencia muy fuerte, delgada cobertura de suelo residual, gravas angulosas a sub angulosas del mismo tipo de litología, en matriz limosa de color marrón claro. Al lado derecho del eje, depósitos lacustres con gran cantidad de materia vegetal, susceptibilidad a inundación lagunar.
15+970	16+140	30	30	40	Gpo. Pucará - Fm. Aramachay	Afloramiento de calizas de grano medio, con intercalaciones limos arenáceos, de color beige, fracturamiento moderado, resistencia dura.
16+140	16+660	60	0	40	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas sub angulosas y angulosas del mismo tipo de litología, en matriz limosa de color marrón claro, sobre calizas de color beige, de resistencia dura a moderadamente dura, fracturamiento moderado.
16+660	17+580	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Afloramiento de calizas de grano fino, de color gris oscuro con intercalaciones beige, nódulos de chert en superficie, resistencia dura a muy dura, fracturamiento leve.
20+390	20+600	30	10	60	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Afloramiento de Calizas de grano medio a fino, color beige, agregados cristalinos de Calcita rellanando oquedades y fracturas, ocasionales nódulos de chert en superficie. Resistencia del macizo rocoso duro a muy duro, sobre esta, delgada cobertura de suelo residual, con gravas de distintas litologías en matriz limo arcillosa de color marrón.
20+600	21+370	30	10	60	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Afloramiento de Calizas de grano medio a fino, color beige, agregados cristalinos de Calcita rellanando oquedades y fracturas, ocasionales nódulos de chert en superficie. Resistencia del macizo rocoso duro a muy duro, sobre esta, delgada cobertura de suelo residual, con gravas de distintas litologías en matriz limo arcillosa de color marrón.
22+210	22+680	45	5	50	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de suelos con gravas mal seleccionadas de distinto tamaño, sub angulosas a sub redondeadas, en matriz limosa, sobre conglomerados rojizos.
22+680	23+070	20	10	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de depósitos coluviales, gravas mal seleccionadas de distintas litologías y matriz limo-arcillosa, sobre afloramiento de conglomerado de clastos polimícticos (calizas, areniscas, lutitas) redondeados a sub redondeados, englobados en matriz limosa rojiza, resistencia dura, y débil fracturamiento.
23+070	23+380	10	20	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas sub angulosas a sub redondeadas en matriz limosa, sobre contacto de Calizas grises con Conglomerados de clastos polimícticos sub redondeados a redondeados, con matriz limosa de color rojo, resistencia muy dura.
23+380	23+860	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Afloramiento de caliza de grano fino a medio, planos de estratificación (N140° - Bz.45°) color gris claro, de resistencia dura a muy dura, agregados cristalinos asociado a fracturas y oquedades, sílice chert en nódulos, fracturamiento débil.
23+860	23+960	15	0	85	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de depósitos coluviales con clastos monomícticos de calizas sub angulosos, sobre caliza de grano medio a fino, color gris y beige, de resistencia dura.
23+960	24+060	2	0	98	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Afloramiento de caliza de grano fino color gris, de resistencia dura a muy dura, venillas y agregados cristalinos de Calcita, nódulos de chert en superficie.
24+060	24+680	90	5	5	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de depósitos coluviales de gravas sub angulosas a sub redondeadas en matriz limosa, con horizontes de materia orgánica en superficie, ocasionales bloques desprendidos de Calizas de grano fino color gris, afloramiento de roca insitu en partes altas de la ladera..
24+680	24+950	100	0	0	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Cobertura de depósitos coluviales de gravas sub angulosas a sub redondeadas en matriz limosa, con horizontes de materia orgánica en superficie.
24+950	25+140	10	0	90	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	Caliza de grano fino color beige, de resistencia dura, venillas rellenas de Calcita; sobre esta, cobertura de suelo residual de potencia delgada, gravas sub angulosas a subredondeadas monomícticas de caliza.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN/DEPÓSITO	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)		
25+140	25+350	15	5	80	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Cobertura de depósitos coluviales, gravas angulosas a sub angulosas de caliza de distinto tamaño, englobados en una matriz limo-arenosa sobre caliza de grano fino a medio color gris, resistencia dura, agregados cristalinos de Calcita rellenando fracturas y oquedades.
25+350	25+480	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Afloramiento de Calizas de grano fino color gris oscuro, con nódulos de chert en superficie, resistencia muy dura a dura, fracturamiento leve, con delgada cobertura de suelo residual limoso.
25+480	25+710	20	0	80	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas angulosas a sub angulosas de caliza en una matriz limo-arcillosa de color marrón claro, y horizonte orgánico de color negro, consistencia limo-arenosa sobre calizas grises aflorando en pequeños puntos.
25+710	25+750	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Afloramiento de Calizas de grano fino, color gris oscuro, resistencia muy dura a dura, nódulos de chert en superficie, fracturamiento moderado; cobertura de suelo residual en superficie.
25+750	25+940	60	0	40	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas angulosas a sub angulosas monomíticas de caliza en una matriz limosa de color marrón claro, sobre calizas grises aflorando hacia la parte alta de la ladera.
25+940	26+310	15	0	85	Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Afloramiento de Calizas de grano fino, con superficie marcadas por erosión fluvial (dentados) y relictos de nódulos de sílice chert, resistencia muy dura a dura, fracturamiento débil, sobre ella, cobertura de suelo residual de gravas angulosas de caliza en matriz limosa de color marrón claro.
26+310	26+820	75	0	25	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Cobertura de suelo residual, gravas angulosas monomíticas angulosas a sub angulosas en matriz limo-arcillosa, cobertura superficial de horizontes orgánicos y vegetación, ocasionales bloques y fragmentos suspendidos de calizas grises de grano fino, angulosos (transporte gravitacional).
26+820	27+500	80	0	20	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Cobertura de suelo residual, gravas angulosas monomíticas angulosas a sub angulosas en matriz limo-arcillosa, cobertura superficial de horizontes orgánicos y vegetación, ocasionales bloques y fragmentos suspendidos de calizas grises de grano fino, angulosos (transporte gravitacional).
27+500	27+810	30	5	65	Gpo. Pucará - Fm. Chamará / Aluviales-Lacustres	A lado derecho, floramiento de Calizas de grano fino color gris claro, de resistencia dura a medianamente dura, estratificación definida (Az. N340 - Bz.55°), fracturamiento débil con delgada cobertura superficial de suelo residual con clastos monomíticos de caliza, angulosos a sub angulosos en matriz limosa. A lado izquierdo, depósitos aluviales y lacustrinos.
27+810	28+150	30	5	65	Gpo. Pucará - Fm. Chamará / Aluviales	Afloramiento de Calizas de grano fino color gris claro, de resistencia dura a medianamente dura, estratificación definida (Az. N340 - Bz.55°), fracturamiento débil. Cobertura superficial de suelo residual con clastos monomíticos de caliza, angulosos a sub angulosos en matriz limosa.
28+240	28+660	40	30	30	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Cobertura de depósito coluvial de clastos de caliza, de distinto tamaño, angulosos a sub angulosos, en matriz limosa de color marrón claro, sobre calizas grises de grano fino, resistencia medianamente dura.
28+660	28+900	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chamará	Afloramiento de Calizas de grano fino color gris claro a oscuro, de resistencia muy dura a dura, sílice chert en nódulos superficiales, estratificación definida promedio (Az. N340° - Bz. 80°), delgada cobertura de suelo residual sobre el afloramiento, con contenido de vegetación.
41+920	42+240	95	5	0	Lacustre-Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Depósitos coluviales con gravas sub redondeadas a sub angulosas en matriz limo arcillosa amarillenta, hacia el lado derecho, horizontes de depósitos lacustres.
42+240	42+380	15	5	80	Lacustre-Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas de grano muy fino de color beige a gris, con intensa silicificación y oxidación asociada a fracturas, dureza moderada y fracturamiento fuerte.
42+380	42+520	100	0	0	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura de depósitos coluviales, presencia de clastos sub angulosos de calizas englobados en una matriz limo-arcillosa.
43+390	44+320	80	5	15	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura de depósitos coluviales con clastos de calizas de color gris y beige en matriz de limos de coloración marrón clara, sobre calizas de grano fino color gris.
44+320	44+420	5	10	85	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Afloramiento de calizas de grano fino color beige, resistencia medianamente dura, estratificación bien definida (Az. N220° - Bz. 35°) con tramo alterado, muy deleznable de resistencia muy débil de color verdoso, presencia de agua muy débil (húmedo).
44+420	44+560	30	10	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura con abundante presencia de material orgánico, conformado por fragmentos sub anguloso de calizas en una matriz limosa de color marrón claro, sobre macizo rocoso de resistencia dura, de calizas de grano fino, color beige.
44+560	44+900	30	10	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura con abundante presencia de material orgánico, conformado por fragmentos sub anguloso de calizas en una matriz limosa de color marrón claro, sobre macizo rocoso de resistencia dura, de calizas de grano fino, color beige.
44+900	45+360.67	30	5	65	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	Cobertura conformada por fragmentos angulosos a sub redondeados de calizas en una matriz limosa de color marrón claro, sobre macizo rocoso de resistencia muy dura a dura, de calizas de grano fino, color beige, con nódulos de chert en superficie.

Fuente: Elaboración propia.

Formación Pocobamba: La Formación Pocobamba ha sido dividida en dos miembros cartografiables: Cacúan y Shuco (Ángeles, 1999).

El miembro Cacúan está compuesto a la base por conglomerados con clastos subangulosos a subredondeados de diferente composición, predominando su composición según los aportes y la proximidad de afloramientos preexistentes.

En el área de trabajo, en las progresivas Km 30+700 – 33+600 se encuentran afloramientos que pasan alrededor del eje de la vía calizas y lutitas blanquecinas y grises, con tintes rosáceos y presencia de sílex y chert.

Desde el punto de vista geotécnico estos afloramientos se presentan también muy estables para el diseño y asfaltado de la vía, el relieve es muy suave donde se encuentran cortando estos afloramientos, por lo tanto, no se realizarán diseños de taludes. De la misma forma que en las calizas del Pucará, se tendrá ciertas dificultades para el corte y traslado de material excedente, su resistencia es muy dura, por tanto, se recomienda utilizar voladuras controladas.

Fotografía 7: Km. 30+700. Afloramiento de lutitas color beige blanquecinas en superficie de relieve plano, eje de la vía cortando el afloramiento.



Nota: Autoría propia.

El miembro Shuco, en el área de trabajo, está compuesto por conglomerados sedimentarios con escasos lentes de limolitas y areniscas; la mayor parte de los clastos son de forma sub redondeadas a sub angulosas, son de caliza y sílex de la Formación Chambará, con diámetros de 2 a 30 cm, que pueden llegar a 6 m, englobados en una matriz limo-arcillosa de color rojizo. Se encuentran supra-yaciendo a las calizas y lutitas en contacto de forma paralela.

Fotografía 8: Km. 33+540. Afloramiento de conglomerados color pardo rojizo, Formación Pocobamba – Miembro Shuco, clastos subredondeados de calizas del Grupo Pucará, matriz de limos rojizos.



Nota: Autoría propia.

La carretera se encuentra cortando estos afloramientos en los siguientes tramos:

Tabla 6: Afloramientos de la Formación Pocobamba.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN/ DEPÓSITO	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)		
21+370	22+080	40	20	40	Residual / Conglomerado o Shuco	Cobertura de suelo residual, gravas de distintas litologías en matriz limo-arcillosa de color rojizo, sobre conglomerados rojizos polimícticos, resistencia dura.
22+080	22+210	10	5	85	Conglomerado o Shuco / Form. Pocobamba	Afloramiento de conglomerado, clastos polimícticos angulosos de calizas, areniscas, limolitas y lutitas de distinto tamaño (1 cm. - 15 cm.), matriz limosa de color rojizo, resistencia del macizo rocoso muy dura a dura. Sobre ellos, delgada cobertura de suelos residual, con gravas angulosas y matriz limosa de color marrón rojizo.
30+750	30+890	5	0	95	Lutitas / Form. Pocobamba	Afloramiento de lutitas de color beige blanquecino, con tintes rojizos de limolitas de brillo sedoso, resistencia del macizo rocoso muy dura, agregados cristalinos de Calcita en oquedades y rellenando fracturas, delgada capa de materia orgánica y suelo residual con gravas angulosas y matriz limosa en superficie.
30+890	31+970	50	10	40	Coluvial / Form. Pocobamba	Cobertura de suelos residuales, gravas sub angulosas en matriz limo-arenosa sobre afloramiento de lutitas beige con tintes rosáceos de resistencia muy dura, hacia la parte superior de la ladera, conglomerados de clastos polimícticos con matriz rojiza.
32+510	33+600	50	10	40	Coluvial / Form. Pocobamba	Depósito coluvial y suelo residual de coloración marrón claro, con clastos sub angulosos a sub redondeados de lutitas blanquecinas en matriz limo-arenosa sobre lutitas beige blanquecinas. A la parte alta de la ladera, afloramientos de conglomerados de clastos sub angulosos a sub redondeados polimícticos en matriz limosa de color rojo.
33+600	33+760	5	5	90	Lutitas / Form. Pocobamba	Afloramiento de lutitas de coloración beige blanquecina, de resistencia muy dura a dura, ligera silicificación, agregados cristalinos de Calcita en oquedades y rellenando fracturas, fracturamiento débil. Cobertura de suelo limoso de color marrón y contenido de materia orgánica en superficie.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Depósitos Cuaternarios:

Depósitos Aluviales: Son depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos aluvionales y fluviales. Están ubicados principalmente en las desembocaduras de las quebradas, especialmente de las que forman la red hidrográfica del lago Junín. Litológicamente, están compuestos por gravas, arenas y limos. Estos depósitos, de acuerdo con el comportamiento de su composición pueden ser utilizados como canteras para agregados.

Fotografía 9: Km. 38+000. Depósito aluvial en relieve plano, con gravas angulosas en una matriz limo-arenosa.



Nota: Autoría propia.

Depósitos Lacustres: Son depósitos que se encuentran en las orillas de las lagunas de la zona de estudio y se interdigitan con los depósitos aluviales. Están compuestos por limos y material orgánico con intercalaciones de gravas.

Fotografía 10: Km. 1+840. Depósito lacustre, siendo erosionado por un cauce de agua, Puente Chacachimpa.



Nota: Autoría propia.

Depósitos Coluviales: Se encuentran en la base de las laderas de los cerros. Son depósitos mal clasificados conformados por gravas sub angulosas y angulosas, de tamaño medio suspendidas en una matriz limosa o limo-arenosa. Se observan aflorando por sectores a lo largo de toda la vía evaluada, cubriendo calizas del grupo pucará y pocobamba.

Fotografía 11: Km. 21+300. Depósito lacustre, siendo erosionado por un cauce de agua, Puente Chacachimpa. Depósito coluvial, clastos angulosos de distintos tamaños, suspendidos en matriz limo-arcillosa de color rojizo.



Nota: Autoría propia.

Depósitos Residuales: Están compuestos por arenas, limos y arcillas, esporádicamente presentan gravas. Son el producto de la meteorización "in situ" de rocas preexistentes y que se encuentran aflorando en los alrededores, en especial en los afloramientos de intrusivos formando los llamados suelos residuales o eluviales; estos se encuentran poco consolidados o parcialmente compactos, cubriendo, en parte, los afloramientos rocosos con una capa generalmente delgada, que puede llegar a unos pocos metros de espesor.

Figura 12: Km. 21+400. Depósitos de suelos residual, roca insitu (conglomerado) meteorizándose y convirtiéndose en suelo, clastos mal seleccionados de todo tamaño, angulosos en matriz limosa-arcillosa de color rojizo.

Fotografía 12: Km. 21+400. Depósitos de suelos residual, roca insitu (conglomerado) meteorizándose y convirtiéndose en suelo, clastos mal seleccionados de todo tamaño, angulosos en matriz limosa-arcillosa de color rojizo.



Nota: Autoría propia.

Rasgos Estructurales:

En el tramo de la carretera, de acuerdo al plano geológico regional de INGEMMET, cortan de forma casi perpendicular 4 fallas geológicas, de las cuales, en el reconocimiento y mapeo local, se ha encontrado evidencia tan solo de 2 de estas, que están en relación directa, la primera y de mayor importancia, es la que se encuentra en el Centro Poblado de Palomayo, se evidencia los rasgos estructurales en el corte de carretera y talud, la segunda, a 80 metros aproximadamente del eje de la vía, a la salida del Distrito de Óndores, sin embargo, no se ha evidenciado que esté en interacción directa con el eje de la carretera..

En campo se ha evidenciado fallas del tipo estructural inactivas, esto debido a que parte de los afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios sobre

los cuales no se evidencia actividad reciente, así mismo el Mapa Neo-tectónico del Perú no registra fallas activas en este sector. Se ha observado una zona de falla inactiva que ha afectado afloramientos de calizas del Grupo Pucará, no hay evidencia de que se encuentre activa, dado que los materiales superficiales no se encuentran disturbados.

Falla Palomayo: Se ha encontrado una zona de falla geológica (Az. N340° - Bz 80°) que cruza de forma casi perpendicular al eje de la vía, en las progresivas Km 28+960 – 29+020, dentro de esta zona el macizo rocoso está bastante alterado estructuralmente, así mismo por la debilidad que tiene, es más susceptible a la meteorización física y química. Se evidencia que existe infiltración de agua proveniente de la parte alta de la ladera, además de esto, el río que pasa a lado de la vía aumenta de forma exponencial la saturación de agua en el macizo rocoso, por ende, existe oxidación, alteración de la composición química inicial del macizo rocoso, minerales preexistentes, haciéndola una zona de alto riesgo.

En el contexto geotécnico, según el mapeo de la estación geomecánica, el índice RMR da como resultado un tipo de roca con una puntuación de 40, por lo tanto, nos encontramos en Calidad Mala, clase IV.

Fotografía 13: Km. 28+880. Zona de falla en corte de carretera, en calizas del Grupo Pucará, con los principales planos de falla (azul) paralelos al plano de estratificación (negro).



Nota: Autoría propia.

Falla Óndores: De acuerdo con el mapeo geológico local, en la parte alta de ladera a 90 metros a la izquierda aproximadamente de las progresivas 20+880 – 20+960, se ha reconocido una falla geológica (Az. N281° - Bz 72°) que cruza de forma perpendicular al eje de la vía, esta falla tiene bien definido un movimiento dextral-normal, una apertura de 50 cm sin relleno hasta el nivel de su piso apreciable, a partir de este, relleno de material limo-arcilloso, se evidenció estrías, espejo de falla, que nos permitieron realizar una correcta clasificación de su cinemática, sin embargo, no se aprecia una relevancia mayor, ni factores perjudiciales como hundimientos, caída de bloques, que puedan comprometer la integridad del asfaltado ni de los taludes que se encuentran muy recubiertos por depósitos coluviales.

Fotografía 14: Km. 20+860 – 20+900. Zona de falla geológica con apertura de 50 cm en calizas del Grupo Pucará, se logra visualizar el azimuth y buzamiento del plano de falla (azul), Km. 20+860 – 20+900.



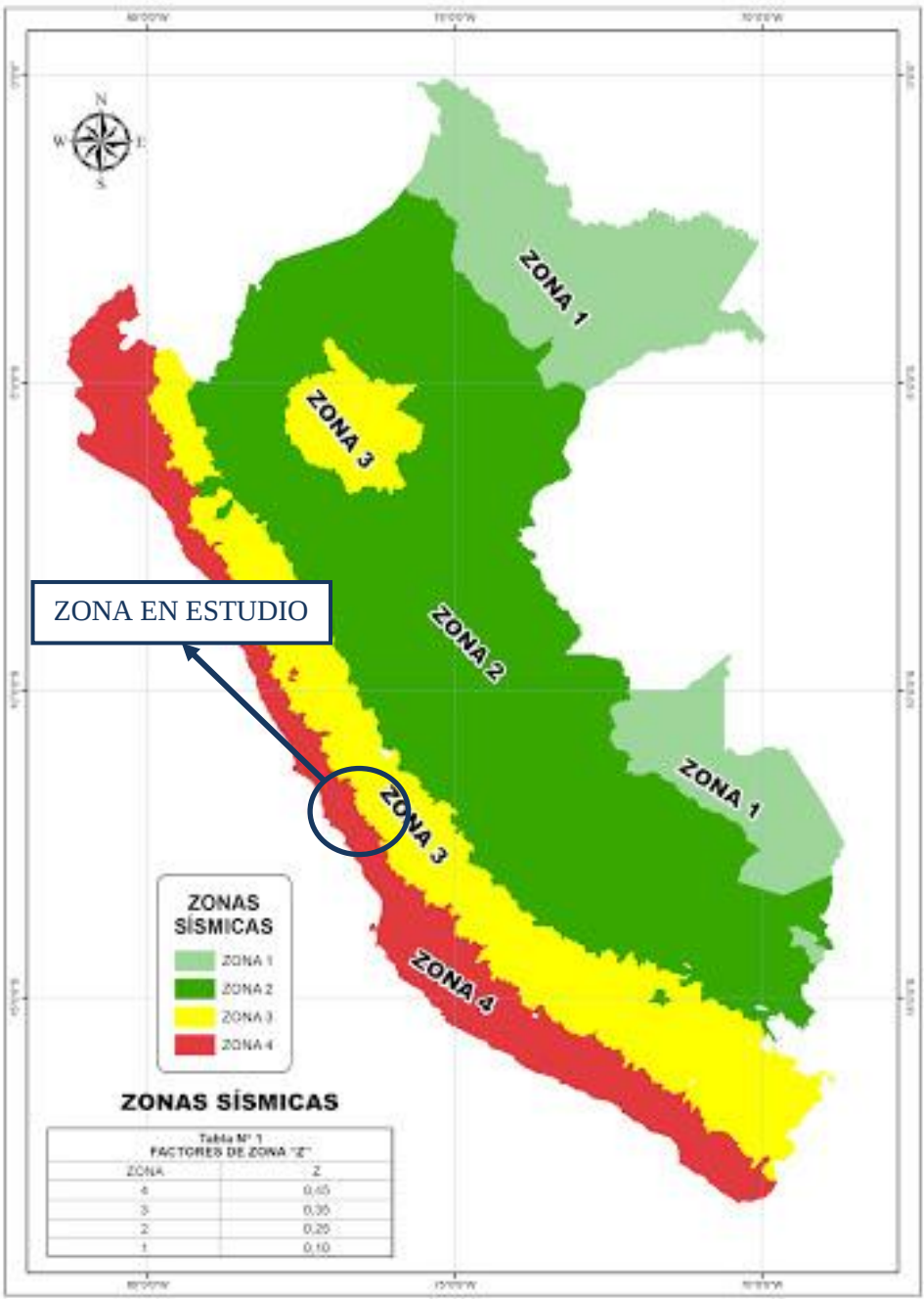
Nota: Autoría propia.

Zonificación sísmica

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha elaborado un mapa del territorio peruano en el que se establece 3 zonas de actividad sísmica (Zona 1, Zona 2, Zona 3 y Zona 4), las cuales presentan diversas características de acuerdo con la mayor o menor actividad sísmica, el área de estudio se encuentra en la **Zona 3**, en las que se encontrarán aceleraciones máximas de 0.35.

Según el mapa sísmico del Perú, se determina que la zona de estudio está expuesta a una actividad sísmica de naturaleza intermedia, con sismos que tienen ocurrencia a profundidades entre 60 a 300km, además de esto, como ya mencionamos, la zona de estudio no se encuentra en zonas de fallas regionales activas, por lo que no se generan sismos de grandes magnitudes.

Mapa 7: Zonificación de actividad sísmica del Perú.



Nota. Fuente: INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ.

Geodinámica Externa

Erosión Fluvial

Este proceso actúa sobre las márgenes y el fondo del cauce del río Chacachimpa, y en la cuenca del río Mantaro, produce la socavación de los estribos y el debilitamiento estructural.

Puente Chacachimpa: Los estribos están fijados en materiales aluviales y lacustres, entremezclados de un espesor mayor a 15 m según la perforación SPT, se presume la continuación de este tipo de material por alrededor de 5-10 metros para llegar a un suelo estable, sin embargo, la aproximación para encontrar roca fija es bastante difícil, debido a que este punto se encuentra en la zona media entre ambas cadenas montañosas, y este punto se encuentra en la zona más alta de concentración de materiales.

Fotografía 15: Km. 1+780 – 1+800. Puente Chacachimpa, se observa que el caudal pese a no ser torrentoso viene debilitando la estructura del puente, así mismo, el tipo de material donde se proyectó el puente es desfavorable.



Fuente: Autoría propia.

Puente Upamayo: El estribo derecho se encuentra conformado por depósitos aluviales de clastos subredondeados a redondeados, con una matriz arenácea con intercalaciones limosas, muy compactados lo que es bastante favorable para la construcción de obras ingenieriles. El estribo izquierdo, posee materiales coluviales con clastos angulosos de caliza suspendidos en una matriz limosa, también pequeñas intercalaciones de depósitos aluviales lo que le otorga una composición arenácea, de muy buenas características físico-mecánicas.

Fotografía 16: *Puente Upamayo, se observa un caudal muy lento que viene erosionando levemente ambos estribos del puente.*



Fuente: Autoría propia.

Inundación Fluvial / Lagunar

Este proceso actúa sobre la margen izquierda del eje de la carretera, en las zonas que se encuentran relativamente cerca al área de influencia de la laguna, si bien es cierto, las precipitaciones en los meses de invierno generan una creciente en el nivel de la laguna, no se ha encontrado evidencia de desbordes o inundaciones recientes en la carretera, por lo tanto, no es tan significativo para poder clasificarlo como un alto

riesgo, sin embargo, se están planteando medidas como redes de drenaje y alcantarillado para minimizar al máximo estos riesgos.

Tabla 7: *Cuadro de sectores – Inundación lagunar.*

PROGRESIVAS (Km)		PELIGRO
INICIO	FIN	
1+210	1+850	Inundación fluvial
8+460	9+170	Inundación Lagunar
14+500	16+660	Inundación Lagunar
40+720	42+380	Inundación Lagunar
44+900	45+360.67	Inundación fluvial / lagunar

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Flujo de Detritos

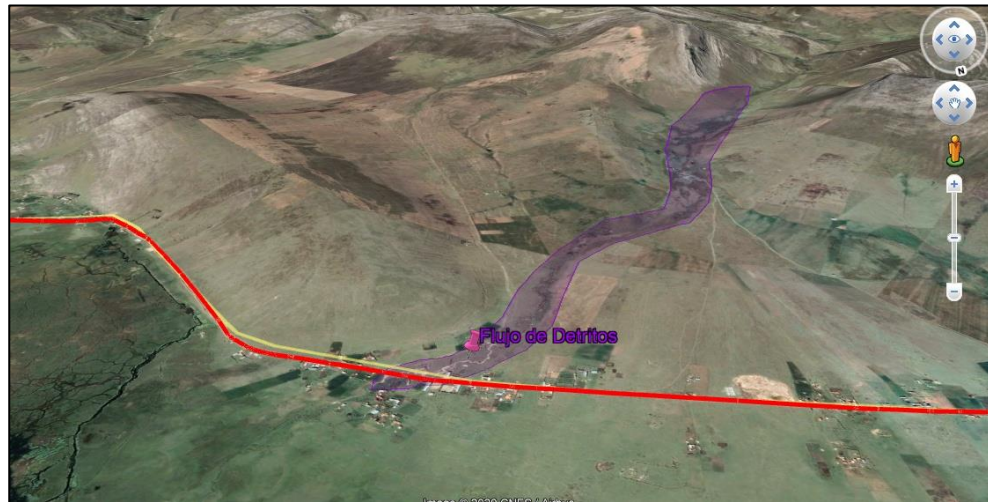
Este proceso actúa sobre las redes de escorrentía superficial y acumulación de material, en los meses de invierno, cuando las precipitaciones son constantes es donde existe una mayor acumulación, por tanto, se recomienda un programa de mantenimiento y limpieza de los materiales transportados excedentes.

Tabla 8: *Cuadro de sectores – Flujo de detritos.*

PROGRESIVAS (Km)		PELIGRO
INICIO	FIN	
6+280	6+680	Flujo de detritos
28+150	28+240	Flujo de detritos

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Vista Satelital de la zona de Sasicucho, expuesta a flujo de detritos provenientes de la parte alta de la ladera.



Nota. Fuente: Elaboración propia. Google Earth.

Hidrogeología local

La hidrogeología local del área de estudio está compuesta por acuíferos que se encuentran almacenados dentro de rocas sedimentarias, ya que la mayor parte del proyecto la componen este tipo de rocas (Calizas del Pucará), por sus propiedades físicas de porosidad primaria, que en este caso sería los planos de estratificación alargados y con regular pendiente, crean ambientes muy propicios para el almacenamiento y entrapamiento de agua.

La descarga de estos acuíferos en la zona de Huarmipuquio y Óndores está a la margen derecha del eje de la vía, representan un riesgo bajo, ya que los caudales no son significativos, además que se encuentran por debajo de la vía con una diferencia de altura de 3-5 metros, en Paccha, la descarga se encuentra en la margen izquierda, actualmente vienen siendo aprovechadas para canales de irrigación y consumo, no representa un riesgo ya que están canalizadas.

Fotografía 17: Km. 4+700. Descarga de agua de acuíferos kársticos en la zona de Huarmipuerto por debajo de la vía en estudio.



Nota: Autoría propia.

Fotografía 18: Km. 4+700. Dirección de la descarga de agua de acuíferos kársticos en la zona de Huarmipuerto por debajo de la vía en estudio.



Nota. Fuente: Autoría propia.

Cavernas Kársticas

La erosión kárstica crea formaciones cavernosas, fundamentalmente se produce por la disolución del carbonato cálcico (composición de las rocas sedimentarias del Grupo Pucará) por la acción del agua a determinadas temperaturas, esta disolución arrastra sedimentos muy finos, que al precipitar forman estalactitas y estalagmitas.

El principal problema de estas cavernas genera colapsos que puedan suceder por distintos factores, entre los más probables serían, los movimientos sísmicos, así mismo, de acuerdo con el dimensionamiento que tengan estos, un sobre esfuerzo de carga en la parte superior (carretera) con un tamaño considerable de vacío, podría generarse un colapso, por lo que podría ser perjudicial para la estructura vial.

Fotografía 19: *Caverna Kárstica en calizas del grupo Pucará – zona sur de Sasicucho y al sur este de los manantiales de Huarmipuquio, tiene una profundidad indeterminada, se logró apreciar dentro de ella los flujos de dirección que indican el almacenamiento de agua en niveles más profundos.*



Nota: Autoría propia.

De acuerdo con los datos obtenidos, correlacionamos la caverna kárstica con la descarga de agua deducimos que en la zona de Huarmipuerto (Ver fotografía 17-18) se encuentra un acuífero fisurado Kárstico, con una dirección de flujo definida, quedaría pendiente un análisis más detallado para encontrar la zona de recarga y posibles fuentes alimentadoras, puesto que el caudal en las zonas de descarga se mantiene casi constante en la temporada de verano e invierno, además de ello, la interacción que pueda tener la erosión kárstica con la vía, determinar el coeficiente de erosión y el dimensionamiento de este, para prevenir posibles colapsos.

Figura 14: Vista Satelital del contexto Hidrogeológico en Huarmipuerto – Sasicucho.



Fuente: Elaboración propia. Google Earth.

Propiedades geotécnicas del material de corte

Se describe las características geotécnicas los afloramientos rocosos y depósitos cuaternarios que conforman los taludes y la plataforma de la carretera en estudio.

Material de corte

Se determinaron los siguientes sectores geotécnicos:

Tabla 9: Cuadro de sectorización geológica - geotécnica preliminar.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN / DEPÓSITO	Talud existente (grados)	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Peligro	Caracterización del Peligro	Medidas Correctivas	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)							
0+000	1+000	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Zona urbana. Depósitos aluviales con delgados horizontes lacustres de distinta génesis, con clastos polimícticos en una matriz limo-arcillosa, clastos sub redondeados.
1+000	2+000	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Inundación fluvial / lagunar	Medio	Implementación de Sistema de Drenajes y Alcantarillado	Depósitos aluviales y lacustres, gravas polimícticas en matriz arcillosa, limosa, distribución caótica. Flujos de agua laminares erosionando y moldeando el relieve de forma muy lenta.
2+000	3+000	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósitos aluviales con intercalación de depósitos lacustrinos con horizontes orgánicos, arenáceos, limosos y arcillosos. Bofedales recubriendo partes del tramo.
3+000	4+000	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósitos aluviales con intercalación de depósitos lacustrinos con horizontes orgánicos, arenáceos, limosos y arcillosos. Bofedales recubriendo partes del tramo.
4+000	4+700	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósitos aluviales con intercalación de depósitos lacustrinos con horizontes orgánicos, arenáceos, limosos y arcillosos. Bofedales recubriendo partes del tramo.
4+700	4+850	5	5	90	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	45°	50°	Erosión Kárstica Subterránea	Medio	Voladura controlada	Afloramiento de calizas de grano fino color gris claro a beige, resistencia muy dura, plano de estratificación definido (N350° - Bz45°) paralelo al jefe de la carretera; delgada cobertura de suelo residual con gravas angulosas de calizas y matriz limosa. Flujos y descargas de agua que recorren por debajo de la vía, erosionando y formando cavernas kársticas de dimensiones desconocidas.
4+850	6+020	40	0	60	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	35°	50°	Erosión Kárstica Subterránea	Medio	Voladura controlada	Cobertura de suelos residual con gravas angulosas en matriz limosa, color marrón claro, sobre afloramiento de calizas de grano fino, color gris oscuro, con nódulos de chert en superficie, fracturamiento moderado, resistencia muy dura. Flujos y descargas de agua que recorren por debajo de la vía, erosionando y formando cavernas kársticas de dimensiones desconocidas.
6+020	6+280	25	0	75	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	35°	50°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Cobertura de suelos residuales sobre afloramientos de calizas de grano fino, color gris, nódulos de chert en superficie, resistencia dura a muy dura.
6+280	6+680	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Flujo de detritos	Bajo	Ampliación del alcantarillado y limpieza de materiales acumulados	Flujo de detritos acumulados por erosión fluvial. Al lado derecho, depósitos aluviales y cobertura de sedimentos lacustrinos con alto contenido de niveles de suelos orgánicos y vegetación en superficie, en el lado izquierdo, depósitos aluviales con gravas sub redondeadas en matriz limo-arcillosa.
6+680	8+460	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Al lado derecho, depósitos aluviales y cobertura de sedimentos lacustrinos con alto contenido de niveles de suelos orgánicos y vegetación en superficie, en el lado izquierdo, depósitos aluviales con gravas sub redondeadas en matriz limo-arcillosa.
8+460	9+170	100	0	0	Lacustre	0°	0°	Flujo de detritos / Inundación Lagunar	Bajo	Ampliación del alcantarillado y limpieza de materiales acumulados	Al lado derecho, depósitos lacustrinos con alto contenido de niveles de suelos orgánicos y vegetación en superficie, en el lado izquierdo, depósitos aluviales con gravas sub redondeadas a sub angulosas en matriz limo-arcillosa.
9+170	12+000	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Al lado derecho, depósitos aluviales y cobertura de sedimentos lacustrinos con alto contenido de niveles de suelos orgánicos y vegetación en superficie, en el lado izquierdo, depósitos aluviales con gravas sub redondeadas en matriz limo-arcillosa.
12+000	12+200	20	0	80	Gpo. Pucará - Fm. Aramachay	30°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de calizas de grano medio, con intercalaciones limos arenáceos, de color beige y tintes rojizos, fracturamiento moderado, resistencia muy suave.
12+200	12+280	5	20	75	Gpo. Pucará - Fm. Aramachay	70°	60°	Talud inestable	Latente	Corte máximo de 60° en la voladura	Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.
12+280	13+160	25	0	75	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	30°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de calizas de grano fino, color gris oscuro, agregados cristalinos de Calcita en venillas, de resistencia muy dura a dura, delgada cobertura de vegetación en superficie.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN / DEPÓSITO	Talud existente (grados)	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Peligro	Caracterización del Peligro	Medidas Correctivas	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)							
13+160	13+290	40	0	60	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	45°	60°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de suelo gravoso, matriz limo-arcillosa sobre calizas grises de grano fino, resistencia dura.
13+290	13+960	10	0	90	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	55°	60°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Afloramiento de calizas con coloraciones grises y beige, planos de estratificación bien definidos, casi paralelos al eje de la carretera (N330° - Bz65°), resistencia ligeramente suave, presencia de agua (húmedo).
13+960	14+180	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	30°	60°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Afloramiento de calizas con coloraciones grises y beige, planos de estratificación bien definidos, casi paralelos al eje de la carretera (N335° - Bz70°), resistencia muy duro.
14+180	14+240	30	0	70	Residual / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	65°	60°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de suelos residuales, gravas sub angulosas en matriz limosa sobre calizas de color beige, resistencia dura.
14+240	14+460	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	30°	65°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de calizas de grano medio a fino, color beige, nódulos de chert en superficie resistencia muy fuerte, con delgada cobertura de limos y arcillas de color beige.
14+460	15+000	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Al lado derecho, depósito lacustre con alto contenido de niveles de suelos orgánicos y vegetación en superficie, en el lado izquierdo, depósitos aluviales con gravas sub redondeadas en matriz limosa, hacia la parte alta afloramientos de calizas grises.
15+000	15+710	15	5	80	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Inundación Lagunar	Medio	Implementación de sistema de drenajes y alcantarillado, elevación de la sub razante.	Al lado derecho, depósito lacustre con alto contenido de niveles de suelos orgánicos y vegetación en superficie, en el lado izquierdo, depósitos aluviales con gravas sub redondeadas en matriz limosa, hacia la parte alta afloramientos de calizas grises.
15+710	15+970	5	5	90	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	35°	65°	Inundación Lagunar	Medio	Buen diseño de corte	Afloramiento de calizas de grano medio a fino, color gris, resistencia muy fuerte, delgada cobertura de suelo residual, gravas angulosas a sub angulosas del mismo tipo de litología, en matriz limosa de color marrón claro. Al lado derecho del eje, depósitos lacustres con gran cantidad de materia vegetal, susceptibilidad a inundación lagunar.
15+970	16+140	30	30	40	Gpo. Pucará - Fm. Aramachay	45°	65°	Inundación Lagunar	Medio	Buen diseño de corte	Afloramiento de calizas de grano medio, con intercalaciones limos arenáceos, de color beige, fracturamiento moderado, resistencia dura.
14+240	16+660	60	0	40	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	35°	65°	Inundación Lagunar	Medio	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas sub angulosas y angulosas del mismo tipo de litología, en matriz limosa de color marrón claro, sobre calizas de color beige, de resistencia dura a moderadamente dura, fracturamiento moderado.
16+660	17+580	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	35°	65°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Afloramiento de calizas de grano fino, de color gris oscuro con intercalaciones beige, nódulos de chert en superficie, resistencia dura a muy dura, fracturamiento leve.
17+580	19+370	90	0	10	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Depósitos aluviales de gravas redondeadas con matriz limo arcillosa, afloramientos de Calizas grises y beige en la parte alta de la ladera hacia el lado izquierdo del eje de la carretera; en la parte izquierda, depósitos lacustres, relieve plano con intensa cantidad de vegetación y suelos orgánicos de color rojo.
19+370	20+390	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Zona urbana sobre depósitos aluviales hacia el lado izquierdo y en la parte alta macizos rocosos de calizas, al lado derecho depósitos lacustrinos.
20+390	20+600	30	10	60	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	70°	60°	Zona urbana con casas cerca a puntos de voladura	Latente	Voladura controlada	Afloramiento de Calizas de grano medio a fino, color beige, agregados cristalinos de Calcita rellanando oquedades y fracturas, ocasionales nódulos de chert en superficie. Resistencia del macizo rocoso duro a muy duro, sobre esta, delgada cobertura de suelo residual, con gravas de distintas litologías en matriz limo arcillosa de color marrón.
20+600	21+370	30	10	60	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	30°	60°	Zona urbana con casas cerca a puntos de voladura	Latente	Voladura controlada	Afloramiento de Calizas de grano medio a fino, color beige, agregados cristalinos de Calcita rellanando oquedades y fracturas, ocasionales nódulos de chert en superficie. Resistencia del macizo rocoso duro a muy duro, sobre esta, delgada cobertura de suelo residual, con gravas de distintas litologías en matriz limo arcillosa de color marrón.
21+370	22+080	40	20	40	Residual / Conglomerado Shuco	20°	65°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de suelo residual, gravas de distintas litologías en matriz limo-arcillosa de color rojizo, sobre conglomerados rojizos polimícticos, resistencia dura.
22+080	22+210	10	5	85	Conglomerado Shuco / Form. Pocobamba	20°	65°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de conglomerado, clastos polimícticos angulosos de calizas, areniscas, limolitas y lutitas de distinto tamaño (1 cm. - 15 cm.), matriz limosa de color rojizo, resistencia del macizo rocoso muy dura a dura. Sobre ellos, delgada cobertura de suelos residual, con gravas angulosas y matriz limosa de color marrón rojizo.
22+210	22+680	45	5	50	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	45°	65°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de suelos con gravas mal seleccionadas de distinto tamaño, sub angulosas a sub redondeadas, en matriz limosa, sobre conglomerados rojizos.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN / DEPÓSITO	Talud existente (grados)	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Peligro	Caracterización del Peligro	Medidas Correctivas	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)							
22+680	23+070	20	10	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	25°	65°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales, gravas mal seleccionadas de distintas litologías y matriz limo-arcillosa, sobre afloramiento de conglomerado de clastos polimícticos (calizas, areniscas, lutitas) redondeados a sub redondeados, englobados en matriz limosa rojiza, resistencia dura, y débil fracturamiento .
23+070	23+380	10	20	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	30°	65°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas sub angulosas a sub redondeadas en matriz limosa, sobre contacto de Calizas grises con Conglomerados de clastos polimícticos sub redondeados a redondeados, con matriz limosa de color rojo, resistencia muy dura.
23+380	23+860	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	20°	70°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de caliza de grano fino a medio, planos de estratificación (N140° - Bz45°) color gris claro, de resistencia dura a muy dura, agregados cristalinos asociado a fracturas y oquedades, sílice chert en nódulos, fracturamiento débil.
23+860	23+960	15	0	85	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	40°	70°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales con clastos monomícticos de calizas sub angulosos, sobre caliza de grano medio a fino, color gris y beige, de resistencia dura.
23+960	24+060	2	0	98	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	35°	70°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de caliza de grano fino color gris, de resistencia dura a muy dura, venillas y agregados cristalinos de Calcita, nódulos de chert en superficie.
24+060	24+680	90	5	5	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	20°	60°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales de gravas sub angulosas a sub redondeadas en matriz limosa, con horizontes de materia orgánica en superficie, ocasionales bloques desprendidos de Calizas de grano fino color gris, afloramiento de roca in situ en partes altas de la ladera..
24+680	24+950	100	0	0	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	15°	60°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales de gravas sub angulosas a sub redondeadas en matriz limosa, con horizontes de materia orgánica en superficie.
24+950	25+140	10	0	90	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	20°	70°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Caliza de grano fino color beige, de resistencia dura, venillas rellenas de Calcita; sobre esta, cobertura de suelo residual de potencia delgada, gravas sub angulosas a subredondeadas monomícticas de caliza.
25+140	25+350	15	5	80	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	15°	70°	Zona estable	Estable	Buen diseño de corte	Cobertura de depósitos coluviales, gravas angulosas a sub angulosas de caliza de distinto tamaño, englobados en una matriz limo-arenosa sobre caliza de grano fino a medio color gris, resistencia dura, agregados cristalinos de Calcita rellenos de fracturas y oquedades.
25+350	25+480	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	15°	70°	Inundación Lagunar	Medio	Implementación de sistema de alcantarillado	Afloramiento de Calizas de grano fino color gris oscuro, con nódulos de chert en superficie, resistencia muy dura a dura, fracturamiento leve, con delgada cobertura de suelo residual limoso.
25+480	25+710	20	0	80	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas angulosas a sub angulosas de caliza en una matriz limo-arcillosa de color marrón claro, y horizonte orgánico de color negro, consistencia limo-arenosa sobre calizas grises aflorando en pequeños puntos.
25+710	25+750	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	10°	70°	Inundación Lagunar	Medio	Implementación de sistema de alcantarillado	Afloramiento de Calizas de grano fino, color gris oscuro, resistencia muy dura a dura, nódulos de chert en superficie, fracturamiento moderado; cobertura de suelo residual en superficie.
25+750	25+940	60	0	40	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	25°	70°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de depósitos coluviales, con gravas angulosas a sub angulosas monomícticas de caliza en una matriz limosa de color marrón claro, sobre calizas grises aflorando hacia la parte alta de la ladera.
25+940	26+310	15	0	85	Gpo. Pucará - Fm. Chambará	25°	70°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de Calizas de grano fino, con superficie marcada por erosión fluvial (dentados) y relictos de nódulos de sílice chert, resistencia muy dura a dura, fracturamiento débil, sobre ella, cobertura de suelo residual de gravas angulosas de caliza en matriz limosa de color marrón claro.
26+310	26+820	75	0	25	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	35°	70°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de depósitos coluviales, gravas angulosas monomícticas angulosas a sub angulosas en matriz limo-arcillosa, cobertura superficial de horizontes orgánicos y vegetación, ocasionales bloques y fragmentos suspendidos de calizas grises de grano fino, angulosos (transporte gravitacional).
26+820	27+500	80	0	20	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chambará	35°	70°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de suelo residual, gravas angulosas monomícticas angulosas a sub angulosas en matriz limo-arcillosa, cobertura superficial de horizontes orgánicos y vegetación, ocasionales bloques y fragmentos suspendidos de calizas grises de grano fino, angulosos (transporte gravitacional).
27+500	27+810	30	5	65	Gpo. Pucará - Fm. Chambará / Aluviales-Lacustres	40°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Alado derecho, afloramiento de Calizas de grano fino color gris claro, de resistencia dura a medianamente dura, estratificación definida (Az N340 - Bz55°), fracturamiento débil con delgada cobertura superficial de suelo residual con clastos monomícticos de caliza, angulosos a sub angulosos en matriz limosa. Alado izquierdo, depósitos aluviales y lacustres.
27+810	28+150	30	5	65	Gpo. Pucará - Fm. Chambará / Aluviales	30°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de Calizas de grano fino color gris claro, de resistencia dura a medianamente dura, estratificación definida (Az N340 - Bz55°), fracturamiento débil. Cobertura superficial de suelo residual con clastos monomícticos de caliza, angulosos a sub angulosos en matriz limosa.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN / DEPÓSITO	Talud existente (grados)	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Peligro	Caracterización del Peligro	Medidas Correctivas	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)							
28+150	28+240	90	0	10	Aluvial	0°	0°	Flujo de detritos	Estable	Ampliación del alcantarillado y limpieza de materiales acumulados	Cauce de agua cortando afloramiento de Calizas de grano fino color gris claro, de resistencia dura a medianamente dura, estratificación definida (Az N340 - Bz55°), fracturamiento débil. Cobertura superficial de suelo residual con clastos monomicticos de caliza, angulosos a sub angulosos en matriz limosa.
28+240	28+660	40	30	30	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Chamará	30°	60°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de depósito coluvial de clastos de caliza, de distinto tamaño, angulosos a sub angulosos, en matriz limosa de color marrón claro, sobre calizas grises de grano fino, resistencia medianamente dura.
28+660	28+900	5	0	95	Gpo. Pucará - Fm. Chamará	45°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de Calizas de grano fino color gris claro a oscuro, de resistencia muy dura a dura, sílice chert en nódulos superficiales, estratificación definida promedio (Az N340° - Bz 80°), delgada cobertura de suelo residual sobre el afloramiento, con contenido de vegetación.
28+900	29+030	60	40	0	Zona de Falla	65°	40°	Falla Geológica	Latente	Impermeabilización, mejoramiento del suelo, construcción de muros de contención y banquetas en la cabecera del talud	Zona de falla geológica inactiva en lutitas y limolitas muy alteradas (casi pervasiva) con estratificación (Az N155° - Bz 50°) color beige parduzco, resistencia muy débil, dirección promedio de la familia de fallas (Az N340° - Bz 80°) y tensional promedio (Az N185° - Bz 68°). Dando como resultado una zona muy inestable para el asentamiento del afirmado y asfalto. Mejoramiento de la calidad del suelo y diseño del afirmado.
28+900	29+160	100	0	0	Coluvial	45°	40°	Zona estable	Estable	-	Depósitos coluviales con gravas sub redondeadas a sub angulosas en matriz de limos color marrón claro, a los lados distales del eje de la carretera afloramientos de lutitas blancuecinas.
29+160	30+170	100	0	0	Coluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósitos coluviales con gravas sub redondeadas a sub angulosas en matriz de limos color marrón claro, a los lados distales del eje de la carretera afloramientos de lutitas blancuecinas.
30+170	30+750	100	0	0	Coluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósitos coluviales con gravas sub redondeadas a sub angulosas en matriz de limos color marrón claro, horizonte orgánico en superficie.
30+750	30+890	5	0	95	Lutitas / Form. Pocobamba	0°	0°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de lutitas de color beige blancuecino, con tintes rojizos de limolitas de brillo sedoso, resistencia del macizo rocoso muy dura, agregados cristalinos de Calcita en oquedades y rellenando fracturas, delgada capa de materia orgánica y suelo residual con gravas angulosas y matriz limosa en superficie.
30+890	31+970	50	10	40	Coluvial / Form. Pocobamba	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de suelos residuales, gravas sub angulosas en matriz limo-arenosa sobre afloramiento de lutitas beige con tintes rosáceos de resistencia muy dura, hacia la parte superior de la ladera, conglomerados de clastos polimicticos con matriz rojiza.
31+970	32+510	100	0	0	Coluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósito coluvial, gravas de clastos polimicticos angulosos a sub angulosos en matriz limo-arenosa de color marrón rojizo, delgada cobertura de materia orgánica en superficie.
32+510	33+600	50	10	40	Coluvial / Form. Pocobamba	5°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósito coluvial y suelo residual de coloración marrón claro, con clastos sub angulosos a sub redondeados de lutitas blancuecinas en matriz limo-arenosa sobre lutitas beige blancuecinas. A la parte alta de la ladera, afloramientos de conglomerados de clastos sub angulosos a sub redondeados polimicticos en matriz limosa de color rojo.
33+600	33+760	5	5	90	Lutitas / Form. Pocobamba	10°	70°	Zona estable	Estable	Voladura controlada	Afloramiento de lutitas de coloración beige blancuecina, de resistencia muy dura a dura, ligera silicificación, agregados cristalinos de Calcita en oquedades y rellenando fracturas, fracturamiento débil. Cobertura de suelo limoso de color marrón y contenido de materia orgánica en superficie.
33+760	36+290	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósito aluvial con pequeña depresión, en la zona media, clastos angulosos a sub angulosos englobados en matriz limo-arenosa, horizontes orgánicos limo-arcillosos de coloración oscura.
36+290	36+630	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósito aluvial en llanura, clastos angulosos de distintos tamaños, litológicamente homogéneos en matriz areno limosa, horizonte orgánico en superficie.
36+630	37+280	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Ligera depresión de origen erosional por pequeño cauce; depósitos aluviales en la parte superior de los flancos con clastos homogéneos en una matriz limosa y en la zona inferior, alta concentración de suelos con horizontes orgánicos limo-arcillosos con ocasionales clastos sub angulosos, de coloración negruzco.
37+280	37+980	100	0	0	Aluvial / Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósito aluvial en llanura, clastos angulosos homogéneos en matriz areno limosa, con delgado horizonte orgánico en superficie.
37+980	39+240	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Terraza aluvial. Zona urbana.
39+240	40+170	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Llanura de depósitos aluviales con pequeñas depresiones formados por pequeños cauces.
40+170	40+720	100	0	0	Aluvial	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósitos aluviales de gravas y ocasionales cantos sub redondeados a redondeados en matriz de arenas y limos de color beige, con niveles de capas orgánicas en superficie.
40+720	41+920	100	0	0	Lacustre	0°	0°	Inundación Lagunar	Medio	Implementación de sistema de alcantarillado	Llanura de depósitos lacustres con alto contenido de materia orgánica.

TRAMO		CLASIFICACIÓN DE MATERIALES (%)			FORMACIÓN / DEPÓSITO	Talud existente (grados)	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Peligro	Caracterización del Peligro	Medidas Correctivas	ASPECTO LITOESTRATIGRÁFICO, ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS OBSERVADOS
PROGRESIVAS (Km)		MATERIAL SUELTO (%)	ROCA SUELTA (%)	ROCA FIJA (%)							
41+920	42+240	95	5	0	Lacustre-Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	15°	60°	Inundación Lagunar	Medio	Implementación de sistema de alcantarillado	Depósitos coluviales con gravas sub redondeadas a sub angulosas en matriz limo arcillosa amarillenta, hacia el lado derecho, horizontes de depósitos lacustres.
42+240	42+380	15	5	80	Lacustre-Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	20°	60°	Inundación Lagunar	Medio	Implementación de sistema de alcantarillado	Afloramiento de calizas de grano muy fino de color beige a gris, con intensa silicificación y oxidación asociada a fracturas, dureza moderada y fracturamiento fuerte.
42+380	42+520	100	0	0	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	15°	70°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de depósitos coluviales, presencia de clastos sub angulosos de calizas englobados en una matriz limo-arcillosa.
42+520	43+390	100	0	0	Lacustre	0°	0°	Zona estable	Estable	-	Depósito lacustre con alto contenido de niveles orgánicos y vegetación en superficie, hacia parte alta afloramientos de calizas grises.
43+390	44+320	80	5	15	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	15°	60°	Zona estable	Estable	-	Cobertura de depósitos coluviales con clastos de calizas de color gris y beige en matriz de limos de coloración marrón clara, sobre calizas de grano fino color gris.
44+320	44+420	5	10	85	Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	15°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada, limpieza de material suelto	Afloramiento de calizas de grano fino color beige, resistencia medianamente dura, estratificación bien definida (Az N220° - Bz 35°) con tramo alterado, muy deleznable de resistencia muy débil de color verdoso, presencia de agua muy débil (húmedo).
44+420	44+560	30	10	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	15°	60°	Zona estable	Estable	Voladura controlada, limpieza de material suelto	Cobertura con abundante presencia de material orgánico, conformado por fragmentos sub anguloso de calizas en una matriz limosa de color marrón claro, sobre macizo rocoso de resistencia dura, de calizas de grano fino, color beige.
44+560	44+900	30	10	70	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	35°	70°	Zona estable	Estable	Voladura controlada, limpieza de material suelto	Cobertura con abundante presencia de material orgánico, conformado por fragmentos sub anguloso de calizas en una matriz limosa de color marrón claro, sobre macizo rocoso de resistencia dura, de calizas de grano fino, color beige.
44+900	45+360.67	30	5	65	Coluvial / Gpo. Pucará - Fm. Condorsinga	35°	70°	Inundación fluvial / lagunar	Medio	Implementación de sistema de drenajes y alcantarillado	Cobertura conformada por fragmentos angulosos a sub redondeados de calizas en una matriz limosa de color marrón claro, sobre macizo rocoso de resistencia muy dura a dura, de calizas de grano fino, color beige, con nódulos de chert en superficie.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Análisis de Estabilidad de Taludes

La sectorización geológica y geotécnica de los taludes se efectuó agrupándolos según sus características físico-mecánicas y geométricas similares, considerando como criterios principales la clasificación litoestratigráfica, las estructuras geológicas, la geometría del talud de corte y los procesos geodinámicos presentes. Asimismo, se evaluó el área que será intervenida o removida y el grado de estabilidad actual del talud. Además, para establecer el Factor de Seguridad (FS) requerido, el cual, tratándose de una infraestructura permanente, debe ser ≥ 1.5 . Este valor será determinado mediante los análisis correspondientes a fallamiento planar, fallamiento por cuñas y falla circular.

Caracterización de Macizos Rocosos y Análisis de Estabilidad de Taludes

Estaciones Geomecánicas Realizadas:

Se mapearon en total 12 Estaciones Geomecánicas, se seleccionaron de acuerdo con su grado de representatividad, cumpliendo las mismas propiedades físicas para un determinado sector, de ahí que, se propusieron los nuevos ángulos de corte, estabilidad, factor de seguridad y medidas de control.

Tabla 10: Cuadro resumen de Estabilidad de Taludes.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
4+700	6+280	4+750	41	72	50°	Caliza	3.5	50°	0.0	50°
			57	220			6.9	65°	0.0	65°
			47	300			-	-	-	-
12+000	12+280	12+240	47	290	60°	Caliza	3.5	60°	7.1	60°
			81	137			27.6	70°	42.9	70°
			44	53			-	-	-	-
12+280	13+180	12+850	67	34	60°	Caliza	0.0	60°	1.4	60°
			77	129			2.9	50°	3.4	50°
			50	204			-	-	-	-
13+290	14+180	14+110	61	64	60°	Caliza	0.0	60°	4.2	60°
			80	149			14.3	65°	28.0	65°
14+240	14+460	14+430	56	105	65°	Caliza	0.0	65°	4.7	65°
			61	62			0.0	30°	0.0	30°
16+660	17+580	17+290	59	67	65°	Caliza	6.7	65°	4.8	65°
							0.0	35°	0.0	35°
20+390	21+370	20+460	69	125	60°	Caliza	0.0	70°	1.5	70°
			72	246			12.5	70°	19.2	70°
21+370	23+380	21+400	43	254	65°	Caliza	0.0	65°	2.0	65°
			57	116			0.0	30°	0.0	30°
23+380	24+060	23+640	52	213	70°	Caliza	0.0	60°	0.8	60°
			63	124			0.0	20°	0.0	20°
27+500	28+150	28+040	51	142	60°	Caliza	0.0	60°	0.0	60°
			60	113			-	-	-	-
			76	79			-	-	-	-
28+900	29+160	29+010	56	247	40°	Caliza	0.0	40°	3.7	40°
			68	274			0.0	80°	31.1	80°
			79	70			-	-	-	-
42+380	42+520	42+430	26	237	60°	Caliza	0.0	60°	0.6	60°
			68	159			0.0	20°	0.0	20°

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Estación Geomecánica Km 4+750.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECAÑICAS PROGRESIVA: Km. 4+720 - 4+760	ESTACIÓN N°: 1 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	--

LITOLOGÍA:	Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas Fm 1, 2 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.
UNIDAD:	Gpo. Pucará
EDAD:	Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES			
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1	F2
DIP:	41	57	47
DIP DIRECTION:	72	220	300

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	100-50	7
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		82

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy desfavorables (-60). Para taludes: $RMR = 82 - 60 = 22$

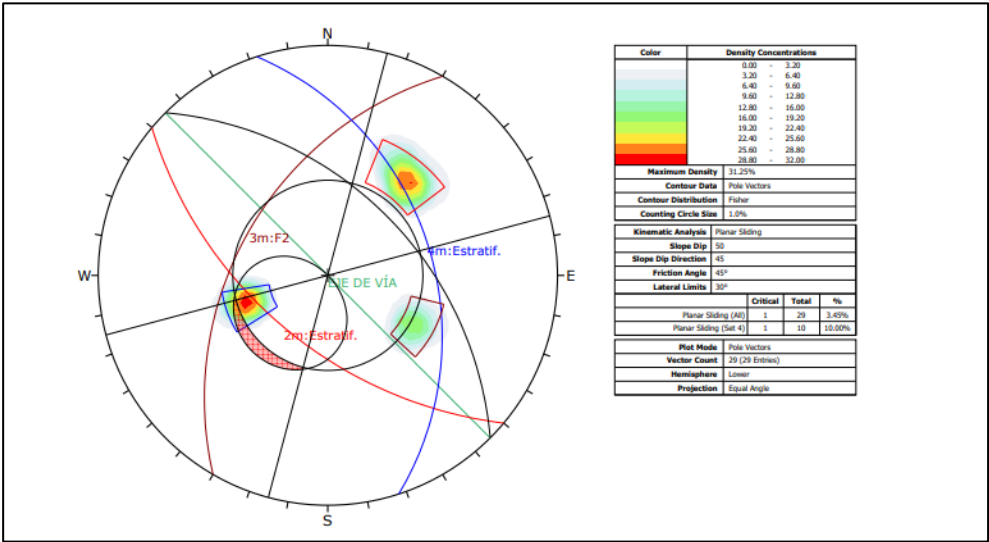
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase IV (calidad mala).

Fotografía 20: Talud rocoso en la progresiva 4+750, con estratos sub paralelos al eje de la vía.



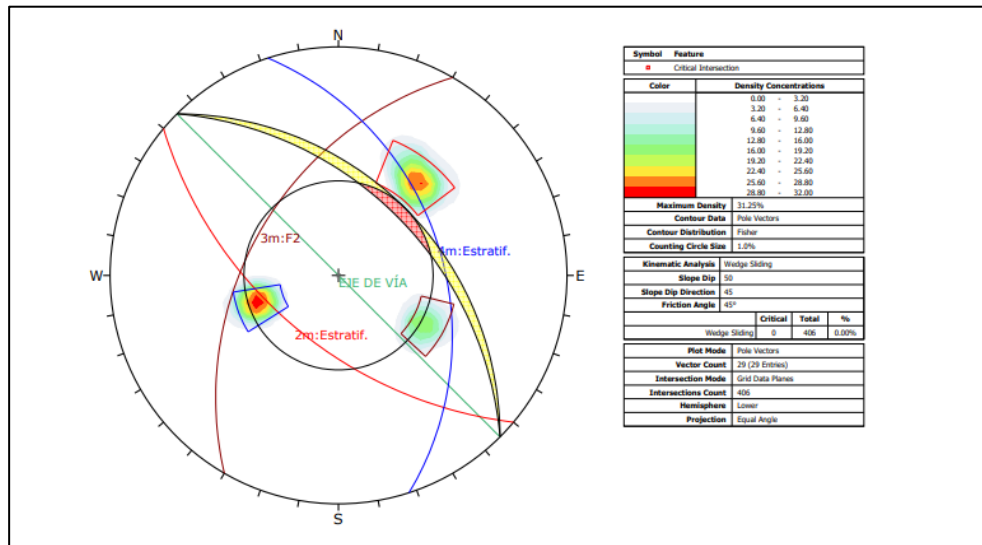
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 16: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 4+750.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 4+750.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Resultados de la Estación Geomecánica Km 4+750.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
4+700	6+280	4+750	41	72	50°	Caliza	3.5	50°	0.0	50°
			57	220			6.9	65°	0.0	65°
			47	300			-	-	-	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual de corte de 65°, se tiene un porcentaje de 6.9% de superficies susceptibles a fallas planares y 0 % de conjunciones en cuñas, estos valores disminuyen a 3.45% y 0%, respectivamente al reducir el ángulo de corte del talud a 50°, reduciendo la ocurrencia de fallas en los taludes de corte, también hay que considerar que se está recomendando la implementación de una banquetta para los taludes de corte, con lo que el talud resultante global será menor. En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

Figura 18: Estación Geomecánica Km 12+240.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 12+220 - 12+260	ESTACIÓN N°: 2 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	--

LITOLOGÍA: UNIDAD: EDAD:	Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas Fm 1, 2 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera. Gpo. Pucará Mesozoico
---	--

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES			
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1	F2
DIP:	44	47	81
DIP DIRECTION:	53	290	137

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	5-1	1
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,06-0,2	8
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	0,1 - 1,0	3
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		61

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy desfavorables (-60). Para taludes: $RMR = 61 - 60 = 01$

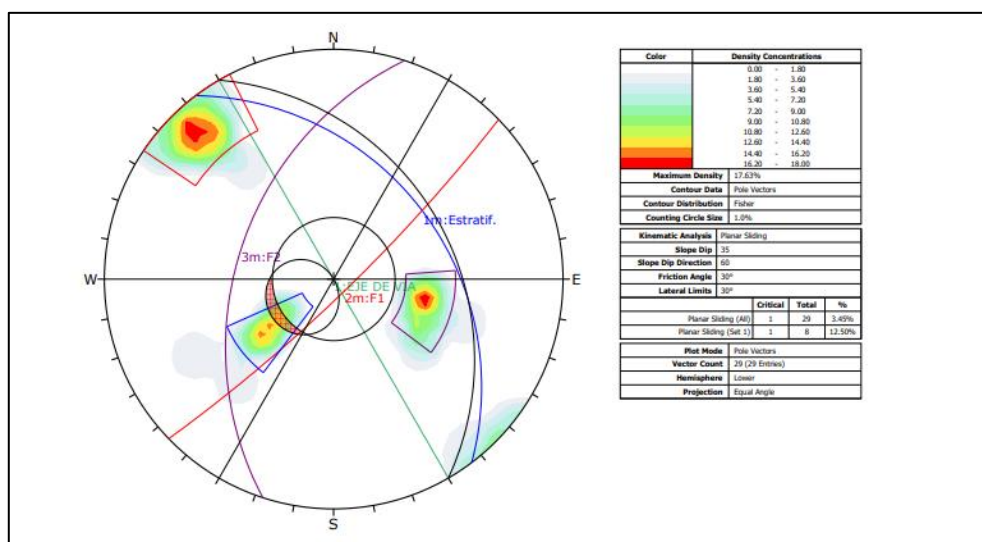
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase V (calidad muy mala).

Fotografía 21: Talud en roca frágil en la progresiva 12+240.



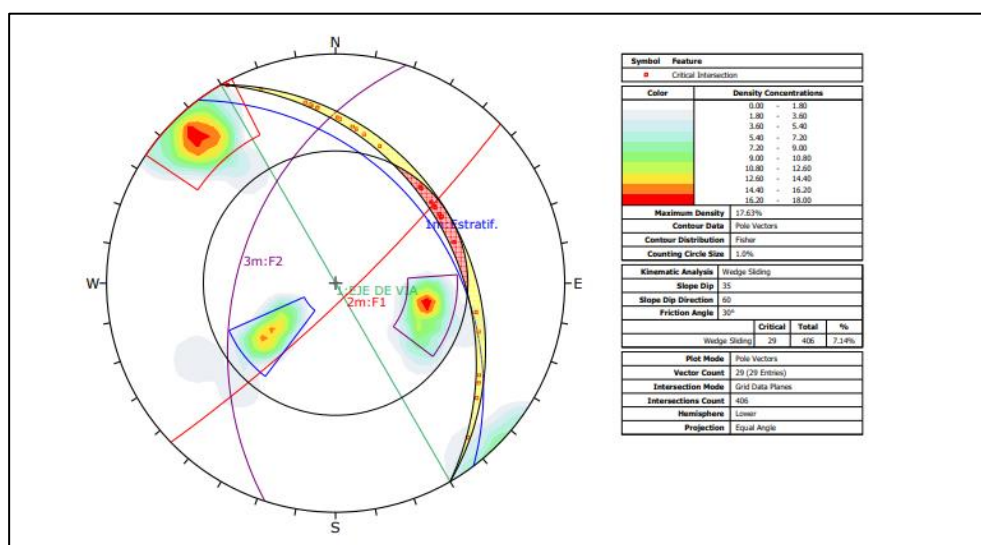
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 19: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 12+240.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 12+240.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Resultados de la Estación Geomecánica Km 12+240.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
12+000	12+280	12+240	47	290	60°	Caliza	3.5	60°	7.1	60°
			81	137			27.6	70°	42.9	70°
			44	53			-	-	-	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual de corte de 70° , se tiene un porcentaje de 27.59% de superficies susceptibles a fallas planares y 42.86 % de conjunciones en cuñas, estos valores bajan a 3.45% y 7.14%, respectivamente al bajar el ángulo de corte del talud a 60° , reduciendo la ocurrencia de fallas en los taludes de corte, también hay que considerar que se está recomendando la implementación de una banquetta para los taludes de corte, con lo que el talud resultante global será menor. En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

Figura 21: Estación Geomecánica Km 12+850.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 12+840 - 12+880	ESTACIÓN N°: 3 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	--

LITOLOGÍA:	Calizas de grano fino, color beige, , resistencia muy dura, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas Fm 1, 2 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.
UNIDAD:	Gpo. Pucará
EDAD:	Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES			
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1	F2
DIP:	67	77	50
DIP DIRECTION:	34	229	204

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,6-2	15
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		84

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy desfavorables

(-60). Para taludes: $RMR = 84 - 60 = 24$

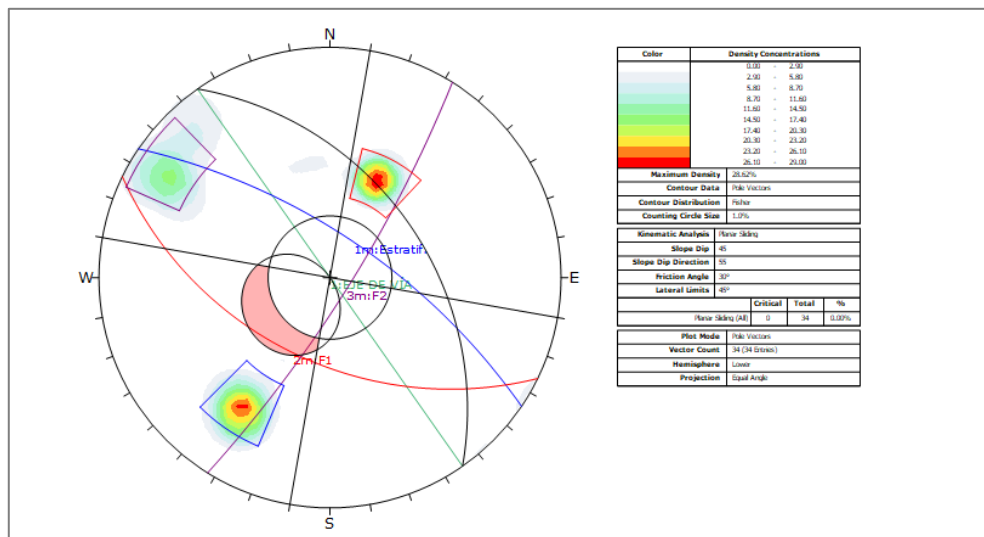
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase IV (calidad mala).

Fotografía 22: Talud rocoso en la progresiva 12+850.



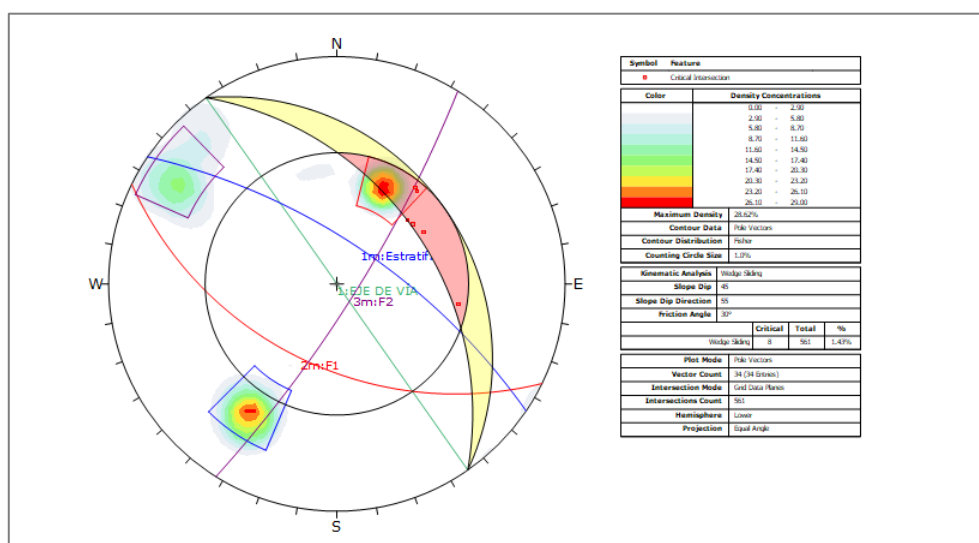
Fuente: Autoría propia.

Figura 22: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 12+850.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: *Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 12+850.*



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: *Resultados de la Estación Geomecánica Km 12+850.*

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
12+280	13+180	12+850	67	34	60°	Caliza	0.0	60°	1.4	60°
			77	129			2.9	50°	3.4	50°
			50	204			-	-	-	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual de corte de 70°, se tiene un porcentaje de 27.59% de superficies susceptibles a fallas planares y 42.86 % de conjunciones en cuñas, estos valores bajan a 3.45% y 7.14%, respectivamente al bajar el ángulo de corte del talud a 60°, reduciendo la ocurrencia de fallas en los taludes de corte, también hay que considerar que se está recomendando la implementación de una banquetta para los taludes de corte, con lo que el talud resultante global será menor. En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

Figura 24: Estación Geomecánica Km 14+110.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 14+080 - 14+120	ESTACIÓN N°: 4 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	--

LITOLOGÍA:	Calizas de grano fino, color beige, , resistencia muy dura, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó solo una familia de fracturas Fm 1 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.
UNIDAD:	Gpo. Pucará
EDAD:	Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1
DIP:	61	80
DIP DIRECTION:	64	149

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica ▼	0
Compresión simple	25-5 ▼	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75 ▼	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6 ▼	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20 ▼	1
Abertura (mm)	< 0,1 ▼	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa ▼	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m ▼	2
Alteraciones	Modera. Alteradament ▼	3
5 Agua freática		
Estado general	Seco ▼	15
Puntuación		69

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy desfavorables

(-60). Para taludes: $RMR = 69 - 60 = 09$

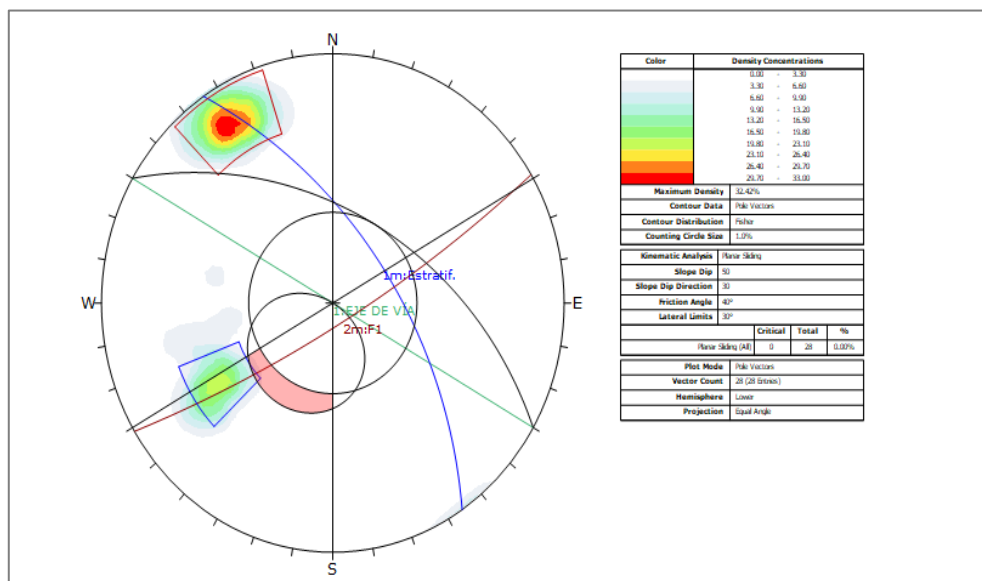
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase V (calidad muy mala).

Fotografía 23: Talud rocoso en la progresiva 14+110.



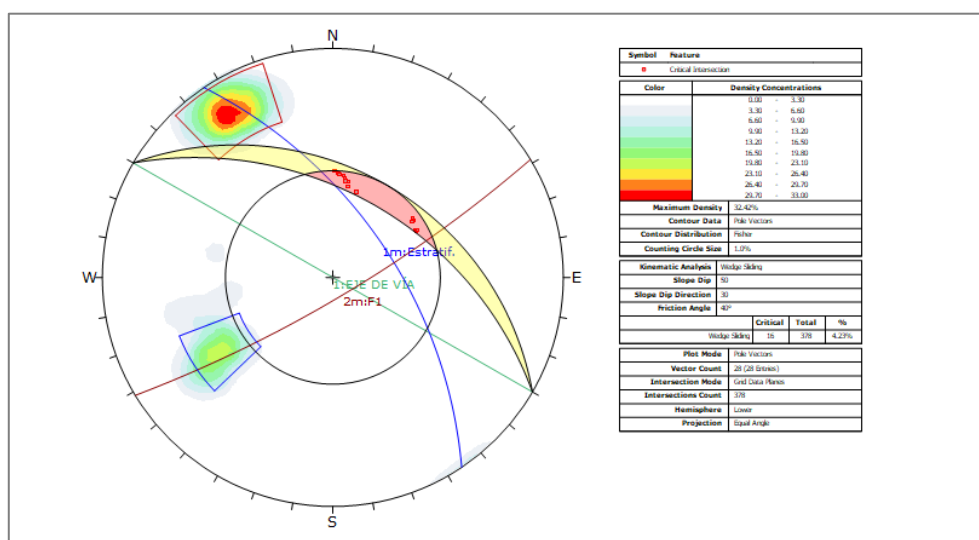
Fuente: Autoría propia.

Figura 25: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 14+110.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 14+110.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Resultados de la Estación Geomecánica Km 14+110.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
13+290	14+180	14+110	61	64	60°	Caliza	0.0	60°	4.2	60°
			80	149			14.3	65°	28.0	65°

Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual de corte de 65°, se tiene un porcentaje de 14.29% de superficies susceptibles a fallas planares y 28.04 % de conjunciones en cuñas, estos valores bajan a 0% y 4.23%, respectivamente al bajar el ángulo de corte del talud a 60°, reduciendo la ocurrencia de fallas en los taludes de corte, también hay que considerar que se está recomendando la implementación de una banquetta para los taludes de corte, con lo que el talud resultante global será menor. En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento del macizo rocoso.

Figura 27: Estación Geomecánica Km 14+430.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNIN - DEPARTAMENTO DE JUNIN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 14+400 - 14+440	ESTACIÓN N°: 5 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	--

LITOLOGÍA:	Calizas de grano fino, color beige, , resistencia muy dura, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó solo una familia de fracturas Fm 1 y planos de estratificación. Presencia de arcillas en superficie y rellenando planos de estratificación.
UNIDAD:	Gpo. Pucará
EDAD:	Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1
DIP:	56	61
DIP DIRECTION:	105	62

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	5-1	1
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Modera. Alteradament	3
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		63

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son de valoración medias

(-25). Para taludes: $RMR = 63 - 25 = 38$

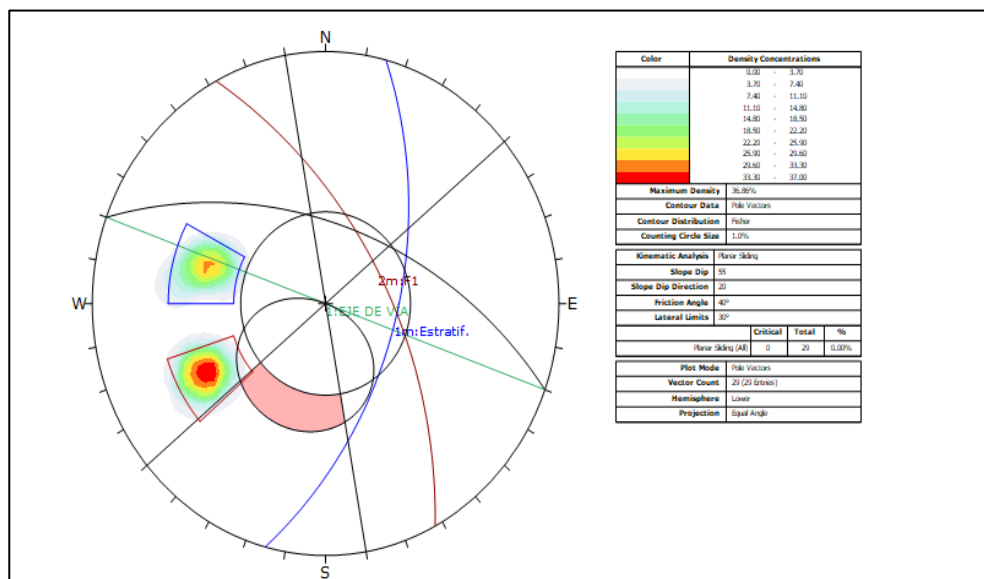
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase IV (calidad mala).

Fotografía 24: Talud rocoso en la progresiva 14+430.



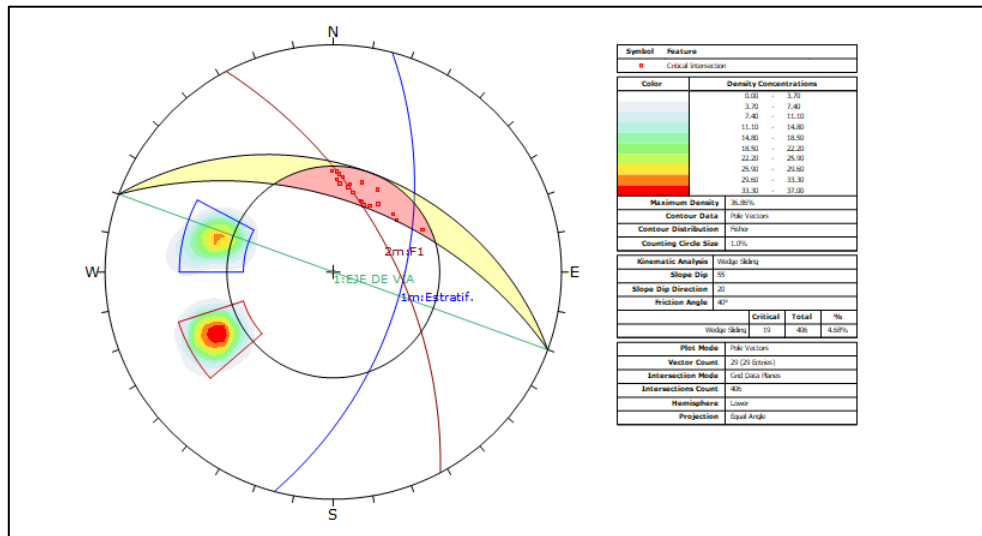
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 28: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 14+430.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 14+430.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Resultados de la Estación Geomecánica 14+430.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
14+240	14+460	14+430	56	105	65°	Caliza	0.0	65°	4.7	65°
			61	62			0.0	30°	0.0	30°

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo de talud actual (no existe corte) de 30°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 0 % de conjunciones en cuñas; se propone un nuevo ángulo de corte de 65°, las superficies susceptibles a fallas planares se mantienen constantes en 0% y las cuñas asciende 4.68%, por lo que se encuentran dentro de los límites aceptables. Se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

Figura 30: Estación Geomecánica Km 17+290.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 17+280 - 17+320	ESTACIÓN N°: 6
		FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834

LITOLOGÍA: UNIDAD: Gpo. Pucará EDAD: Mesozoico	Calizas de grano fino, color gris, nódulos de chert en superficie, resistencia muy dura, zona de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó solo una familia (estratificación).
---	---

COMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDAD		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	
DIP:	59	
DIP DIRECTION:	67	

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	50-25	4
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Inalterada	6
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		82

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son desfavorables (-50).

Para taludes: $RMR = 82 - 50 = 32$

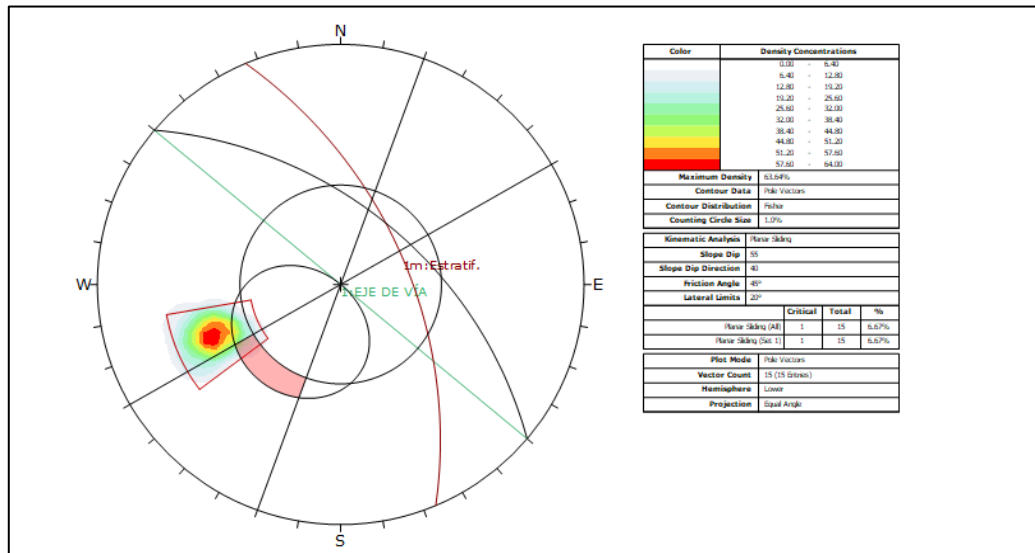
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase IV (calidad mala).

Fotografía 25: Talud rocoso en la progresiva Km 17+290.



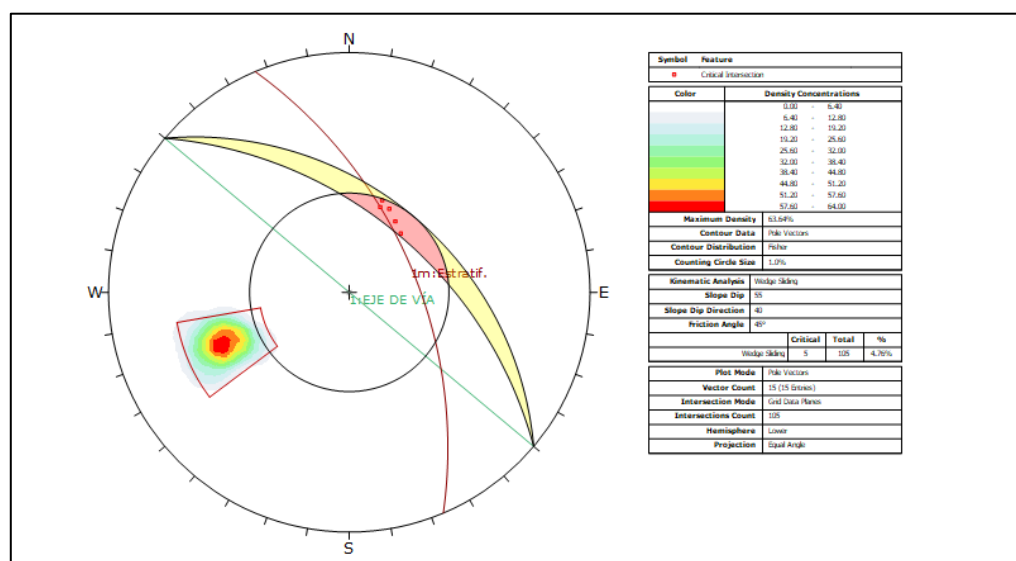
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 31: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 17+290.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 32: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 17+290.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Resultados de la Estación Geomecánica Km 17+290.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuañas (%)	grados
16+660	17+580	17+290	59	67	65°	Caliza	6.7	65°	4.8	65°
							0.0	35°	0.0	35°

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual (no existe corte) de 35°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 0 % de conjunciones en cuñas; al subir el ángulo de corte que se efectuará, las superficies susceptibles a fallas planares crecen a 6.37%, 4.75%, respectivamente, por lo que se encuentran dentro de los límites aceptables. Se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

Figura 33: Estación Geomecánica Km 20+460.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 20+440 - 20+480	ESTACIÓN N°: 7
		FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834

LITOLOGÍA: Calizas de grano fino, color gris, nódulos de chert en superficie, resistencia muy dura, fracturamiento leve, talud con inclinación de 30°. Zona crítica para el corte de carretera por estar alrededor de zona urbana.
UNIDAD: Gpo. Pucará
EDAD: Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1
DIP:	65	72
DIP DIRECTION:	125	246

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	100-50	7
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	> 5	0
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Inalterada	6
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		80

Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son de valoración medias (-25). Para taludes: $RMR = 80 - 25 = 55$

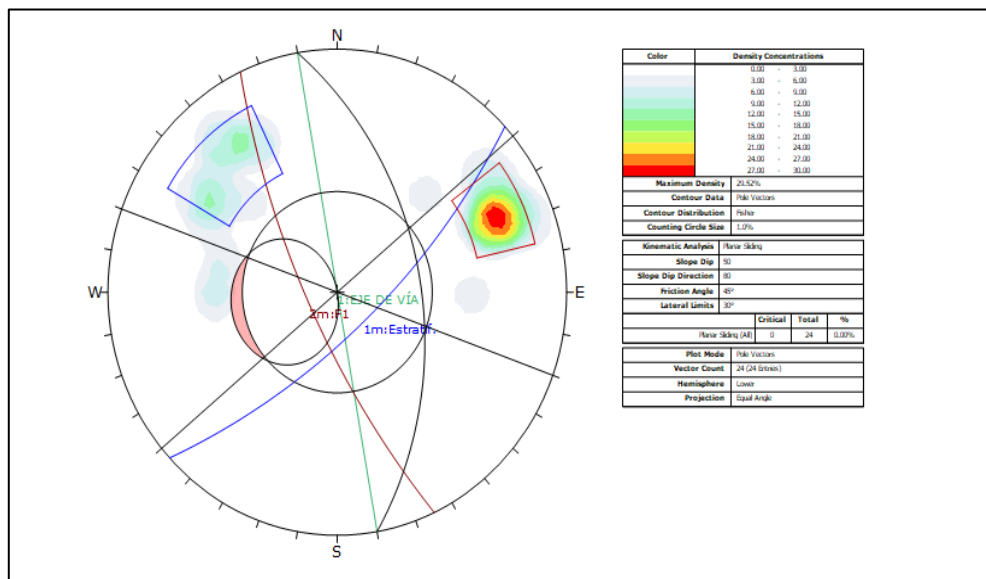
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase III (calidad media).

Fotografía 26: Talud rocoso en la progresiva Km 20+460.



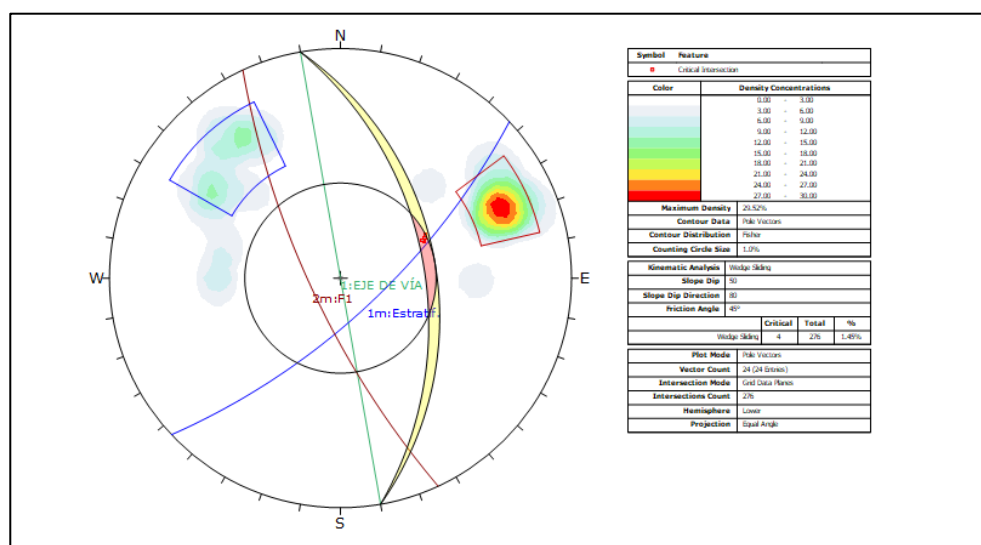
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 34: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 20+460.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 20+460.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Resultados de la Estación Geomecánica Km 20+460.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
20+390	21+370	20+460	69	125	60°	Caliza	0.0	70°	1.5	70°
			72	246			12.5	70°	19.2	70°

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual de corte de 70°, se tiene un porcentaje de 12.5% de superficies susceptibles a fallas planares y 19.2 % de conjunciones en cuñas, estos valores bajan a 0% y 1.45%, respectivamente al bajar el ángulo de corte del talud a 50°, reduciendo la ocurrencia de fallas en los taludes de corte, también hay que considerar que se está recomendando la implementación de una banquetta para los taludes de corte, con lo que el talud resultante global será menor.

En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada y monitoreo sísmico, ya que se encuentra aledaño a una zona urbana,

Figura 36: Estación Geomecánica Km 21+400.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECAÑICAS PROGRESIVA: Km. 21+360 - 21+420	ESTACIÓN N°: 8
		FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
LITOLOGÍA: Calizas de grano fino, color beige con tonalidades rojizas, venillas rellenas por agregados cristalinos de Calcita, resistencia del macizo rocoso ligeramente suave, se identificó el plano de estratificación y 1 familia de fracturas. UNIDAD: Gpo. Pucará EDAD: Mesozoico		

MEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDAD		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1
DIP:	43	57
DIP DIRECTION:	254	116

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	25-50	6
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	< 0,06	5
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	3-10	2
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		60

Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son favorables (-5). Para taludes: $RMR = 60 - 5 = 55$

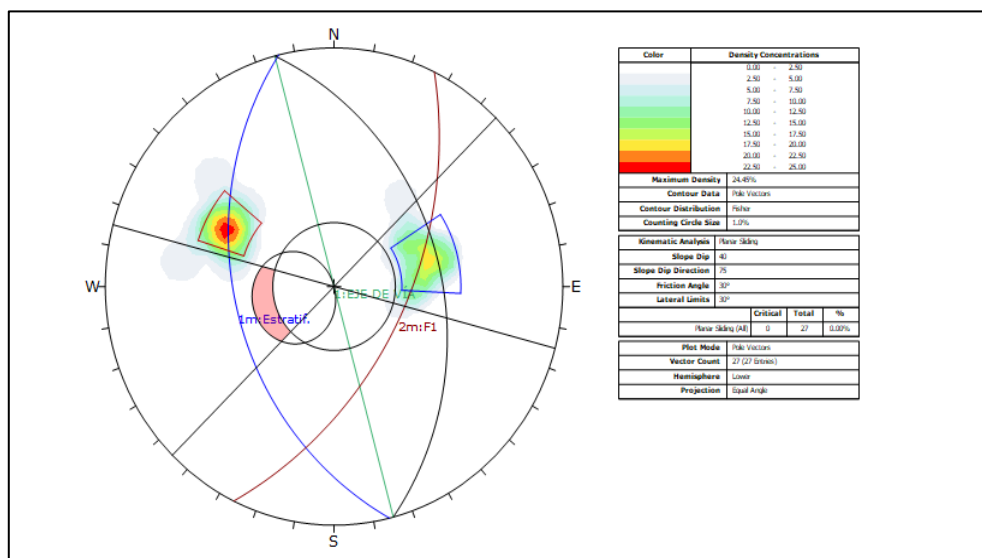
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase III (calidad media).

Fotografía 27: Talud Semi-rocoso gradando a suelos residuales en la progresiva Km 21+400.



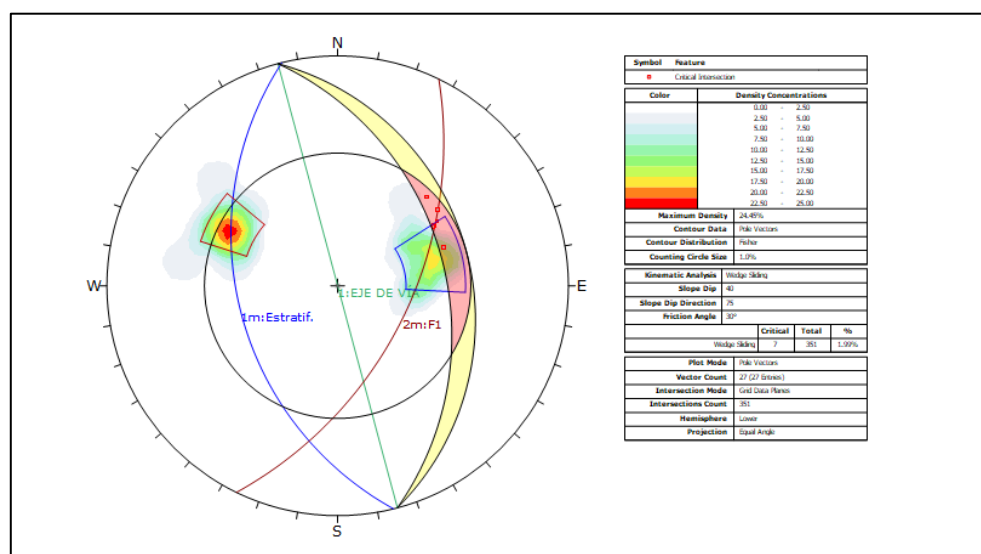
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 37: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 21+400.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 38: *Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 21+400.*



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: *Resultados de la Estación Geomecánica Km 21+400.*

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
21+370	23+380	21+400	43	254	65°	Caliza	0.0	65°	2.0	65°
			57	116			0.0	30°	0.0	30°

Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual (no existe corte) de 30°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 0 % de conjunciones en cuñas; al subir el ángulo de corte que se efectuará a 40°, las superficies susceptibles a fallas planares crecen a 0% y 1.99%, respectivamente, por lo que se encuentran dentro de los límites aceptables. Se recomienda realizar el corte del talud con maquinaria pesada, remover y desatar bancos suspendidos en la parte alta de la ladera.

Figura 39: Estación Geomecánica Km 23+640.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNIN - DEPARTAMENTO DE JUNIN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 23+620 - 23+660	ESTACIÓN N°: 9 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	--

LITOLOGÍA:	Calizas de grano fino, color gris oscuro, venillas rellenas por Calcita, resistencia del macizo rocoso dura a muy dura, se identificó el plano de estratificación y 1 familia de fracturas.
UNIDAD:	Gpo. Pucará
EDAD:	Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1
DIP:	52	63
DIP DIRECTION:	213	124

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica ▼	0
Compresión simple	25-5 ▼	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90 ▼	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6 ▼	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	3-10 ▼	2
Abertura (mm)	1-5 ▼	1
Rugosidad	Rugosa ▼	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm ▼	4
Alteraciones	Ligeramente Alterada ▼	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco ▼	15
Puntuación		76

Fuente: Elaboración propia

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy desfavorables (-60). Para taludes: $RMR = 76 - 60 = 16$

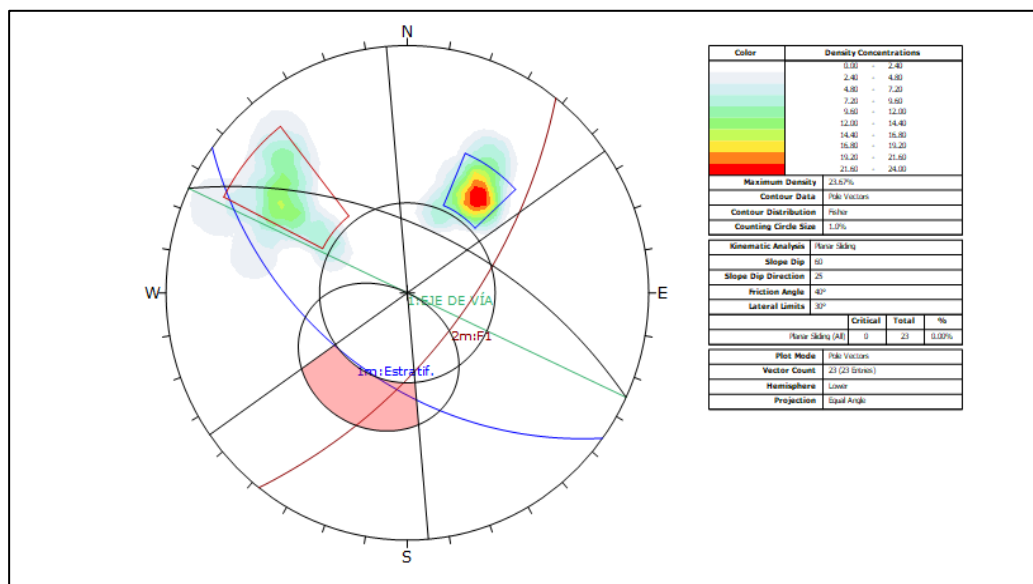
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase V (calidad muy mala).

Fotografía 28: Talud rocoso en la progresiva Km 23+640.



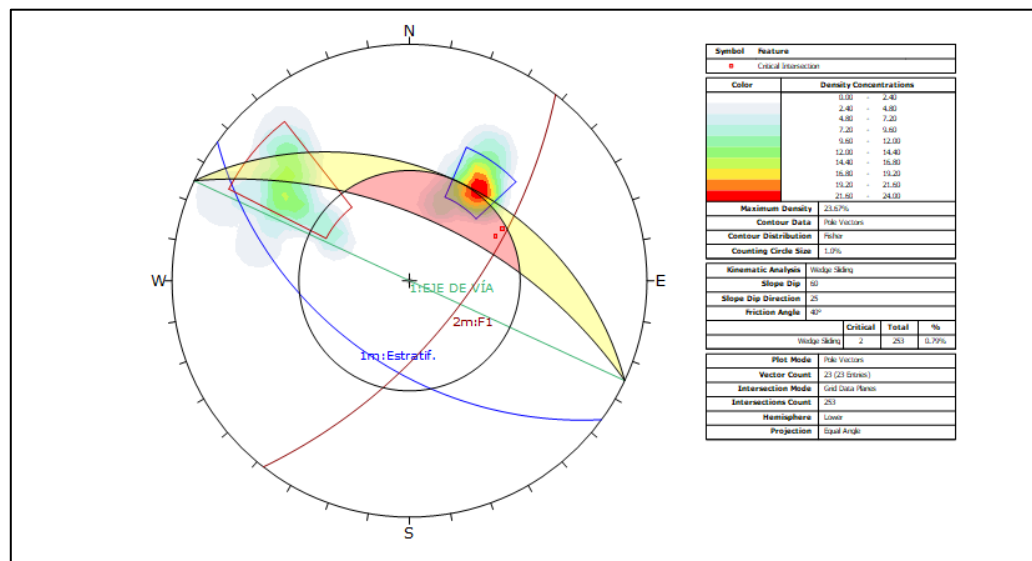
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 40: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 23+640.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 41: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 23+640.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Resultados de la Estación Geomecánica Km 23+640.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
23+380	24+060	23+640	52	213	70°	Caliza	0.0	60°	0.8	60°
			63	124			0.0	20°	0.0	20°

Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual (no existe corte) de 20°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 0 % de conjunciones en cuñas; al subir el ángulo de corte que se efectuará a 60°, las superficies susceptibles a fallas planares crecen a 0% y 0.79%, respectivamente, por lo que se encuentran dentro de los límites aceptables. Se recomienda realizar el corte del talud con maquinaria pesada, remover y desatar bancos suspendidos en la parte superior, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada y monitoreo sísmico, ya que se encuentra dentro del ANP – mirador.

Figura 42: Estación Geomecánica Km 28+040.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 28+020 - 28+060	ESTACIÓN N°: 10 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
--	---	---

LITOLOGÍA:	Calizas de grano fino, color beige parduzco, fracturamiento moderado a fuerte, se identificó el plano de estratificación y dos familias de juntas , resistencia del macizo rocoso ligeramente suave.
UNIDAD:	Gpo. Pucará
EDAD:	Mesozoico

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES			
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1	F2
DIP:	76	51	60
DIP DIRECTION:	79	142	113

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	50-25	4
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	1-3	4
Abertura (mm)	0,1 - 1,0	3
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Ninguno	6
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		75

Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy desfavorables

(-60). Para taludes: $RMR = 75 - 60 = 15$

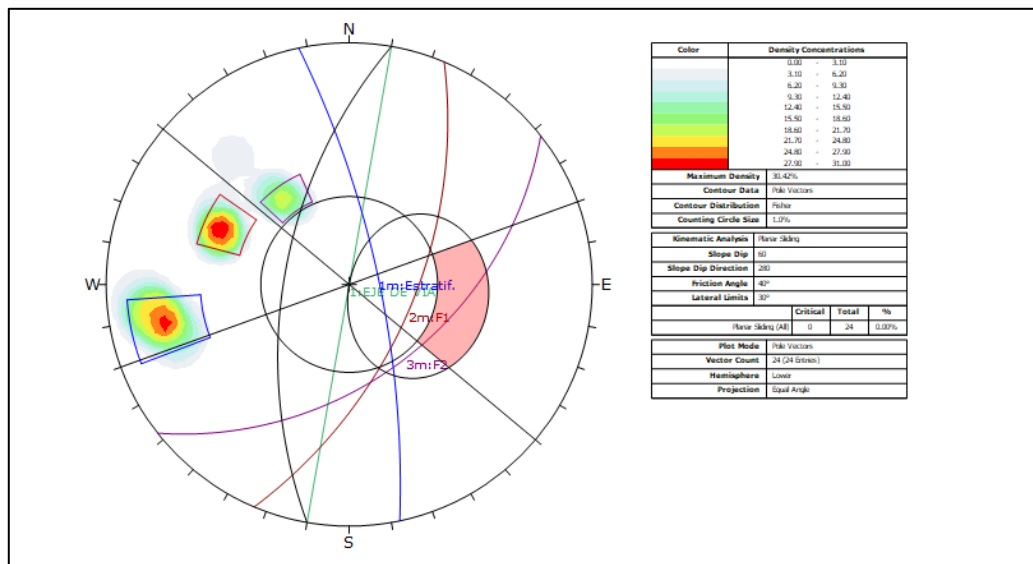
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase V (calidad muy mala).

Fotografía 29: rocoso en la progresiva Km 28+040.



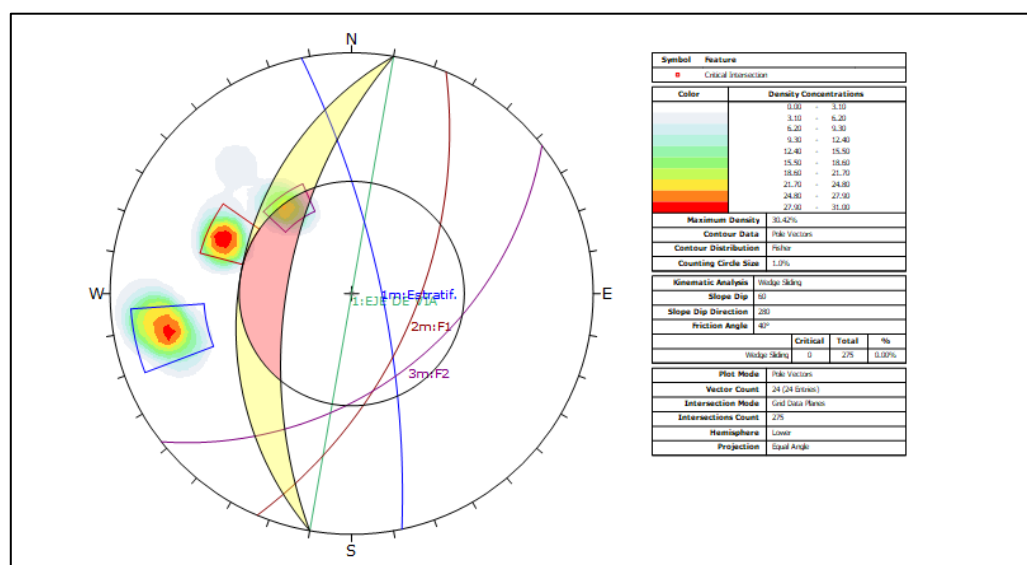
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 43: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 28+040.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 44: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 28+040.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Resultados de la Estación Geomecánica Km 28+040.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
27+500	28+150	28+040	51	142	60°	Caliza	0.0	60°	0.0	60°
			60	113			-	-	-	-
			76	79			-	-	-	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que el ángulo actual de corte es de 60°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 0% de conjunciones en cuñas, por lo que se considera mantener el mismo ángulo de corte.

En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

Figura 45: Estación Geomecánica Km 29+010.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS PROGRESIVA: Km. 28+990 - 29+030	ESTACIÓN N°: 11 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
LITOLOGÍA: Zona de falla geológica, calizas y limolitas muy alteradas, estratificación (Az. N155° - Bz. 50°) color beige parduzco, resistencia muy débil, dirección promedio de la familia de fallas (Az. N340° - Bz. 80°) y tensional promedio (Az. N185° - Bz. 68°). Dando como resultado una zona muy inestable para el asentamiento del afirmado y asfalto. UNIDAD: Gpo. Pucará EDAD: Mesozoico		

PROMEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDADES			
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1	F2
DIP:	56	68	79
DIP DIRECTION:	247	274	70

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación		Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)			
Ensayo de carga puntual	No aplica		0
Compresión simple	5-1		1
2 Índice RQD de la roca			
RQD (%)	< 25		3
3 Separación entre diaclasas			
Separación entre diaclasas (m)	0,06-0,2		8
4 Estado de las discontinuidades			
Longitud de la discontinuidad (m)	> 20		0
Abertura (mm)	1-5		1
Rugosidad	Suave		0
Relleno	Relleno blando, < 5 m		2
Alteraciones	Descompuesta		0
5 Agua freática			
Estado general	Húmedo		7
Puntuación			37

Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son muy favorables (0).

Para taludes: $RMR = 37 - 0 = 37$

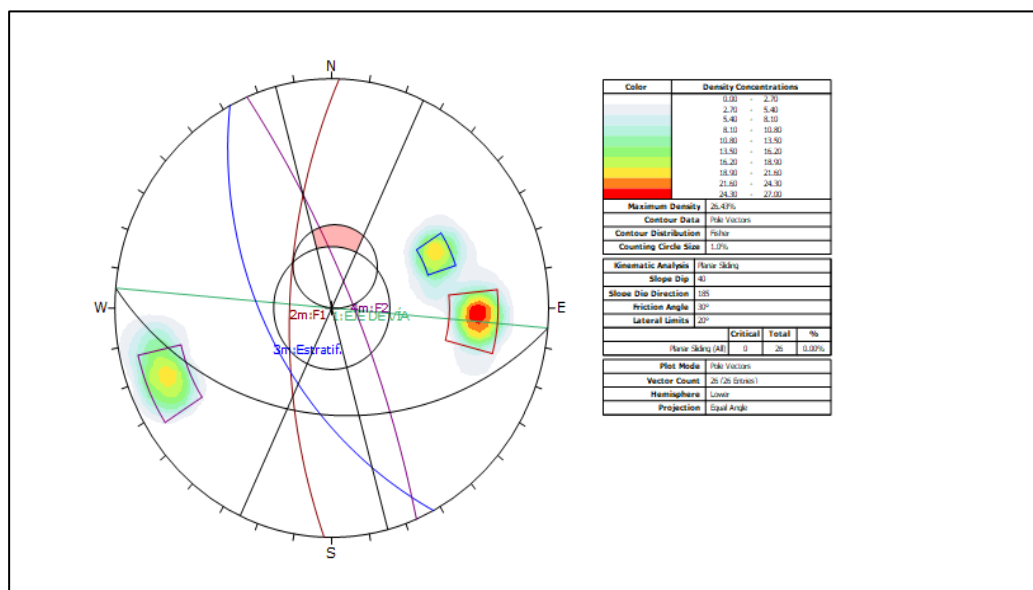
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase IV (calidad mala).

Fotografía 30: Zona de falla geológica, talud rocoso alterado en corte de carretera, presencia de panizo y desprendimiento de bloques, progresiva Km 29+010.



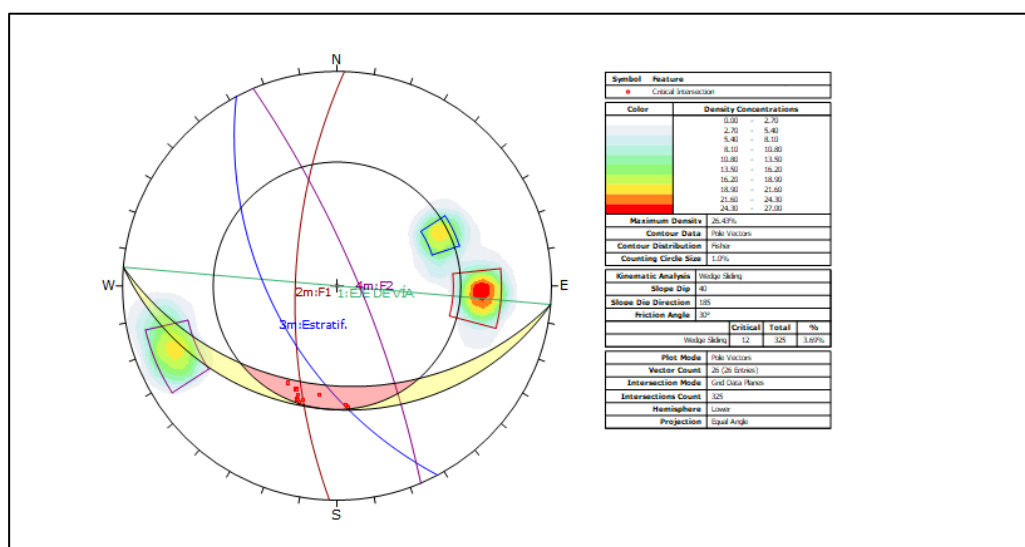
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 46: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 29+010.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 47: Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 29+010.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Resultados de la Estación Geomecánica Km 29+010.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
28+900	29+160	29+010	56	247	40°	Caliza	0.0	40°	3.7	40°
			68	274			0.0	80°	31.1	80°
			79	70			-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual de corte en el sector de la falla es de 80°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 31.08% de conjunciones en cuñas, estos valores disminuyen a 0% y 3.69%, respectivamente al bajar el ángulo de corte del talud a 40°, reduciendo la ocurrencia de fallas en los taludes de corte, también hay que considerar que se está recomendando la implementación de un proceso de mejora en todo este sector, siendo los principales para el talud, un bajo grado de corte y una banquetta en la cabecera del talud.

En el proceso de corte del talud se espera la presencia de algunas cuñas las que se deberán desatar, así mismo se recomienda realizar movimiento de material con maquinaria, ya que una voladura podría generar mayores daños a esta zona de riesgo.

Figura 48: Estación Geomecánica Km 42+280.

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES - SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"	FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS	ESTACIÓN N°: 12 FECHA: Jul-20 CUI N°: 288834
PROGRESIVA: Km. 42+400 - 42+440		
LITOLOGÍA:	Afloramiento de calizas de grano muy fino de color beige y blanquecino, alteración asociado a un hidrotermalismo, intensa silicificación y oxidación asociada a fracturas, fracturamiento moderado. Resistencia del macizo rocoso moderada. Se reconocen dos familias de juntas (plano de estratificación y Fm.1)	
UNIDAD:	Gpo. Pucará	
EDAD:	Mesozoico	

MEDIO DE MEDIDAS DE DISCONTINUIDAD		
TIPO DE PLANO:	Estrat.	F1
DIP:	26	68
DIP DIRECTION:	237	159

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	50-25	4
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	0,1 - 1,0	3
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Ninguno	6
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		74

Fuente: Elaboración propia.

Corrección por orientación de las discontinuidades:

Las direcciones y buzamientos de las discontinuidades son de valoración medias

(-25). Para taludes: $RMR = 74 - 50 = 24$

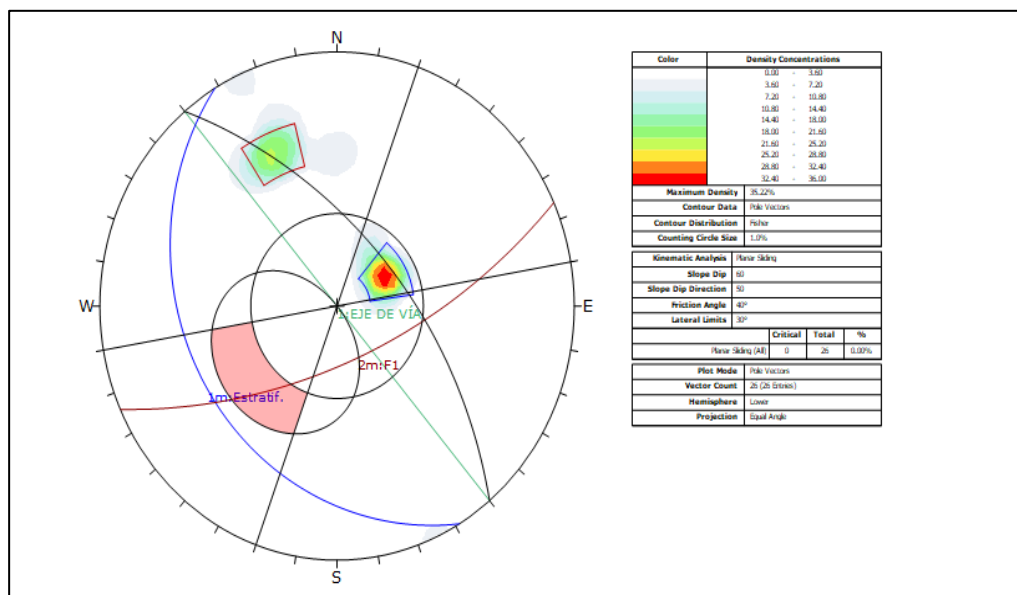
Por lo cual el macizo rocoso se clasifica para taludes como: Clase IV (calidad mala).

Fotografía 31: Talud rocoso en la progresiva Km 42+280.



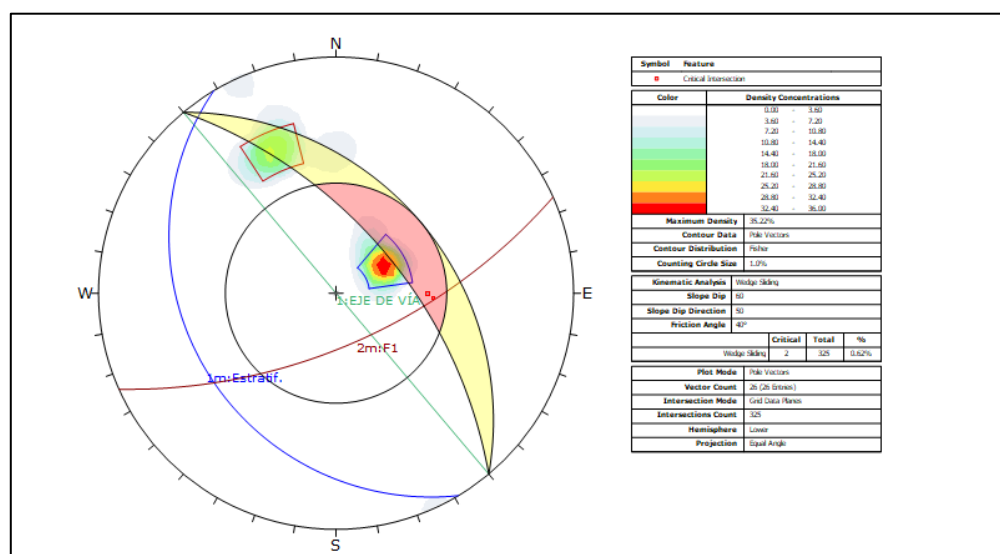
Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 49: Análisis de Estabilidad por Falla Planar E.G. Km 42+280.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50: *Análisis de Estabilidad por Falla Cuña E.G. Km 42+280.*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: *Resultados de la Estación Geomecánica Km 42+430.*

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
42+380	42+520	42+430	26	237	60°	Caliza	0.0	60°	0.6	60°
			68	159			0.0	20°	0.0	20°

Fuente: Elaboración propia.

El análisis efectuado muestra que con el ángulo actual (no existe corte) de 20°, se tiene un porcentaje de 0% de superficies susceptibles a fallas planares y 0 % de conjunciones en cuñas; al subir el ángulo de corte que se efectuará a 60°, las superficies susceptibles a fallas planares crecen a 0% y 0.62%, respectivamente, por lo que se encuentran dentro de los límites aceptables. Se recomienda realizar en esta zona voladura controlada con la finalidad de minimizar el sobre fracturamiento de la matriz rocosa.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

La evaluación de la estabilidad de taludes mediante la caracterización geológica, geomecánica y el análisis influye significativamente en el mejoramiento de la carretera JU-100, Tramo Junín – San Pedro de Pari.

4.3.2. Prueba de hipótesis

Para constatar la hipótesis planteada, se realizó la caracterización geológica y geomecánica del macizo rocoso a lo largo del tramo en estudio, aplicando sistemas de clasificación como el RMR, así como el análisis de estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite, considerando los principales mecanismos de falla.

Los resultados obtenidos permitieron identificar sectores críticos con macizos rocosos de calidad mala a muy mala, en los cuales la orientación estructural y el grado de fracturamiento influyen directamente en la geometría de los taludes y en los valores del factor de seguridad. El análisis efectuado posibilitó calcular los factores de seguridad bajo condiciones reales de campo y definir medidas correctivas orientadas a mejorar la estabilidad de los taludes.

Asimismo, se establecieron geometrías de talud más seguras, con la propuesta de ángulos de corte adecuados, implementación de drenes horizontales y optimización de la geometría del corte, contribuyendo a garantizar la estabilidad y continuidad operativa de la vía.

En función de los resultados obtenidos, se concluye que el análisis de estabilidad de taludes influye significativamente en el mejoramiento de la carretera JU-100, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1)

Hipótesis específica 1

Las características geológicas de la zona de estudio influyen de manera positiva en la estabilidad de los taludes durante el mejoramiento de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari.

Prueba de hipótesis

El estudio geológico del tramo Junín – San Pedro de Pari permitió identificar unidades litológicas con diferentes comportamientos geomecánicos, así como la presencia de fracturamiento, planos de estratificación y depósitos cuaternarios, los cuales influyen directamente en la geometría de los taludes, en los mecanismos de falla identificados y en los valores del factor de seguridad.

Los resultados del análisis de estabilidad evidencian que las características geológicas condicionan la necesidad de realizar ajustes geométricos y aplicar medidas de estabilización, permitiendo definir soluciones técnicas adecuadas para el mejoramiento de la carretera y alcanzar factores de seguridad aceptables.

En consecuencia, se concluye que las características geológicas de la zona del proyecto influyen positivamente en el mejoramiento de la carretera JU-100, por lo que se acepta la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 2

Los parámetros geotécnicos de los materiales que conforman los taludes influyen de manera directa en la estabilidad de los taludes del tramo Junín – San Pedro de Pari de la carretera JU-100.

Prueba de hipótesis

El análisis geotécnico realizado a partir de las estaciones geomecánicas permitió determinar los parámetros geotécnicos del macizo rocoso, tales como cohesión, ángulo

de fricción, grado de fracturamiento y calidad del macizo, reflejados en los valores del índice RMR.

Los resultados obtenidos evidencian que, en sectores donde predominan calizas compactas y macizos de calidad regular a buena, es posible diseñar taludes estables con factores de seguridad adecuados. Estos parámetros geotécnicos permitieron definir geometrías de corte seguras y seleccionar medidas de estabilización acordes a las condiciones del terreno.

Por lo tanto, se concluye que las características geotécnicas influyen favorablemente en el mejoramiento de la carretera JU-100, aceptándose la hipótesis específica formulada.

Hipótesis específica 3

El factor de seguridad es influenciado por las condiciones hidrogeológicas presentes en la estabilidad de los taludes de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari.

Prueba de hipótesis

Los resultados del análisis de estabilidad muestran que, al considerar la condición seca, los taludes presentan factores de seguridad relativamente mayores, cumpliendo en algunos sectores con el criterio mínimo de estabilidad. Sin embargo, al incorporar la condición saturada, asociada a la presencia de agua subterránea, filtraciones y aumento de la presión de poros, se observa una disminución significativa del factor de seguridad en los taludes analizados.

En varios sectores del tramo Junín – San Pedro de Pari, los valores de FS bajo condición saturada resultan menores a 1.5, evidenciando un incremento del riesgo de inestabilidad respecto a la condición seca.

Se concluye que las condiciones de saturación del talud, asociadas a la presencia de nivel freático somero y filtraciones, influyen negativamente en la estabilidad de los taludes del tramo Junín – San Pedro de Pari, ya que reducen el factor de seguridad respecto a la condición seca, confirmando la hipótesis planteada.

Durante el desarrollo del estudio se evaluó la presencia de agua subterránea, infiltraciones y condiciones de saturación del macizo rocoso, las cuales influyen negativamente en la estabilidad de los taludes al reducir los valores del factor de seguridad.

Sin embargo, el análisis de estabilidad permitió ajustar la geometría de los taludes e incorporar medidas técnicas como sistemas de drenaje, logrando mantener factores de seguridad mayores o iguales a los valores recomendados para obras viales. Esto demuestra que el factor de seguridad constituye el principal criterio técnico para garantizar la estabilidad de los taludes, incluso en presencia de condiciones hidrogeológicas desfavorables.

En consecuencia, se acepta la hipótesis específica planteada.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados muestran que la zona está compuesta principalmente por calizas del Grupo Pucará con variabilidad en resistencia, fracturamiento y grado de meteorización. Se identificaron sectores con macizos de calidad media (Clase III), pero también zonas donde el macizo rocoso presenta calidad baja a muy mala (Clase IV y V), especialmente en áreas con elevado fracturamiento, buzamientos desfavorables y presencia de estratos delgados. Esto coincide con lo afirmado por Hoek & Brown (2019), quienes señalan que la resistencia y comportamiento del macizo rocoso dependen fuertemente de la estructura y orientación de discontinuidades.

Asimismo, la presencia de una falla geológica en la progresiva 28+960 reduce significativamente la calidad del macizo, generando un comportamiento geomecánico más inestable. Este hallazgo se relaciona con Cruden & Varnes (1996), quienes indican que zonas falladas o fuertemente fracturadas incrementan la probabilidad de deslizamientos debido a la reducción del esfuerzo normal efectivo y la pérdida de cohesión de bloques.

En consecuencia, las características geológicas identificadas coinciden plenamente con la teoría y explican la heterogeneidad de los factores de seguridad obtenidos en los análisis

Estos resultados coinciden con los antecedentes internacionales señalan que la inestabilidad de taludes es un fenómeno frecuente en regiones montañosas debido a la combinación de litologías complejas, discontinuidades estructurales y factores climáticos. Cruden y Varnes (1996) establecen que la presencia de planos de discontinuidad, meteorización intensa y fracturamiento, como se identificó en varios sectores del tramo JU-100, incrementan significativamente la probabilidad de deslizamientos. Esto coincide con los hallazgos en estaciones como Km 12+240 y Km 12+850, donde los buzamientos desfavorables generan condiciones propicias para fallas planares y en cuña.

Los análisis de estabilidad realizados con métodos de equilibrio límite para falla planar, cuña y deslizamiento circular mostraron que:

- En varias estaciones (como Km 12+240, Km 12+850 y Km 20+460), el ángulo de corte actual de 70° representa riesgos elevados, con porcentajes significativos de superficies susceptibles a fallas planares y combinaciones en cuña.
(Ej.: 27.59% falla planar y 42.86% falla cuña en Km 12+240).

- La reducción del ángulo de corte entre 45° y 60°, según el caso, disminuye drásticamente los porcentajes de superficies susceptibles, en concordancia con los principios de estabilidad planteados por Wyllie & Mah (2014), quienes afirman que disminuir la pendiente aumenta el factor de seguridad al reducir las fuerzas actuantes paralelas al talud.
- En estaciones donde no existía corte previo (ej.: Km 23+640 y Km 42+430), los análisis indican porcentajes mínimos de fallas incluso aumentando el ángulo de corte propuesto, lo cual confirma que la geometría natural del macizo ya es favorable.

Los resultados indican que la inestabilidad no es generalizada, sino localizada, dependiente del grado de fracturamiento, orientación de discontinuidades y condiciones geológicas particulares.

En comparación con los antecedentes nacionales, en el contexto peruano, los problemas de inestabilidad de taludes están ampliamente documentados debido a la complejidad geológica de los Andes.

Los sectores evaluados reflejan esta problemática nacional, especialmente en progresivas como Km 20+460, donde el macizo rocoso fracturado presenta un riesgo significativo si no se ajusta la geometría de corte.

A nivel nacional también se destaca la influencia de la pluviometría y procesos de meteorización acelerada, que facilitan la degradación de taludes. La tesis evidencia esta condición al encontrar zonas con saturación, fracturamiento y desprendimientos, tal como se reporta en estudios realizados en regiones montañosas de Junín, Pasco y Cajamarca.

Por ello, los antecedentes nacionales confirman que los problemas identificados en el tramo JU-100 son consistentes con la realidad geotécnica del país y refuerzan la

necesidad de estrategias de mitigación como drenaje, reducción del ángulo de corte y voladura controlada.

La comparación de los resultados con los antecedentes internacionales y nacionales demuestra que los mecanismos de inestabilidad identificados en el mejoramiento de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari son típicos de zonas montañosas con litología sedimentaria fracturada. Asimismo, confirma que la metodología empleada es adecuada y que las soluciones propuestas son coherentes y efectivas. Esto consolida la validez técnica del estudio y su aporte al mejoramiento de la infraestructura vial en el Perú.

CONCLUSIONES

- La evaluación integral de la estabilidad de taludes permitió contribuir de manera significativa al mejoramiento de la carretera JU-100, tramo Junín – San Pedro de Pari, al definir geometrías de talud seguras y técnicamente viables para garantizar la seguridad vial a largo plazo.
- Las características geológicas del área de estudio influyen directamente en la estabilidad de los taludes, condicionando los mecanismos de falla y los valores del factor de seguridad a lo largo del tramo evaluado.
- Los parámetros geotécnicos obtenidos mediante el análisis de estaciones geomecánicas permitieron clasificar el macizo rocoso y establecer ángulos de talud adecuados para cada sector de la vía.
- El factor de seguridad constituye el principal criterio de diseño para garantizar la estabilidad de los taludes, siendo posible mantener valores aceptables incluso en presencia de condiciones hidrogeológicas desfavorables mediante la aplicación de medidas correctivas.
- El uso de métodos de equilibrio límite permitió identificar sectores críticos y proponer soluciones técnicas que aseguran la estabilidad de los taludes y la continuidad operativa de la carretera.

RECOMENDACIONES

- Incorporar el análisis de estabilidad de taludes como parte obligatoria de los estudios geotécnicos en proyectos de mejoramiento vial en zonas con condiciones geológicas y geotécnicas similares.
- Implementar las geometrías de talud y medidas de estabilización propuestas, especialmente en los sectores con macizos rocosos de calidad mala a muy mala.
- Incorporar y mantener sistemas de drenaje superficial, como drenes horizontales, cunetas revestidas y canales de coronación, especialmente en los sectores donde la presencia de agua subterránea, infiltración o procesos de meteorización acelerada reducen el factor de seguridad del talud.
- Realizar un monitoreo periódico del comportamiento de los taludes, especialmente durante la temporada de lluvias, a fin de verificar que los factores de seguridad se mantengan dentro de los valores recomendados y prevenir la reactivación de procesos de inestabilidad.
- Considerar, en futuros proyectos de mejoramiento vial en zonas con características geológicas similares, la evaluación previa de la estabilidad de taludes como parte obligatoria del diseño, incorporando análisis geomecánicos, hidrogeológicos y métodos de equilibrio límite.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cobbing, J., Quispesivana, L., & Paz, M. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Óndores* (Boletín N.º 77, Serie A: Carta Geológica Nacional). INGEMMET.
- De Matteis, Á. F. (2003). *Estabilidad de taludes. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura*, Universidad Nacional de Rosario.
- Hoek, E., & Brown, E. T. (2019). *The Hoek–Brown failure criterion and GSI – 2019 edition*. CRC Press.
- Jiménez Salas, J., De Justo Alpañés, A., & Serrano, A. (1981). *Geotecnia y cimientos. Tomo II: Mecánica del suelo y de las rocas*. Editorial Rueda.
- Sackschewski, A. (2017). *Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre los km 102 y 110*.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1972). *Mecánica de suelos*. Editorial Limusa – Wiley.
- Turner, A. K., & Schuster, R. L. (Eds.). (2012). *Landslides: Investigation and mitigation* (Special Report No. 247). Transportation Research Board, National Research Council.
- Paredes Cárdenas, L. A. (2017). *Análisis de estabilidad de taludes en carreteras departamentales de la región Junín*.
- Rengifo Luján, J. P. (2018). *Análisis de estabilidad de taludes en carreteras de acceso a zonas mineras de la región Pasco*.
- Rodríguez, R., Cueva, E., & Carlotto, V. (2011). *Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco*, (Boletín N.º 144, Serie A: Carta Geológica Nacional). INGEMMET.
- Ruiz, V., & Gonzales, H. (2002). *Geología aplicada a la ingeniería civil*.
- Mecánica de Suelos ABC Chile. (s.f.). *Estabilidad de taludes*.
<https://www.mecanicasuelosabcchile.com/estabilidad-talud/>

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Fotos de Equipos Utilizados.



Tabla de Muestras Litológicas Tomadas.

MUESTRA	PROGRESIVA	COORDENADAS UTM-WGS84		
		ESTE-E	NORTE-N	COTA (m.s.n.m)
M-01	4+720	386155	8765441	4115
M-02	6+040	385378	8766775	4113
M-03	12+250	380450	8769592	4114
M-04	12+850	380122	8770093	4114
M-05	14+110	379273	8770978	4106
M-06	14+420	379005	8771135	4110
M-07	16+000	377890	8772053	4102
M-08	16+120	377776	8772094	4103
M-09	17+290	376980	8772943	4107
M-10	21+400	374334	8775628	4107
M-11	23+130	373693	8777173	4128
M-12	23+640	373426	8777570	4109
M-13	24+080	373028	8777710	4089
M-14	25+160	372291	8778375	4023
M-15	28+310	370163	8778746	4134
M-16	28+850	369731	8778657	4153
M-17	29+020	369596	8778729	4157
M-18	30+960	368327	8780083	4155
M-19	33+830	366995	8782589	4141
M-20	42+430	363664	8790254	4110

Clasificación RMR – Bieniawski – Estaciones Geomecánicas Realizadas.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)																																												
Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN" PROGRESIVA: Km. 4+720 - 4+760 Estación Geomecánica: 1			Litología: Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas Fm 1, 2 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera. Unidad: Gpo. Pucará Edad: Mesozoico																																									
			Fecha: Jul/2020 CUI N°: 2342631																																									
CLASIFICACIÓN RMR																																												
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]																																								
Mala	IV	10 horas con 2,5 m de vano	1-2	15-25																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Dirección Perpendicular al Eje de la obra</th> <th colspan="2">Dirección Paralelo al Eje de la obra</th> <th rowspan="3">Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Excav. Con buzamiento.</th> <th colspan="2">Excav. Contra buzamiento</th> <th>Buz 45° - 90°</th> <th>Buz 20° - 45°</th> </tr> <tr> <th>Buz 45° - 90°</th> <th>Buz 20° - 45°</th> <th>Buz 45°-90°</th> <th>Buz 20° - 45°</th> <th>Buz 45° - 90°</th> <th>Buz 20° - 45°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy favorable</td> <td>Favorable</td> <td>Medio</td> <td>Desfavorable</td> <td>Muy desfavorable</td> <td>Medio</td> <td>Desfavorable</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> <td colspan="2"> </td> <td colspan="2"> </td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°</td> <td colspan="2">CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°</td> <td colspan="2">CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección	Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable								CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección																																						
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°																																							
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°																																							
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable																																						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°																																								
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa) Ensayo de carga puntual: No aplica (0) Compresión simple: 100-50 (7)		2 Índice RQD de la roca RQD (%): 75-90 (17)																																										
3 Separación entre diaclasas Separación entre diaclasas (m): 0,2-0,6 (10)		4 Estado de las discontinuidades Longitud de la discontinuidad (m): 10-20 (1) Abertura (mm): < 0,1 (5) Rugosidad: Ligeramente rugosa (3) Relleno: Relleno duro, < 5 mm (4) Alteraciones: Ligeramente Alterada (5)																																										
5 Agua freática Caudal por 10 m de tunel: (0) Presión agua/Tensión principal mayor: 0 (15) Estado general: Seco (15)		Puntuación : 22																																										
Corrección por discontinuidades		Clasificación	Puntuación																																									
Túneles		No aplica	0																																									
Cimentaciones		No aplica	0																																									
Taludes		Muy Desfavorable	-60																																									

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 12+220 - 12+260

Estación Geomecánica: 2

Litología: Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas Fm 1, 2 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.

Fecha: Jul/2020

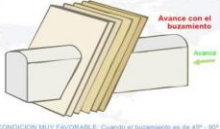
CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	5-1	1
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,06-0,2	8
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	0,1 - 1,0	3
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		61
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Buena	II	6 meses con 8 m de vano	3-4	35-45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 80° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°				CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 80° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 80° CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 12+840 - 12+880

Estación Geomecánica: 3

Litología: Calizas de grano fino, color beige, , resistencia muy dura, zona para futuro
de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó dos familias de fracturas Fm 1, 2 y
planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.

Fecha: Jul/2020

CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,6-2	15
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		84
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Muy buena	I	10 años con 15 m de vano	> 4	> 45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 80° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 14+080 - 14+120

Estación Geomecánica: 4

Litología: Calizas de grano fino, color beige, , resistencia muy dura, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó solo una familia de fracturas Fm 1 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.

Fecha: Jul/2020

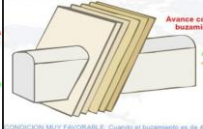
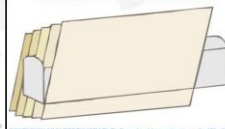
CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Modera. Alteradament	3
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		69
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Buena	II	6 meses con 8 m de vano	3-4	35-45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA - ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 14+400 - 14+440

Estación Geomecánica: 5

Litología: Calizas de grano fino, color beige, resistencia muy dura, zona para futuro de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó solo una familia de fracturas Fm 1 y planos de estratificación. Presencia de arcillas en superficie y rellenando planos de estratificación.

Fecha: Jul/2020

CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	5-1	1
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Moderada Alteración	3
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		63
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR

Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Buena	II	6 meses con 8 m de vano	3-4	35-45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.	Excav. Contra buzamiento.	Excav. Con buzamiento.	Excav. Contra buzamiento.	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento sea de 60° - 80° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento sea de 20° - 45°				CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento sea de 60° - 80° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento sea de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 17+280 - 17+320

Estación Geomecánica: 6

Litología: Calizas de grano fino, color gris, nódulos de chert en superficie, resistencia muy dura, zona de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó solo una familia (estratificación).

Fecha: Jul/2020

CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	50-25	4
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Inalterada	6
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		82
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR

Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm²]	Angulo de rozamiento [°]
Muy buena	I	10 años con 15 m de vano	> 4	> 45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICION REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICION DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICION MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICION FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICION MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICION REGULAR: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 20+440 - 20+480

Estación Geomecánica: 7

Litología: Calizas de grano fino, color gris, nódulos de chert en superficie, resistencia muy dura, fracturamiento leve, talud con inclinación de 30°. Zona crítica para el corte de carretera por estar alrededor de zona urbana.

Fecha: Jul/2020

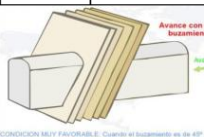
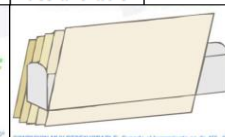
CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	100-50	7
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	90-100	20
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	> 5	0
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Inalterada	6
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		83
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Muy buena	I	10 años con 15 m de vano	> 4	> 45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°				CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 21+360 - 21+420

Estación Geomecánica: 8

Litología: Calizas de grano fino, color beige con tonalidades rojizas, venillas
rellenadas por agregados cristalinos de Calcita, resistencia del macizo rocoso
ligeramente suave, se identificó el plano de estratificación y 1 familia de fracturas.

Fecha: Jul/2020

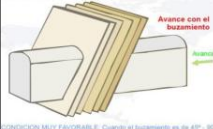
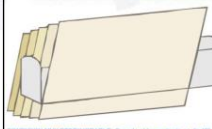
CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	25-50	6
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	< 0,06	5
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	3-10	2
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		60
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Media	III	1 semana con 5 m de vano	2-3	25-35

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 23+620 - 23+660

Estación Geomecánica: 9

Litología: Calizas de grano fino, color gris oscuro, venillas rellenas por Calcita,
resistencia del macizo rocoso dura a muy dura, se identificó el plano de estratificación y 1
familia de fracturas.

Fecha: Jul/2020

CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	25-5	2
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	3-10	2
Abertura (mm)	1-5	1
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno duro, < 5 mm	4
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Seco	15
Puntuación		76
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Buena	II	6 meses con 8 m de vano	3-4	35-45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 28+020 - 28+060

Estación Geomecánica: 10

Litología: Calizas de grano fino, color beige parduzco, fracturamiento moderado a fuerte, se identificó el plano de estratificación y dos familias de juntas, resistencia del macizo rocoso ligeramente suave.

Fecha: Jul/2020

CUI N°: 2342631

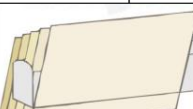
Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	50-25	4
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	1-3	4
Abertura (mm)	0,1 - 1,0	3
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Ninguno	6
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		75
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR

Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Buena	II	6 meses con 8 m de vano	3-4	35-45

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 20° - 45°		

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 28+990 - 29+030

Estación Geomecánica: 11

Litología: Zona de falla geológica, calizas y limolitas muy alteradas, estratificación (Az. N155° - Bz. 50°) color beige parduzco, resistencia muy débil, dirección promedio de la familia de fallas (Az. N340° - Bz. 80°) y tensional promedio (Az. N185° - Bz. 68°). Dando como resultado una zona muy inestable para el asentamiento del afirmado y asfalto.

Fecha: Jul/2020

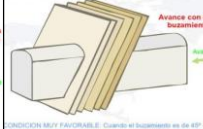
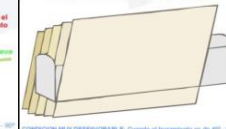
CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	5-1	1
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	< 25	3
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,06-0,2	8
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	> 20	0
Abertura (mm)	1-5	1
Rugosidad	Suave	0
Relleno	Relleno blando, < 5 m	2
Alteraciones	Descompuesta	0
5 Agua freática		
Estado general	Húmedo	7
Puntuación		37
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm²]	Angulo de rozamiento [°]
Mala	IV	10 horas con 2,5 m de vano	1-2	15-25

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 90° - 45°				CONDICIÓN MUY FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN FAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 90° - 45°		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE: Cuando el buzamiento es de 45° - 90° CONDICIÓN REGULAR: Cuando el buzamiento es de 90° - 45°

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
DEPARTAMENTAL JU-100 JUNIN - SASICUCHO INGAYA -
ONDORES- SAN PEDRO DE PARI - L.D. PASCO, PROVINCIA
DE JUNÍN - DEPARTAMENTO DE JUNÍN"

PROGRESIVA: Km. 42+400 - 42+440

Estación Geomecánica: 12

Litología: Calizas de grano fino, color beige, resistencia ligeramente suave, zona de corte de carretera (ensanchamiento). Se identificó una familia de fracturas Fm 1 y planos de estratificación. Dirección de estratificación paralela al eje de la carretera.

Fecha: Jul/2020

CUI N°: 2342631

Unidad: Gpo. Pucará

Edad: Mesozoico

Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	50-25	4
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	75-90	17
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	10-20	1
Abertura (mm)	0,1 - 1,0	3
Rugosidad	Ligeramente rugosa	3
Relleno	Ninguno	6
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Puntuación		74
Corrección por discontinuidades		
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	No aplica	0

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Buena	II	6 meses con 8 m de vano	3-4	35-45

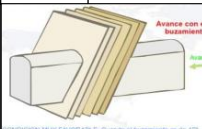
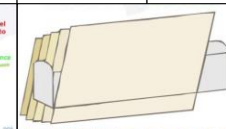
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20°- 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable
						
CONDICIÓN REGULAR. Cuando el buzamiento es de 45° - 90°. CONDICIÓN DESFAVORABLE. Cuando el buzamiento es de 20° - 45°.		CONDICIÓN MUY FAVORABLE. Cuando el buzamiento es de 45° - 90°. CONDICIÓN FAVORABLE. Cuando el buzamiento es de 20° - 45°.		CONDICIÓN MUY DESFAVORABLE. Cuando el buzamiento es de 45° - 90°. CONDICIÓN REGULAR. Cuando el buzamiento es de 20° - 45°.		

Tabla Resumen de Estaciones Geomecánicas Realizadas.

Progresiva Inicio (Km)	Progresiva Fin (Km)	Estación Geomecánica (Km)	Dip	Dip Direction	Talud de corte recomendado (grados)	Tipo de Roca	Fallas Planares (%)	grados	Fallas por Cuñas (%)	grados
4+700	6+280	4+750	41	72	50°	Caliza	3.5	50°	0.0	50°
			57	220			6.9	65°	0.0	65°
			47	300			-	-	-	-
12+000	12+280	12+240	47	290	60°	Caliza	3.5	60°	7.1	60°
			81	137			27.6	70°	42.9	70°
			44	53			-	-	-	-
12+280	13+180	12+850	67	34	60°	Caliza	0.0	60°	1.4	60°
			77	129			2.9	50°	3.4	50°
			50	204			-	-	-	-
13+290	14+180	14+110	61	64	60°	Caliza	0.0	60°	4.2	60°
			80	149			14.3	65°	28.0	65°
14+240	14+460	14+430	56	105	65°	Caliza	0.0	65°	4.7	65°
			61	62			0.0	30°	0.0	30°
16+660	17+580	17+290	59	67	65°	Caliza	6.7	65°	4.8	65°
							0.0	35°	0.0	35°
20+390	21+370	20+460	69	125	60°	Caliza	0.0	70°	1.5	70°
			72	246			12.5	70°	19.2	70°
21+370	23+380	21+400	43	254	65°	Caliza	0.0	65°	2.0	65°
			57	116			0.0	30°	0.0	30°
23+380	24+060	23+640	52	213	70°	Caliza	0.0	60°	0.8	60°
			63	124			0.0	20°	0.0	20°
27+500	28+150	28+040	51	142	60°	Caliza	0.0	60°	0.0	60°
			60	113			-	-	-	-
			76	79			-	-	-	-
28+900	29+160	29+010	56	247	40°	Caliza	0.0	40°	3.7	40°
			68	274			0.0	80°	31.1	80°
			79	70			-	-	-	-
42+380	42+520	42+430	26	237	60°	Caliza	0.0	60°	0.6	60°
			68	159			0.0	20°	0.0	20°

Serie de Mapas

