

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS Y PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL DISTRITO  
DE JESÚS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

**Autor:**

**Bach. JOAQUÍN CHÁVEZ DANNY JEFFERSON**

**Asesor:**

**Dr. Ing. LAGOS MANRIQUE ALEJANDRO CLAUDIO**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2023**



Universidad  
Nacional de  
Cajamarca  
"Nuestro de la Universidad Peruana"



## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS Y PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE JESÚS**, realizada por el Bachiller en Ingeniería Geológica **Danny Jefferson Joaquín Chávez** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique con el software antiplagio Urkund que indica **10% (diez por ciento)** de índice de similitud, asignándole el código D173503714.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 06 de setiembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

  
Dra. Yvonne Katherine Fernández León  
DIRECTORA

Cc.  
Archivo  
c11023dj

## **AGRADECIMIENTO**

Mi especial agradecimiento a mi alma mater, la Universidad Nacional de Cajamarca; de la misma manera a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica.

Así mismo a todos los ingenieros que ejercen la docencia en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, por los conocimientos impartidos durante la formación de mi carrera universitaria.

Y finalmente a mi asesor y director de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, Dr. Ing. Claudio Alejandro Lagos Manrique. Y con el mismo sentir, un reconocimiento a mis jurados.

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Julia, que siempre estuvo en los momentos en los que necesitaba un apoyo moral y llamadas de atención.

A mi padre, Francisco, que nunca dejó de creer en mí y me hizo la gran persona que ahora soy.

A mi hermano Erick, que fue el primero que me inculcó los conocimientos de geología.

A mis sobrinos Drake y Dereck, por siempre contagiarme su alegría en esos momentos de estrés.

A mi novia, Jhohana, que me motivó y me dio ese empuje que tanto necesitaba en este largo camino.

A mi abuela Gumercinda, porque sé que en donde estés nos vas a proteger siempre, eras una de las personas más importantes de mi vida.

## ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	4
2.1.3. Antecedentes Locales.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. Peligro.....	10
2.2.2. Susceptibilidad.....	22
2.2.3. Niveles de Peligrosidad.....	23
2.2.4. Vulnerabilidad.....	25
2.2.5. Niveles de Vulnerabilidad.....	26
2.2.6. Riesgo.....	28
2.2.7. Clasificación del Terreno en Rocas y Suelos.....	30
2.2.8. Cartografiado.....	39
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	40
CAPÍTULO III.....	42
MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	42
3.1.2. Ubicación Política.....	42
3.1.3. Accesibilidad.....	43
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	44
3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete.....	44
3.2.2. Etapa de Campo.....	44
3.2.3. Etapa de Gabinete.....	44
3.3. METODOLOGÍA.....	45
3.3.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación.....	45

	<b>Pág.</b>
3.3.2. Población de Estudio .....	45
3.3.3. Muestra .....	45
3.3.4. Unidad de Análisis .....	45
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	45
3.5. TÉCNICAS .....	46
3.6. EQUIPOS E INSTRUMENTOS .....	46
3.6.1. Equipos.....	46
3.6.2. Instrumentos .....	47
3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	48
3.8. GEOLOGÍA LOCAL.....	48
3.8.1. Grupo Goyllarisquizga .....	48
3.8.2. Grupo Crisnejas .....	49
3.8.3. Sedimentos recientes del cuaternario .....	50
CATÍTULO IV .....	53
4.1. PELIGRO GEOTÉCNICO – GEOLÓGICO:.....	53
CATÍTULO V.....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Clasificación de Peligros (CENEPRED, 2014).....	18
Gráfico 2: Peligros Generados por Fenómenos de Origen Natural .....	1
Gráfico 3: Factores Condicionantes del Peligro (CENEPRED, 2014) .....	29
Gráfico 4: Factores Desencadenantes del Peligro (CENEPRED, 2014) .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes de un Sismo generado por una Falla Geológica (Geosismic, 2015) .....	21
Figura 2: Generación de un Tsunami producido por un sismo asociado al movimiento tectónico de una falla de compresión (CENEPRED, 2014) .....	21
Figura 3: Parte de un volcán (Reuters, 2014) .....	22
Figura 4: Tipos de Caídas y Volcamiento de Roca (Varnes, 1978) .....	23
Figura 5: Deslizamiento rotacional en suelos y rocas (Geoweb, 2017) .....	24
Figura 6: Deslizamiento traslacional en rocas y suelos (Geoweb, 2016) .....	24
Figura 7: Clasificación de Movimientos de Masas (Varnes, 1978).....	25
Figura 8: Esquema ideal de la propagación lateral en suelos (Varnes, 1978).....	26
Figura 9: Formación de grandes flujos de roca (Greertsema, 2006) .....	27
Figura 10: Esquema ideal de reptación (Varnes, 1978) .....	27
Figura 11: Tipos de sagging o hundimientos por deformación geológica (Varnes, 1978).....	28
Figura 12: Sección típica simplificada de un río en la que se observa el canal principal, así como las llanuras de inundaciones (CENEPRED, 2014) .....	29
Figura 13: Erosión del suelo por efecto de las lluvias (CENEPRED, 2014).....	29
Figura 14: Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia (CAN, 2014).....	31
Figura 15: Plano cartesiano en el eje X y el eje Y (CENEPRED, 2014).....	37
Figura 16: Índice de resistencia geológica para macizos rocosos fracturados (Hoek, 2013).....	41
Figura 17: Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo (ASTM, 2010).....	43
Figura 18: Ubicación Política del Área de Estudio .....	50
Figura 19: Accesibilidad a la Zona de Estudio (Google Earth, 2021).....	51
Figura 20: Topografía del talud.....	61
Figura 21: Factor de seguridad de talud con tensiones totales .....	61
Figura 22: Factor de seguridad de talud sin sostenimiento y con presencia de agua, es decir tensiones efectivas.....	62
Figura 23: Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua .....	62
Figura 24: Factor de seguridad de talud con tensiones totales .....	64

	<b>Pág.</b>
Figura 25: Clasificación geomecánica del talud, dando como resultado un GSI de 50.....	67
Figura 26: Gráfica de Esfuerzo Mayor – Esfuerzo Menor (izquierda) y Esfuerzo Normal – Esfuerzo de Corte (derecha) de la arenisca de la Fm. Farrat.....	68
Figura 27: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud .....	69
Figura 28: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud.....	69
Figura 29: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud.....	70
Figura 30: Clasificación geomecánica del talud, dando como resultado un GSI de 45.....	73
Figura 31: Gráfica de Esfuerzo Mayor – Esfuerzo Menor (izquierda) y Esfuerzo Normal – Esfuerzo de Corte (derecha) de la caliza de la Fm. Cajamarca.....	74
Figura 32: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud.....	75
Figura 33: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud .....	76
Figura 34: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud .....	77
Figura 35: Factor de seguridad de talud con tensiones totales .....	79
Figura 36: Factor de seguridad de talud con presencia de agua.....	80
Figura 37: Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua .....	80
Figura 38: Factor de seguridad de talud con tensiones totales .....	82
Figura 39: Factor de seguridad de talud con presencia de agua .....	83
Figura 40: Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua .....	83
Figura 41: Factor de seguridad de talud con tensiones totales .....	85
Figura 42: Factor de seguridad de talud con presencia de agua.....	86
Figura 43: Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua .....	86
Figura 44: Factor de seguridad de talud con tensiones totales .....	88
Figura 45: Factor de seguridad de talud con presencia de agua.....	89
Figura 46: Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua .....	89

## ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1: Formación Farrat N: 9200060 E: 789860 Rumbo: N325° Buzamiento: 25°. Arenisca cuarzosa de grano medio.....	55
Foto 2: Fm. Inca N: 9199890 E: 790028 estratificación rítmica: limonitas grises, ..... rojizas y pardas amarillentas intercaladas con areniscas.....	56
Foto 3: Fm. Chúlec - Inca N: 9201260 E: 788375. Contacto entre Fm. Inca y Fm. Chúlec.....	57
Foto 4: Contacto Deposito fluvial-Coluvial N: 9198260 E: 789905 2505 m.s.n.m. ....	58
Foto 5: Contacto Deposito fluvial-Coluvial .....	58
Foto 6: N:9199786 E:790600 Depósitos Aluviales al SE del distrito de Jesús .....	59
Foto 7: Estación 1, N: 9198298 E: 790421 C: 2510 m.s.n.m., Talud de depósito aluvial con presencia de bloques.....	60
Foto 8: Estación 2, N: 9198444 E: 790500 C: 2538 m.s.n.m., Talud de depósito aluvial.....	63
Foto 9: Estación 3, N: 9201750 E: 791686 C: 2964 m.s.n.m., Talud de arenisca de la Fm. Farrat. ....	65
Foto 10: Estación 4, N: 9196314 E: 790990 C: 2712 m.s.n.m., Talud de calizas de la Fm. Cajamarca, suprayacente al grupo Quilquiñam.....	70
Foto 11: Estación 5, N: 9202178 E: 790575 C: 3042 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios conformados por limos y arcillas. ....	78
Foto 12: Estación 6, N: 9199335 E: 791834 C: 2938 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios conformados por conglomerados y arcilla .....	81
Foto 13: Estación 7, N: 9201111 E: 793056 C: 2916 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios conformados por limos y arcillas. ....	84
Foto 14: Estación 8, N: 9194642 E: 788638 C: 3160 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios conformados por limos y arcillas.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz General de Peligro. Fuente: CENEPRED, 2014.....	32
Tabla 2: Matriz General de Vulnerabilidad. Fuente: CENEPRED, 2014.....	35
Tabla 3: Matriz de Riesgo de doble entrada. Fuente: CENEPRED, 2014.....	37
Tabla 4: Rangos para cada uno de los Niveles de Riesgo. Fuente: CENEPRED, 2014.....	38
Tabla 5: Parámetros de clasificación de la roca (RMR) según Bieniawski 1989. Fuente: Recuperado de Gonzales de Vallejo, 2004.....	39
Tabla 6: Categorización de los macizos rocosos en relación al RMR. Fuente: Recuperado de Gonzales de Vallejo, 2004.....	40
Tabla 7: Clasificación geomecánica para el GSI. Fuente: Hoek, 2002.....	42
Tabla 8: Clasificación SUCS de suelos. Fuente: Braja, 2010.....	42
Tabla 9: Capacidad portante de los materiales más comunes en el terreno calculados empíricamente. Fuente: Viera, 2011.....	44
Tabla 10: Intensidad de precipitación anual dada en (mm/año). Fuente: Jackaranga, 2015.....	45
Tabla 11: Vértices en coordenadas UTM - WGS 84 que delimitan la Zona de Investigación.....	49
Tabla 12: Ruta de Accesibilidad Principal a la Zona de Investigación.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS

GSI	: Índice de Resistencia Geológica
RQD	: Índice de Calidad de la Roca
RMR	: Clasificación Geomecánica de Bieniawski
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastre
FCI	: Factores Condicionantes de la Inestabilidad
MA	: Millones de Años
MM	: Movimientos de Masa
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
ASTM	: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
UTM	: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
Km	: Kilómetro
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
FS	: Factor de Seguridad

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar los riesgos y peligros geológicos del Centro Poblado La Shita, Loritopampa y Jesús, del distrito de Jesús, investigación cualitativa, no experimental, de diseño descriptivo - correlacional; la hipótesis se basó en que los riesgos y peligros geológicos que se ocasionan en dichos lugares, están caracterizados por los deslizamientos y caídas de sedimentos debido principalmente a pendiente, precipitación, erosión e inestabilidad de los afloramientos rocosos y por fallas secundarias de cizallamiento ubicadas dentro de la zona de influencia de la falla inversa Cajamarca. Para obtener los resultados se elaboró un mapa de susceptibilidad de peligros geológicos a escala 1:4000, el cual logró realizarse examinando y analizando los factores condicionantes: pendientes, cobertura vegetal, altitudinal, litológico, geomorfológico y estructural. **Resultados:** los factores condicionantes de la inestabilidad (FCI), son: la litología de las rocas calcáreas, areniscas y suelo cuaternario (30%); la pendiente (20%), la dureza de las rocas (15%) y la cobertura vegetal (5%). **Conclusiones:** Los riesgos geológicos más comunes que se dan son la inestabilidad de taludes, deslizamientos y caída de sedimentos (en los depósitos cuaternarios en mayor porcentaje), estos están asociados a fallas por tipo cuña y tipo planar (en rocas calcáreas y areniscas).

**Palabras claves:** Susceptibilidad, falla tipo cuña, falla tipo planar, Riesgo geológico.

## ABSTRACT

The present investigation had as main objective to evaluate the geological risks and dangers of Shita, Loritopampa and Jesús, of the Jesús district, qualitative, non-experimental research, descriptive - correlational design; The hypothesis was based on the fact that the geological risks and hazards that occur in these places are characterized by landslides and sediment falls due mainly to slope, precipitation, erosion and instability of rock outcrops and by secondary shear faults located within the area of influence of the Cajamarca reverse fault. To obtain the results, a geological hazard susceptibility map was prepared at a scale of 1:4000, which will be achieved by examining and analyzing the conditioning factors: slopes, vegetation cover, altitudinal, lithological, geomorphological and structural. **Results:** the conditioning factors of instability (FCI) are: the lithology of calcareous rocks, sandstones and Quaternary soil (30%); the slope (20%), the hardness of the rocks (15%) and the vegetation cover (5%). **Conclusions:** The most common geological risks that occur are the instability of slopes, landslides and sediment fall (in the Quaternary in a higher percentage), these are associated with wedge-type and planar-type faults (in calcareous and sandstone rocks).

**Keywords:** Susceptibility, wedge-type fault, planar-type fault, Geological.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Jesús está ubicada al lado Sur Este del departamento de Cajamarca, está flanqueado tanto por el lado suroeste y noreste por afloramientos rocosos de edad Cretácicas conformada por las Formaciones: Chimú, Santa, Carhuáz, Farrat, Inca y Chúlec principalmente. Estos afloramientos presentan altas pendientes que van desde 50° a 60° y los macizos rocosos muestran alto grado de fracturamiento. Estos afloramientos son parte del sistema montañoso, presentando pliegues amplios y de gran longitud de dirección noroeste- sureste (dirección andina) debido a la actividad de la Fase Tectónica Incaica de aproximadamente 40 Millones de años (MA) de edad (Reyes, 1980).

El tramo inicial de la carretera al Centro Poblado de la Shita y Loritopampa, es utilizada también para la conexión entre ellos. Por esta razón es necesario realizar estudios geológicos detallados y obtener diversos mapas como: geológico, geomorfológico y de pendientes, con la superposición de estos elaborar el mapa de susceptibilidad así de esta manera se pueda delimitar zonas de peligro geológicos y tratar de evitar no solamente interrupciones de esta importante vía de tránsito sino también el de evitar que algún movimiento de masa (MM) afecte a las viviendas ubicadas en estos sectores aledaños.

Como formulación del problema se ha planteado lo siguiente: ¿Cuáles son los riesgos y peligros geológicos en el distrito de Jesús?

Además debido al acelerado crecimiento poblacional y por consiguiente la expansión urbana que se ha venido suscitando en los últimos años, es de vital importancia prescindir en la seguridad de las personas y de los bienes materiales que se encuentran en zonas aledañas al distrito en mención, esto implica hacer una evaluación minuciosa de sus riesgos y peligros geológicos, dada a la ausencia de trabajos de investigación científica y a la necesidad de la población de permanecer segura frente a posibles eventos geológicos catastróficos que podrían suscitarse.

Justificación: La identificación de los riesgos y peligros geológicos es de mucha importancia porque da un mejor entendimiento para realizar una adecuada planificación para la realización de obras de ingeniería (obras civiles, distribución demográfica y estabilidad de taludes) además de dar un soporte al momento de actuar de forma preventiva para tratar de minimizar los posibles impactos que estos riesgos y peligros puedan ocasionar tanto a las personas como a los bienes materiales. Esta investigación va dirigida para aquellos que deseen obtener

algún tipo de información acerca de los riesgos y peligros geológicos existentes en el Centro Poblado de Loritopampa, La Shita y Jesús del distrito de Jesús.

El estudio por el que se hace esta investigación es obtener un mayor detalle de los riesgos y peligros geológicos existentes en dicha población con la finalidad de delimitar las zonas para el conocimiento de los próximos investigadores.

El objetivo general de la investigación es: Evaluar los riesgos y peligros geológicos en el distrito de Jesús.

Los objetivos específicos planteados son: Evaluar las zonas con más riesgos y peligros geológicos. Determinar los factores geológicos condicionantes para la generación de los peligros geológicos. Elaborar mapa de riesgos y peligros geológicos a escala 1:40000.

Como hipótesis general para la investigación se ha planteado que: Los riesgos y peligros geológicos que se generan en el distrito de Jesús están caracterizados por los deslizamientos y caídas de sedimentos debido principalmente al alta pendiente, precipitación, erosión e inestabilidad de los afloramientos rocosos.

Como hipótesis específica para la investigación se ha planteado que: La presencia de fallas y fracturas secundarias debido a la presencia de la falla inversa Cajamarca generan un sistema de cizallamiento que disminuye la resistencia de las rocas al deslizamiento.

La metodología de investigación utilizada en la presente tesis es de nivel: cualitativo– no experimental. Con diseño descriptivo – correlacional, de corte transversal. Contenido de los capítulos:

Capítulo I: corresponde a la introducción, planteamiento y formulación del problema, la hipótesis, los objetivos delimitación y limitaciones de la investigación.

Capítulo II: se presenta el marco teórico, los antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos.

Capítulo III: se describen los materiales y métodos mostrando la ubicación de la zona de estudio, el procedimiento y la metodología de la investigación.

Capítulo IV: presenta el análisis y discusión de resultados, explicando los resultados obtenidos y la contrastación de la hipótesis.

Capítulo V: están las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

**Jiménez, (2018).** Realiza una investigación titulada “Estudio del peligro geológico por proceso de remoción en masa en la cuenca de Motozintla, Chiapas, México”; donde refiere que los procesos de remoción en masa (PRM) se encuentran dentro de las clasificaciones de los eventos naturales que más impactan de manera directa a las poblaciones y a los ecosistemas. Debido a su ubicación geológico-geográfica, el poblado de Motozintla en el estado de Chiapas, se encuentra expuesta a varios procesos de este tipo, puesto que se ubica en una zona tectónica activa que combinada con el relieve, la morfología del terreno y los eventos meteorológicos que afectan la cuenca donde se localiza, lo hacen un lugar propicio para la ocurrencia de desastres. La localidad evaluada cuenta con 72 967 habitantes. Con el objetivo de identificar las zonas susceptibles a la ocurrencia de PRM, se han cartografiado mediante fotografía aérea, imágenes de satélite, trabajo de campo y análisis geomorfológico del relieve, antiguos y recientes PRM. El estudio permitió un mejor entendimiento del comportamiento de estos eventos dentro de la zona, logrando delimitar los diferentes grados de peligro mediante un mapa que muestra las áreas más susceptibles de la población y su infraestructura a sufrir este tipo de procesos.

**García, (2018).** Realiza la investigación titulada “Actividad geológica de la Falla Perales y sus peligros geológicos asociados en la región de Ixtlahuaca, Estado de México”; dicha investigación presenta la caracterización estratigráfica, geológico estructural y geológico – ambiental de la falla Perales, teniendo como objetivo principal es la definición de zonas de peligros geológicos por fracturamiento y fallamiento resultado de la actividad geológica de la falla. Para lograr el objetivo se aplicó la investigación documental, fotointerpretación geológica, geología de campo y geología ambiental con apoyo del sistema de información geográfica ArcGis. Dentro de lo evaluado se observa que la estratigrafía que se presenta en los bloques del alto y bajo de la falla Perales son rocas del Cretácico pertenecientes a la formación Xochipala (filitas y esquistos pelíticos), rocas volcánicas andesítico-basálticas miocénicas, rocas volcánicas andesíticas y basálticas Plio-pleistocénicas, depósitos volcánicos del Cuaternario, depósitos fluvio-lacustres de la Depresión del Valle de Ixtlahuaca y geiseritas y alteraciones hidrotermales de la

unidad Concepción-San Pedro los Baños. Se definieron dos sistemas de fallas normales pertenecientes a la falla Perales. Estos sistemas de fallas son NW-SE y NE-SW. Estas fallas presentan brechas de falla en su núcleo y están asociadas con depósitos de talud, coluvión y abanicos aluviales. Por otro lado, se identificaron algunos peligros geológicos relacionados con la presencia de los escarpes de falla del sistema de fallas de la falla Perales como deslizamientos, grietas y movimientos de reptación de suelo. Conclusiones: Los peligros identificados y el mapa de susceptibilidad por deslizamientos indican que para algunas comunidades como San Isidro Boxipe, Santa Ana Ixtlahuaca, San Pedro El Alto y San Antonio Mextepec toman el carácter de riesgos geológicos.

**Carmenate, (2018).** Estudió “Zonificación de los fenómenos geológicos que generan peligros y riesgos en la ciudad de Moa”, donde se tuvo como objetivo principal realizar la zonificación de los fenómenos geológicos de tipo exógeno que pueden generar peligros y riesgos en la ciudad de Moa-Cuba, así como las áreas susceptibles a la ocurrencia de estos fenómenos, para ellos se empleó una metodología basada en la evaluación y clasificación de las propiedades físico-mecánicas de los suelos y rocas. Para la prevención de estos fenómenos se realiza sobre la base del conocimiento existente sobre los procesos geológicos y el uso de las técnicas actuales de análisis de peligro y riesgo. Resultados: se obtiene el mapa de zonificación de los fenómenos geológicos exógenos que generan peligros y riesgos en la ciudad de Moa, definiendo riesgos geológicos como: propagación lateral y deformaciones gravitacionales profundas.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Bellido, (2018).** Estudió sobre “Evaluación de peligros geológicos en el distrito de Tiabaya” - Arequipa, para de esta manera poder plantear propuestas de prevención y reducción del impacto de desastres en dicho distrito, el cual cuenta con una extensión de 4524.309 Hectáreas, y una población de 14916 habitantes, según el INEI.2007; la geomorfología del área de estudio es dinámica, por efectos de eventos naturales y de acción antrópica, dichos eventos resaltan por ser peligros potenciales cuando el ser humano ocupa de manera ilegal y negligente algunas áreas en riesgo, esto por el crecimiento de la población y falta de políticas del uso de territorios. Los factores condicionantes analizados han sido: la geomorfología, litología y pendiente del terreno; y el factor desencadenante considerada es la precipitación. Dichas variables fueron analizadas con la metodología Saaty (1980) y geoprocesadas en

un Sistema de información geográfica (GIS), dando como resultado el mapa de peligros, donde se resaltan seis zonas de mayor atención: 1) Virgen de Las Peñas, 2) Urb. Cerro Verde, 3) El Huayco, 4) Santa Teresa, 5) San Pedro, 6) Laderas del Batolito.

**Curay, (2022).** Realiza la investigación titulada “Evaluación de riesgos geológicos en el A.H La Molina distrito y provincia de Sullana – región Piura 2021”, para ello se recorrió las zonas lotizadas, de igual manera se obtuvo información en la Municipalidad Provincial de Sullana relacionados con el estudio; obtención de datos básicos del proyecto, planos y mapas. Así mismo, se programó los plazos y responsabilidades; para la ejecución del trabajo de campo y la elaboración del informe. Se realizó la fase de trabajo de campo, el cual estuvo orientado principalmente al reconocimiento de la zona del proyecto; se solicitó información básica de carácter legal, físico y socioeconómico. En el trabajo de campo se identificaron y caracterizaron los peligros y vulnerabilidades que afectan en forma integral el nuevo escenario de análisis del proyecto. De la misma manera se realizó un estudio Geotécnico de Mecánica de Suelos para conocer el tipo de suelo y determinar su comportamiento frente a los peligros identificados como es en el caso para inundaciones pluviales y erosión pluvial.

**Castro, (2018).** Realiza el estudio titulado “Evaluación de riesgos geológicos de la zona urbana, Distrito de Ollachea – Carabaya” – Puno. El objetivo principal es determinar el nivel de riesgo geológico de la zona Urbana de Ollachea. Para de esta manera establecer los criterios adecuados para poder prevenir a la población de posibles desastres naturales. La ocurrencia de desastres naturales asociado a peligros geológicos principalmente son los movimientos de masas de roca y suelo en periodos de fuerte precipitación fluvial; y su morfología donde se presentan relieves con fuerte desniveles en las cimas y en el fondo del valle, laderas y tramos encañonados debido principalmente a procesos de erosión, en las formaciones geológicas de la zona de estudio, tectónica, geodinámica externa y actividad sísmica. Resultados: para obtener la información se planteó una serie de medidas de control de amenazas o peligros geológicos, teniendo en cuenta que una prevención adecuada puede reducir notablemente los daños que producen estos eventos a un nivel tolerable. Definiendo entonces una zona de vulnerabilidad media a alta por estar en un valle glaciar.

**Ramirez, (2019).** Estudió sobre “Evaluación de riesgos geológicos en Villa La Paz, distrito Sullana – Región Piura, año 2019”, con la finalidad de apoyar a los pobladores a conseguir su título de propiedad, para ello se recorrió cada lote de la zona, se obtuvo información de la Municipalidad Provincial de Sullana, mapas, planos, datos básicos del proyecto; luego se programó plazos y responsabilidades para la ejecución del trabajo de campo e informe final. El estudio constó de dos métodos que dieron como resultado cuál es el peligro más latente que afecta la zona; la fase de campo estuvo orientado al reconocimiento de la zona del proyecto, solicitando información legal, físico y socioeconómico, encuestas para evaluar el tipo de vivienda; se inicia con la ejecución del trabajo de campo con excavaciones de calicatas que permite estudiar el suelo e identificar peligros, vulnerabilidades y riesgos geológicos. La segunda fase fue un estudio geotécnico de mecánica de suelos, donde se analizan las muestras para conocer el tipo de suelo ante un posible sismos y lluvias intensas. Resultados: la zona tiene un peligro medio ante una lluvia intensa.

**Apaza, (2021).** Estudió “Evaluación del riesgo geológico ante movimientos en masa en la quebrada Sicre, distrito de Huayopata, provincia de la Convención, departamento del Cusco”, el cual tiene como objetivo determinar el nivel de riesgo ante movimientos en masa en la Quebrada de Sicre, distrito de Huayopata, el cual permitirá analizar el impacto del fenómeno sobre la zona de asentamiento de la población de Sicre, Yanayaco chico, Tablahuasi, Pedregal, del distrito de Huayopata provincia de La Convención departamento del Cusco. Para realizar dicho estudio se utilizaron documentos de INGEMMET, SIGRID y COER Cusco. Resultados: La vulnerabilidad es estimada como la capacidad de respuesta de las construcciones humanas a la activación de un peligro y su exposición fundamentalmente, alude a la población medida en número de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro para luego generar una información geocientífica que contribuya a la gestión de riesgo local para que puedan utilizarlo como un instrumento de política de prevención de desastres haciendo participar a las localidades involucradas.

**Arias, (2020).** Realiza el estudio titulado “Evaluación del riesgo geológico de la carretera Yaurisque – Ranraccasa – Paruro, tramo Ranraccasa – Paruro, (km 8+900 – 25+900) Paruro – Cusco. Alrededor del área de estudio se puede apreciar geoformas como: colinas, montañas, altiplanicies y valles con sus respectivos subpaisajes; como consecuencia de la actividad tectónica, se logra determinar que

han ocurrido sismos de gran importancia en la zona de estudio, la más reciente y que trajo consigo pérdidas considerables fue el sismo del 27 de setiembre del 2014, cuyo epicentro se registró a 4 km al oeste del C.P. de Paruro, con una magnitud de 5.1 ML en la escala de Richter. El análisis y la evaluación de la Peligrosidad se hizo siguiendo el método “Heurístico” explicado por Jaime Suárez Díaz en su libro de Deslizamientos. En base a estas metodologías se hicieron los mapas de susceptibilidad para cada fenómeno y el subsiguiente mapa de peligrosidad. El análisis de riesgo se hizo de manera cualitativo, multiplicando los niveles de vulnerabilidad con los niveles de peligrosidad. Se plantaron medidas para la prevención y mitigación tanto estructurales como no estructurales.

**Aguilar, (2023).** Realizó la investigación “Evaluación del riesgo geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, distrito - Cusco – Cusco, 2021”, el presente estudio se encuentra al noroeste del valle del Cusco e involucra 7 Asociaciones Pro Vivienda (APV), el sector Quilque se emplaza en la unidad geomorfológica Montaña, conformada por areniscas fluviales, seguidas por intercalaciones de lutitas y yesos intertidales. El objetivo fue evaluar el Riesgo Geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, así como identificar el tipo y grado de Peligrosidad existente en la zona, y finalmente identificar y analizar la vulnerabilidad ambiental, económica y social. Metodología: Cuantitativa, Observacional, Analítica y Longitudinal, siendo procesadas por un sistema de información geográfica (GIS). Resultados: mapas temáticos de nivel de PELIGRO Alto y Muy Alto; nivel de VULNERABILIDAD Alto y Muy Alto; de la interacción de ambos parámetros se obtuvo nivel de RIESGO Alto y Muy Alto.

**Araujo, (2018).** Realiza la investigación titulada “Evaluación geodinámica de peligros geológicos en el cerro Ayamachay e Itapa Ccasa - Tambo. Región Ayacucho, provincia La Mar, distrito Tambo”, se toma en cuenta dicha ubicación puesto que este viene siendo afectado por la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, erosión de laderas (cárcavas) y asentamientos; producto de factores climáticos, geomorfológicos (topografía abrupta) y factores antrópicos que caracterizan al área. El informe presenta los resultados de la evaluación de peligros geológicos del sector de Tambo, donde se realizaron trabajos de foto-interpretación a partir de imágenes satelitales, compilación, análisis de antecedentes e inventariado de áreas afectadas como parte del trabajo de campo.

### 2.1.3. Antecedentes Locales

**Vergara, (2014).** Realizó la investigación titulada “Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca”, este estudio consistió en el cartografiado en el plano topográfico base, luego el trabajo de gabinete aplicando las metodologías de Carbajal, Centeno, Villota y el ciclo de erosión de Davis; el objetivo principal del estudio fue la caracterización de las Unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús Cajamarca. El proceso estuvo basado en cuatro etapas, en la primera se recepcionó y buscó toda la información importante, para luego realizar el trabajo de campo, en donde el mapeo se realizó In Situ, como tercera etapa se tuvo el trabajo de gabinete en donde se evalúa y analiza los datos con la ayuda de software específicos de análisis, y la última etapa es la redacción del informe y la elaboración de planos. Para los resultados se basó en el ambiente de formación y el paisaje dominante tomando en cuenta la cota, pendiente, litología y el tiempo Geológico. Las imágenes Aster se procesaron en el software ArcGis 10.1, definiendo cuatro ambientes geomorfológicos: Estructural, Denudacional, Fluvial y Antrópico, ocho unidades geomorfológicas y trece subunidades Geomorfológicas que conforman el distrito de Jesús. Resultados: se plasmaron en el plano geomorfológico a escala 1:15000, elaborando cuatro perfiles, los estudios permitieron determinar los factores que influyeron en el modelamiento actual: en primer lugar los endógenos actuando mediante fuerzas distensivas formando el sinclinal y fallas normales, como resultado las Unidades Geomorfológicas (UG) de Ambiente Estructural (Montañoso); en segundo lugar actuaron los procesos exógenos, los cuales erosionaron la superficie formándose las Unidades Geomorfológicas de Ambiente Denudacionales (Colinoso, Planicie, altiplanicie), sumado a ello aún siguen estos procesos formando las Unidades Geomorfológicas de Ambiente Fluvial (Cauce actual, y valle) la actividad humana ha dado la formación de Unidades Geomorfológicas de Ambiente Antrópico (Construcciones).

**Huaripata, (2014).** Realiza la investigación titulada “Modelo geodinámico de la Quebrada Cruz Blanca, microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos”, donde se realiza el estudio tomando en consideración el comportamiento geodinámico, geomorfológico, estructural, hidrológico, geohidrológico y geotécnico. La geomorfología, geología estructural y demás variables en el área de estudio, definen el comportamiento geodinámico frente a los eventos desencadenantes como los cambios estacionales respecto a las precipitaciones y sus componentes de escurrimiento e infiltración. En la Microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos, la Quebrada Cruz Blanca en todo su recorrido se encuentra completamente

descuidada, abandonada e impactada por los eventos geodinámicos, y socialmente existe indiferencia de las autoridades, así como de quienes se encuentran viviendo en las márgenes y entorno de dicha quebrada. Como aporte la investigación realizada presenta alternativas correctivas para solucionar los eventos geodinámicos que presenta la quebrada y que continuamente ocasionan desastres naturales.

**Hernández, (2021).** Realizó la investigación titulada “Evaluación de los peligros geológicos y elaboración del mapa de susceptibilidad en la zona de Huambocancha baja. Cajamarca”, en el área de estudio se destacan los afloramientos volcánicos pertenecientes a la era Cenozoica son areniscas Cretácicas y Depósitos Cuaternarios. Las rocas volcánicas son las más abundantes en las cuales se presentan los mayores movimientos de masa. Los factores condicionantes de la inestabilidad situada en el lugar de Huambocancha Baja: la litología de las rocas volcánicas (27%), la pendiente (21%), la dureza de las rocas (17) y la cobertura vegetal (15%). Se ha determinado que el factor tectónico no es condicionante de la inestabilidad debido a que las rocas volcánicas son depositadas posteriormente a la fase Tectónica Incaica. Al superponerse el mapa factor litológico y el de pendiente se observa que las zonas inestables se ubican mayormente en rocas volcánicas y con altas pendientes; finalmente se han identificado 11 movimientos de masa en el área de influencia con 3.2 Km, determinándose 4 deslizamientos, 3 flujos de detritos, 3 caídas de rocas y un movimiento complejo, mayormente ubicados en rocas volcánicas.

**Alva, (2019).** Realiza la investigación titulada “Peligros geológicos en la localidad de San Marcos, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos”, cuyo objetivo principal es la identificación de los peligros geológicos, las zonas más vulnerables y el nivel de riesgo. Con una metodología de investigación exploratoria, correlacional y deductiva analítica desarrollada en diferentes etapas, desde la recopilación de información y revisión bibliográfica, procesamiento de datos de campo obtenidos de las 28 estaciones distribuidas a lo largo del área de estudio y elaboración de planos, hasta la obtención de los resultados, se concluye que, los peligros geológicos predominantes son los deslizamientos, hundimientos y socavación de terreno; siendo los principales factores condicionantes la litología, la pendiente, la hidrología, y la actividad antrópica, e identificando como zonas de mayor riesgo las alledañas a los cauces de los ríos que bordean la localidad.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Peligro

El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presenta en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos (CENEPRED, 2014).

El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana. Para el presente manual solo se ha considerado los peligros originados por fenómenos de origen natural. Para el estudio estos fenómenos se han agrupado los peligros de acuerdo a su origen. Esta agrupación nos permite realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos.

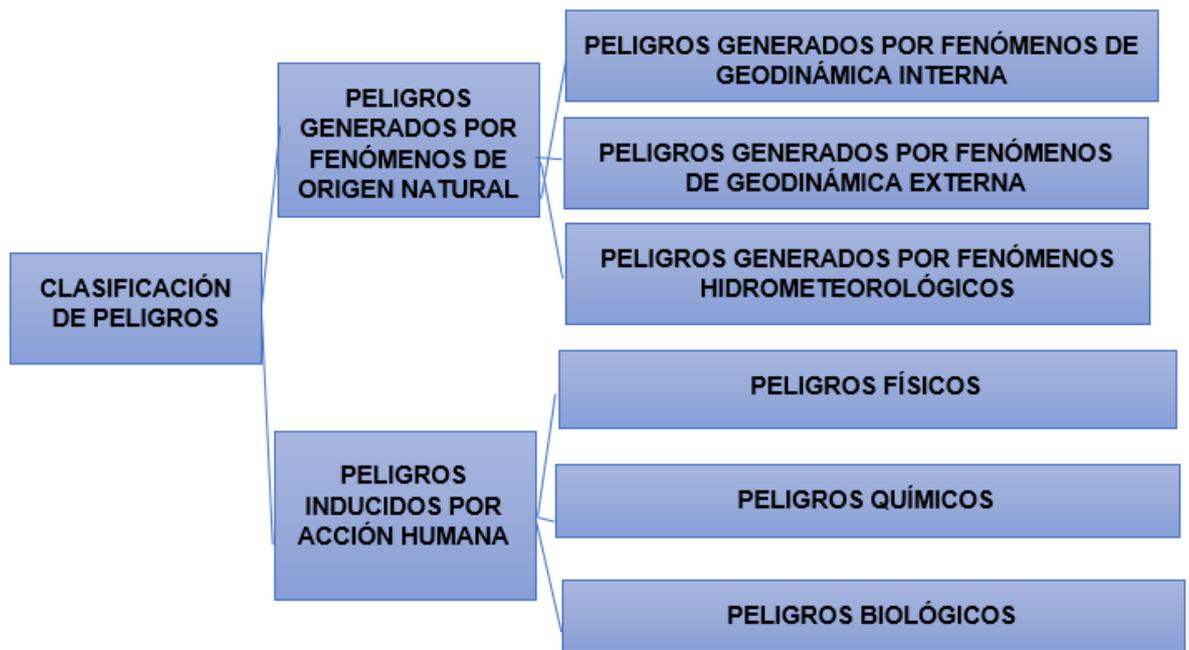


Gráfico 1. Clasificación de Peligros. CENEPRED, 2014.

Esta clasificación ha permitido ordenar los fenómenos de origen natural en tres grupos: Así podemos apreciar en el gráfico 3, el resultado de la clasificación indicada:

Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna

Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa

Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos.



Gráfico 2. Peligros Generados por Fenómenos de Origen Natural, (CENEPRED, 2014).

- **Peligros Generados por Fenómenos de Geodinámica Interna**

• **Sismos**

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas.

Según la Sociedad Geológica del Perú (2019). A nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la Tierra libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto. En este contexto, la actividad sísmica en torno de la placa del Pacífico, es debida a los diversos procesos de convergencia de placas con velocidades de hasta 8 cm/año. En América del Sur, en su borde occidental, son las placas de Nazca y Sudamericana las que convergen y desarrollan el proceso de subducción mediante el cual, la placa oceánica de Nazca se introduce por debajo de la continental o Sudamericana. Este proceso es el causante de la geodinámica activa del país y, por ende, de una importante actividad sísmica, volcánica y efectos asociados.

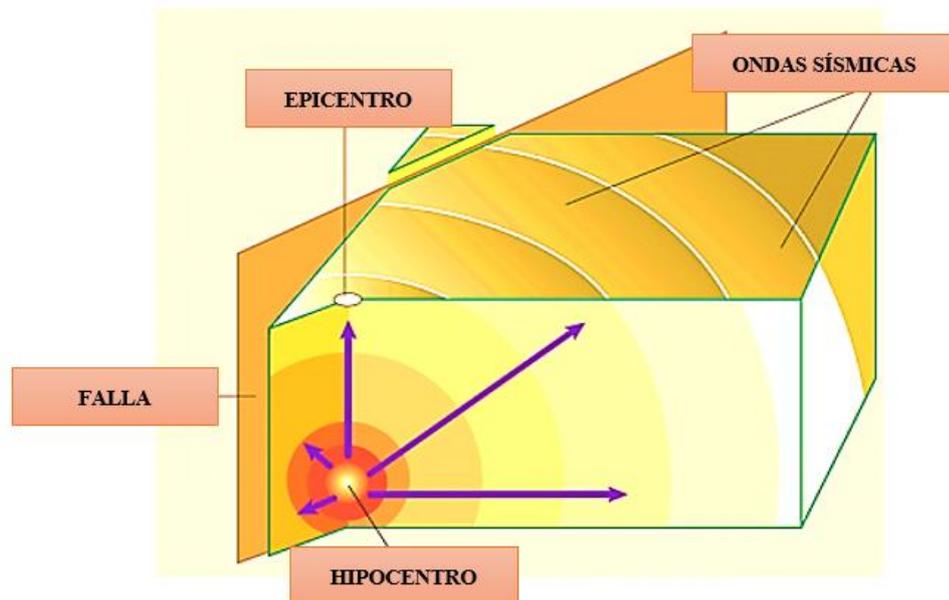


Figura 1. Componentes de un Sismo generado por una Falla Geológica (Geosismic, 2015).

- **Peligros Generados por Fenómenos de Geodinámica Externa**

- **Caídas**

Según Varnes (1978) son movimientos que consisten en el desplazamiento de bloques de roca por efecto de la gravedad a lo largo de pendientes empinadas, cuyos movimientos dependiendo de la pendiente del talud pueden ser del tipo caída libre, saltos, rodamiento o deslizamiento.

- **Volcamientos**

Según Cruz y Gómez (2016). Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia delante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad. Generalmente, los volcamientos ocurren en las formaciones rocosas, pero también, se presentan en suelos cohesivos secos y en suelos residuales.

**Caída de Rocas en taludes**

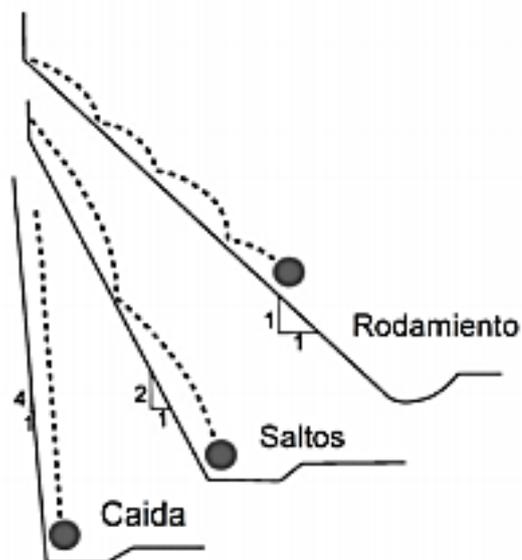


Figura 2. Caídas de Rocas en Taludes (Varnes, 1978).

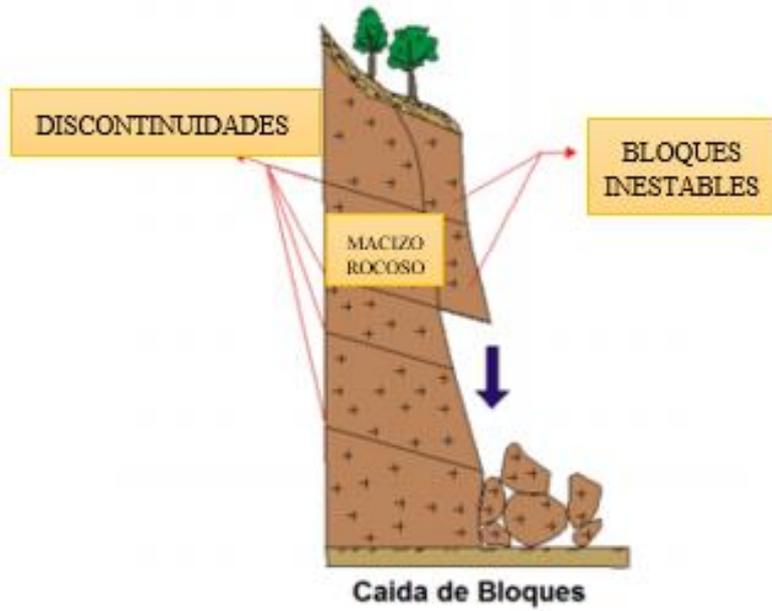


Figura 3. Caída de Bloques (Varnes, 1978).

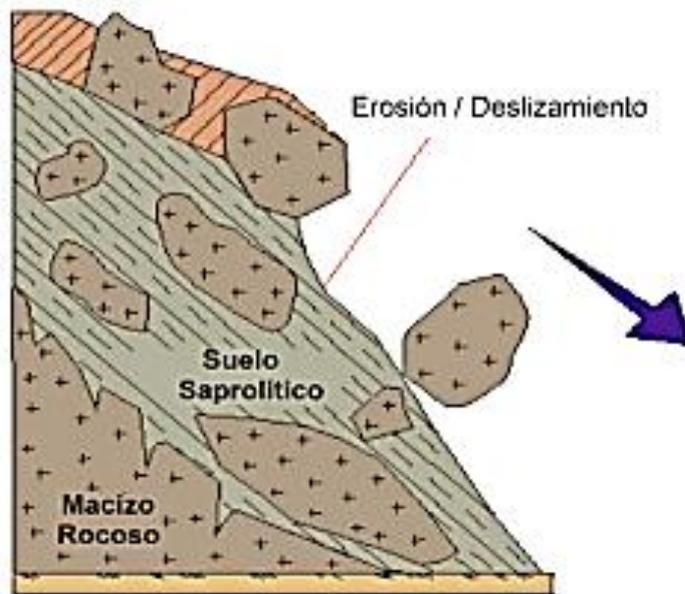


Figura 4. Rodamiento de Bloques (Varnes, 1978).

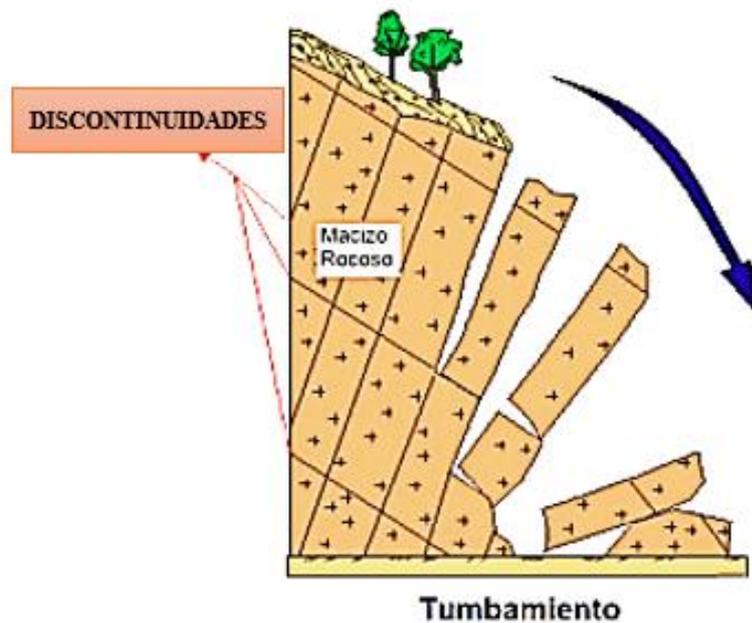


Figura 5. Tumbamiento (Varnes, 1978).

- **Deslizamiento de Roca y Suelo**

Deslizamientos rotacionales son frecuentes en suelos homogéneos (cohesivos), se caracterizan por que la superficie de falla tiene forma curva o forma de cuchara, en este deslizamiento la masa deslizada se acumula al pie de la ladera, así como un lóbulo.

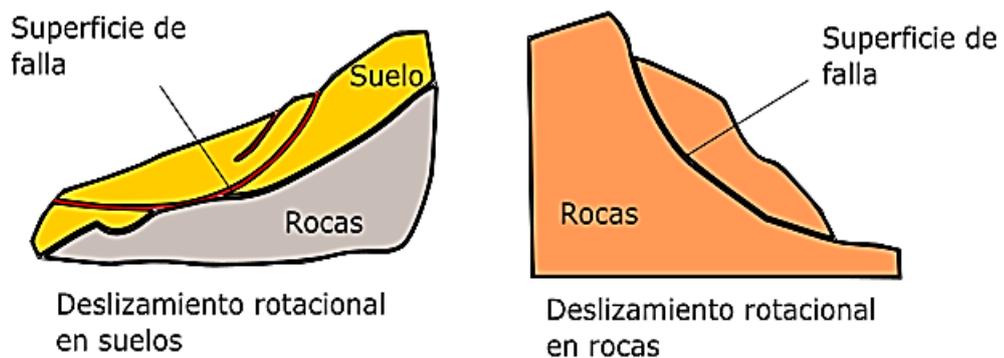
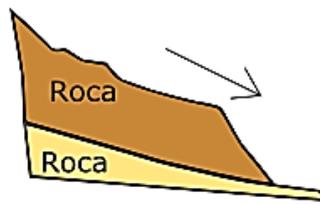


Figura 6. Deslizamiento rotacional en suelos y rocas (Geoweb, 2017).

Con respecto a los deslizamientos traslacionales pueden generarse en suelos y rocas, la rotura se da a través de una o varias superficies de falla (estratificación, contacto entre rocas, planos de debilidad) que son planas y se orientan a favor del talud (ladera).



Deslizamiento traslacional en suelos



Deslizamiento traslacional en rocas

Figura 7 Deslizamiento traslacional en rocas y suelos (Geoweb, 2016).

Material		ROCK	DÉBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		<p>Rock fall</p>	<p>Debris fall</p>	<p>Earth fall</p>
		<p>Rock topple</p>	<p>Debris topple</p>	<p>Earth topple</p>
SLIDES	Rotational	<p>Single rotational slide (slump)</p>	<p>Multiple rotational slide</p>	<p>Successive rotational slides</p>
	Translational (Planar)	<p>Rock slide</p>	<p>Debris slide</p>	<p>Earth slide</p>
SPREADS		<p>e.g. embanking and valley bulging</p>		<p>Earth spread</p>
FLOWS		<p>Solifluction flows (Periglacial debris flows)</p>	<p>Debris flow</p>	<p>Earth flow (mud flow)</p>
COMPLEX		<p>e.g. Stump-earthflow with rockfall debris</p>		<p>e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe</p>

Figura 8. Clasificación de Movimientos de Masas (Varnes, 1978).

- **Propagación Lateral**

Se caracteriza por que el movimiento de la masa se desplaza lentamente por deformación interna del material (expansión), considerándose como la etapa final de un serie de movimientos donde la deformación interna predomina sobre otros mecanismos de movimientos, se producen generalmente en terrenos casi planos y Son de dos tipos: Propagación lateral lenta, propio de las ocurrida en los estratos rocosos gruesos, que sobre yacen a materiales blandos los cuales al producirse la ruptura o agrietamiento por efecto de factores desencadenantes, este material ü se desplaza hacia las grietas dando origen a desplazamientos lentos Propagación lateral rápida propio de materiales limo arcillosos sensibles o arenas de densidad baja y media con poca cohesión, los cuales por efectos de factores desencadénate como los sismos dan origen al movimiento extremadamente rápidos y peligrosos produciendo licuación. Algunos autores como (Hunggr et al., 2001) prefieren clasificarlo dentro de los flujos.

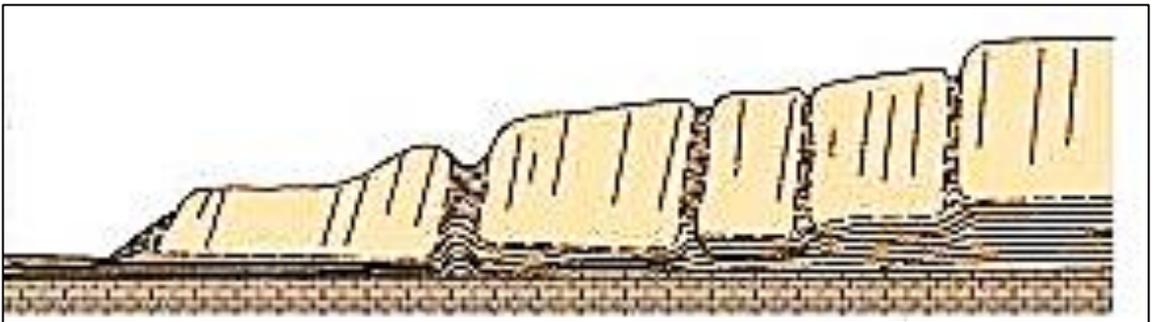


Figura 9. Esquema ideal de la propagación lateral en suelos (Varnes, 1978).

- **Flujo**

En un “flujo” ocurren movimientos relativos de las partículas, o bloques pequeños, dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie. Las deformaciones relativas internas son muy grandes y fluyen en forma similar a un líquido viscoso. El flujo puede ser laminar a turbulento. Al aumentar la densidad y la viscosidad, el flujo puede transportar grandes bloques hacia la parte superior.

a) Caído de rocas

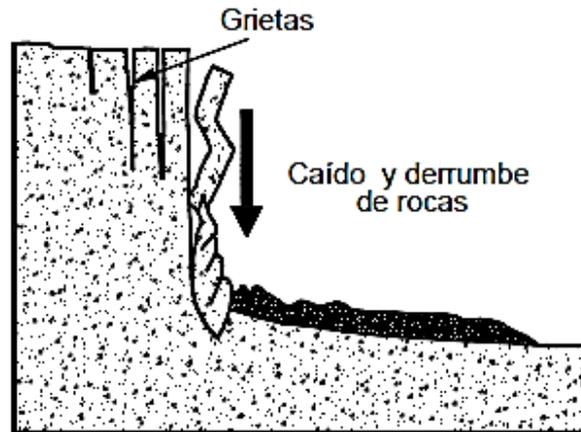


Figura 10. Caída de Rocas (Greertsema, 2006).

b) Deslizamientos de traslación

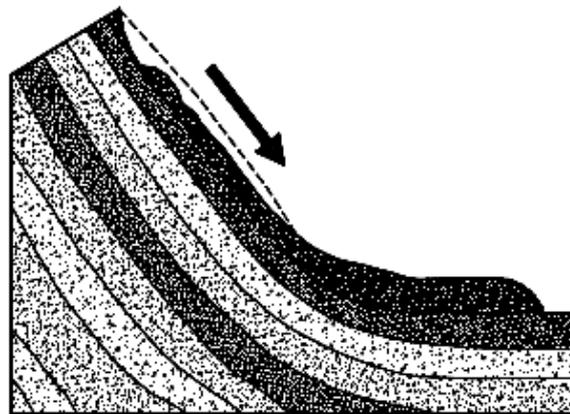


Figura 11. Deslizamientos de traslación (Greertsema, 2006).

c) Deformaciones

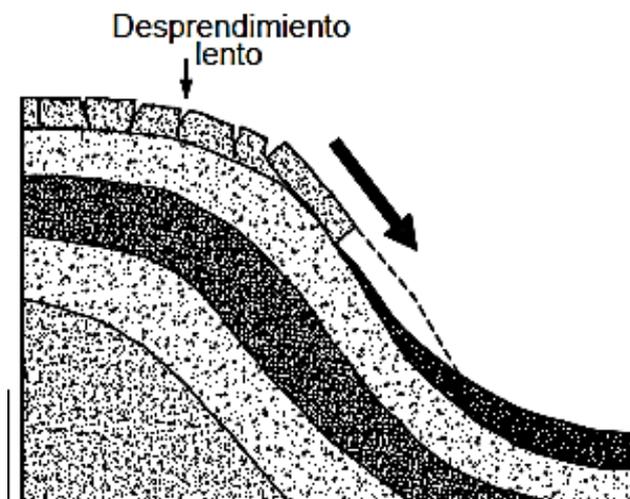


Figura 12. Deformaciones – Desprendimiento lento (Greertsema, 2006)

- **Reptación**

Es un movimiento muy lento que se da en capas superiores de laderas arcillosas, de en torno a 50 centímetros de espesor o menos. Está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales en el suelo, ya que el agua favorece este

fenómeno actuando como lubricante además del aumento del peso consiguiente. También son importantes las variaciones diarias en la temperatura del propio suelo y otros factores, como la acción de animales, silvestres o domésticos.

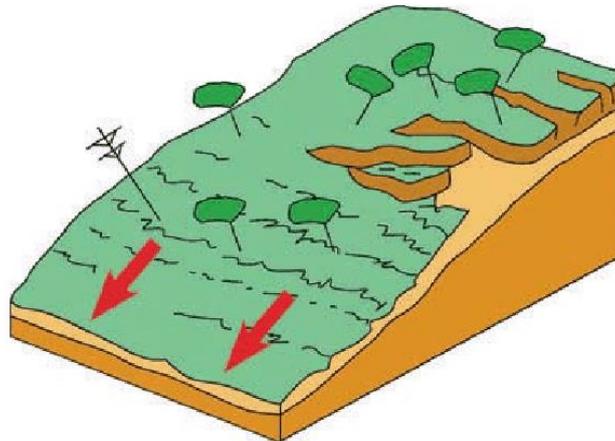


Figura 13. Esquema ideal de reptación (Varnes, 1978).

- **Deformaciones Gravitacionales Profundas**

Los hundimientos por deformación geológica conocidos en la nomenclatura internacional como “sagging” (Hutchinson, 1988), consisten en deformaciones profundas, en gran escala, bajo la influencia de la gravedad. Se presentan en macizos de roca aparentemente competente donde han ocurrido procesos internos de cambio de esfuerzos.

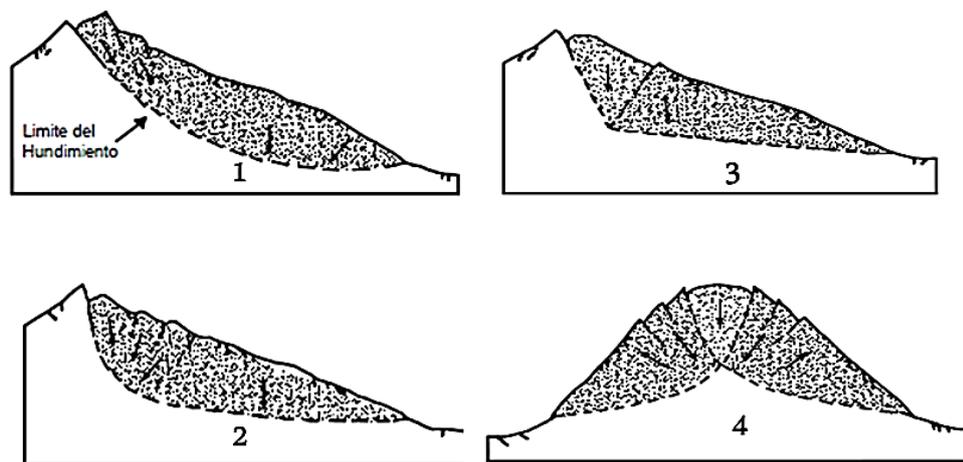


Figura 142. Tipos de sagging o hundimientos por deformación geológica (Varnes, 1978).

- **Peligros Generados por Fenómenos Hidrometeorológicos.**

Estos peligros son los que tienen un agente en común el cual puede ser un fluido, como el agua o el aire, entre los principales se pueden mencionar los siguientes:

Inundaciones, lluvias intensas, sequía, tormentas eléctricas, vientos fuertes, erosión, incendios forestales.

- **Inundaciones**

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. Las llanuras de inundación (franjas de inundación) son áreas de superficie adyacente a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes. Debido a su naturaleza cambiante, las llanuras de inundación y otras áreas inundables deben ser examinadas para precisar la manera en que pueden afectar al desarrollo o ser afectadas por él.

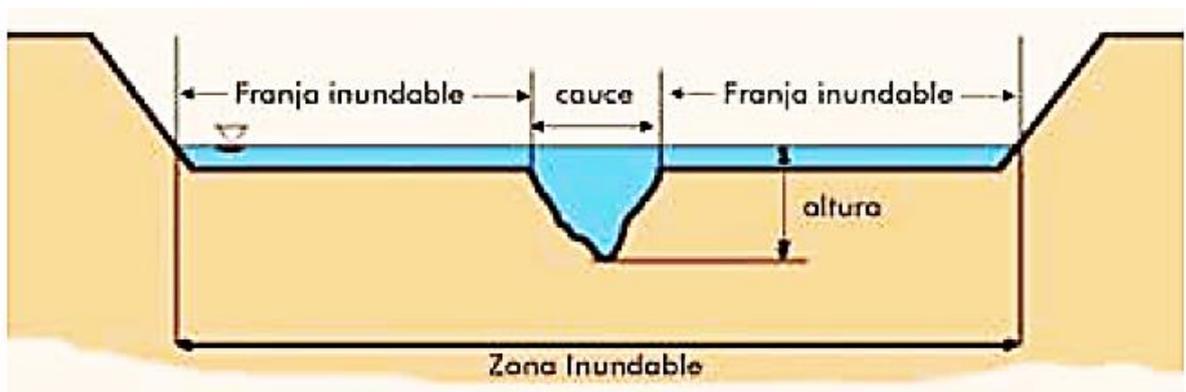


Figura 15. Sección típica simplificada de un río en la que se observa el canal principal, así como las llanuras de inundaciones (CENEPRED, 2014).

- **Lluvias Intensas.**

La lluvia es una precipitación de agua líquida en forma de gotas que caen con velocidad apreciable y de modo continuo. Según el tamaño de las gotas se califican de llovizna, lluvia o chubasco. Estas dos últimas modalidades se clasifican por su intensidad en:

- Fuertes (entre 15 y 30 mm/hora)
- Muy fuertes (entre 30 y 60 mm/hora)
- Torrenciales (por encima de 60 mm/hora).

La lluvia depende de tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y la humedad atmosférica. Según su origen, las precipitaciones se pueden clasificar en tres tipos fundamentales:

- Convectivas, asociadas a latitudes cálidas y a las tormentas de verano de la zona templada. Se producen por el fuerte calentamiento que experimenta la superficie de la tierra o, en general, cuando sobre una superficie caliente pasa aire húmedo e inestable.
- Frontales o Ciclónicas cuando entran en contacto dos masas de aire de características térmicas distintas, el mecanismo esencial es el ascenso de aire frío por convergencia horizontal de corrientes en una zona de bajas presiones. Se producen en las latitudes templadas.
- Orográficas: Se producen cuando una masa de aire húmeda choca con un relieve montañoso y al chocar asciende por la ladera orientada al viento. Los sistemas montañosos pueden impulsar las corrientes ascendentes, frenar la velocidad de los sistemas frontales o producir en los valles un efecto "embudo" que origina una convergencia y elevación de corrientes ascendentes. (Gobierno de España, 2021).

- **Sequías.**

Las sequías se relacionan con la reducción de la lluvia en niveles por debajo de lo normal; si esta se prolonga (semanas a meses), se manifiesta una sequía meteorológica, lo que causa déficit en el contenido de humedad en el suelo y, como resultado, una sequía agrícola. De prolongarse su duración, se produciría una sequía hidrológica que se caracteriza por la reducción de caudales en ríos y/o recarga de aguas subterráneas: esto causa escasez hídrica y, por lo tanto, un aumento en la demanda del agua.

Las sequías hidrológicas en ríos amazónicos del Perú y Brasil, ocurridas en 2005 y 2010, implicaron la reducción de caudales e impactaron severamente en el transporte fluvial, principal medio de comunicación para el transporte de alimento de ciudades amazónicas. Asimismo, en 2005, 2010 y 2016 se observó un incremento severo (400 %) de la ocurrencia de incendios forestales en los Andes (Cusco, Cajamarca, Apurímac, Puno, entre otros) y un deterioro de la flora y fauna en la Amazonía, lo que afectó drásticamente la actividad fotosintética del bosque amazónico. (Plataforma Digital Única del Estado Peruano, 2020).

- **Erosión de Suelos**

Entre los peligros por geodinámica externa, se encuentran los producidos por erosión de capa superficial de suelos o rocas debido a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento los que afectan la

probabilidad o vulnerabilidad de los factores condicionantes. Otra definición: “proceso natural de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua o del viento”.

### 2.2.2. Susceptibilidad

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico). De acuerdo a este esquema, aquellas franjas de terreno que quedan rápidamente bajo las aguas de inundación corresponderían a áreas de mayor susceptibilidad hídrica, en tanto que aquellas que no resulten invadidas representarían a áreas de menor susceptibilidad hídrica.

- **Factores Condicionantes**

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial.

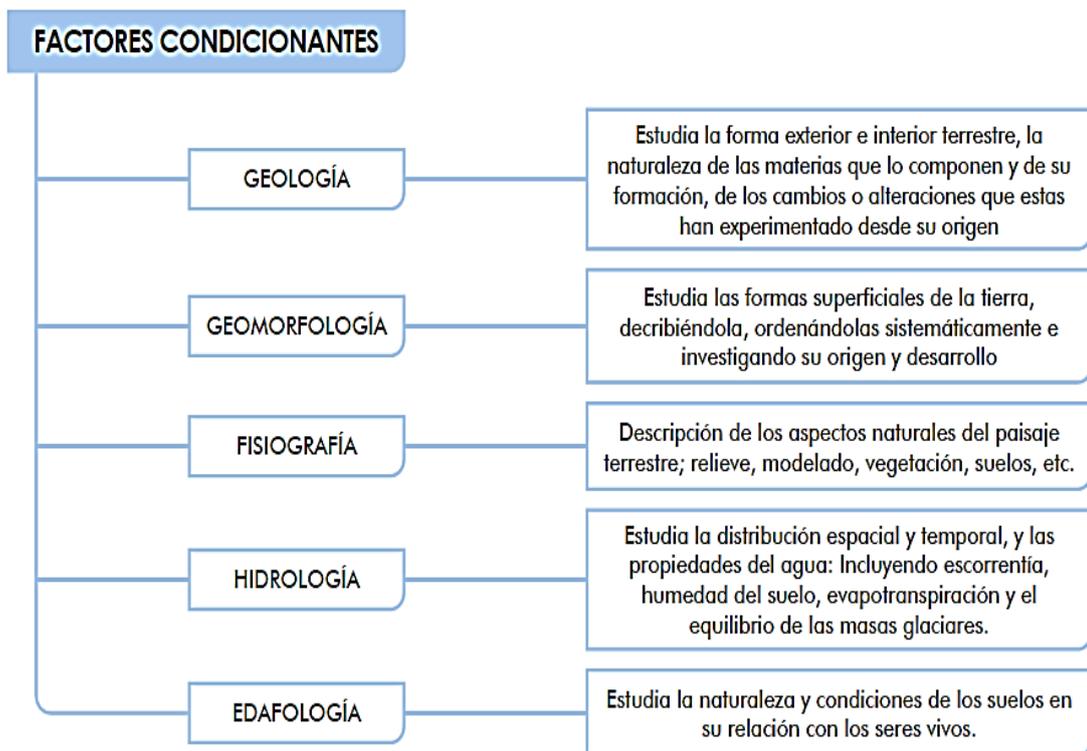


Gráfico 3. Factores Condicionantes del Peligro. CENEPRED, 2014.

- **Factores Desencadenantes**

Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias

generan deslizamiento de material suelto o meteorizado, los sismos de gran magnitud ocurridos en el mar (locales) ocasionan tsunamis, etc.

- **Susceptibilidad en el Marco Geológico**

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de los factores condicionantes o intrínsecos propios de la roca o suelo. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad. La susceptibilidad de movimientos de masa en laderas por deslizamientos se puede evaluar de dos formas diferentes: Sistema de la experiencia y sistema teórico (Cruden, 1991).

### **2.2.3. Niveles de Peligrosidad**

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1 000 000 000 m3, alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequia: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	$0.260 \leq R < 0.503$
<b>PELIGRO ALTO</b>	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100 000 000 m3, alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	$0.134 \leq R < 0.260$
<b>PELIGRO MEDIO</b>	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10 000 000 m3, alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	$0.068 \leq R < 0.134$
<b>PELIGRO BAJO</b>	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias y/o Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad. Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Vulcanismo: piroclastos 1 000 000 m3, alcance menor a 100m, IEV menor a 1. Descenso de Temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500msnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Sequia: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Pendiente menor a 20°, Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	$0.035 \leq R < 0.068$

Tabla 1. Matriz General de Peligro. Fuente: CENEPRED, 2014

#### 2.2.4. Vulnerabilidad

Se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural.

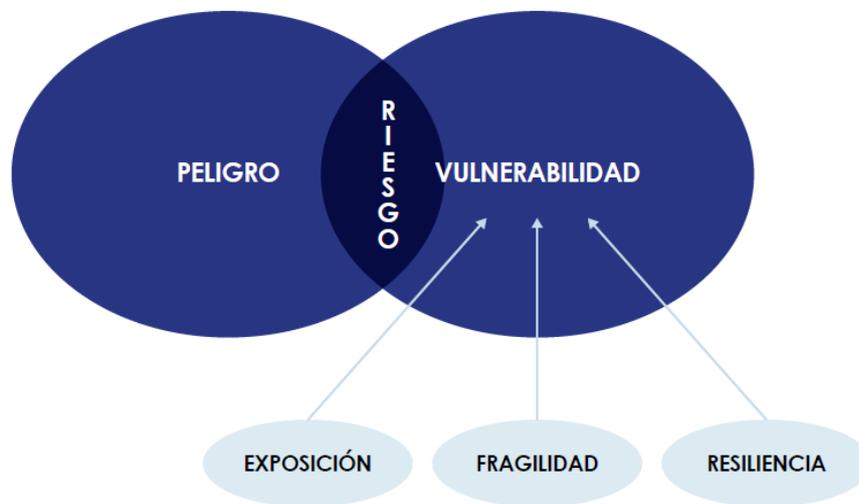


Figura 16. Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia (CAN, 2014).

- **Exposición**

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

Con este componente factor se analizan las unidades sociales expuestas (población, unidades productivas, líneas vitales, infraestructura u otros elementos) a los peligros identificados.

- **Fragilidad**

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

- **Resiliencia**

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

#### **2.2.5. Niveles de Vulnerabilidad**

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de vulnerabilidad pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>VULNERABILIDAD MUY ALTO</b>	Grupo etario: de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: Muy malo. Topografía del terreno: $50\% \leq P \leq 80\%$ . Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20km. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: mayor a 75%. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%. Área agrícola: mayor a 75%. Servicios de telecomunicación: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años. PEA desocupada: escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca efectividad en su gestión, desprestigio y aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias. Pérdida de agua: demanda agrícola y pérdida por contaminación.	$0.260 \leq R < 0.503$
<b>VULNERABILIDAD ALTA</b>	Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$ . Configuración de elevación de la edificación: 4. Actitud frente al riesgo: escasamente provisoria de la mayoría de la población. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%. Area agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.	$0.134 \leq R < 0.260$
<b>VULNERABILIDAD MEDIA</b>	Grupo etario: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: quincha (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$ . Actitud frente al riesgo: parcialmente provisoria de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 25% y mayor a 10%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%..	$0.068 \leq R < 0.134$
<b>VULNERABILIDAD BAJA</b>	Grupo etario: de 15 a 50 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$ . Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%. Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km.	$0.035 \leq R < 0.068$

Tabla 2. Matriz General de Vulnerabilidad. Fuente: CENEPRED, 2014

### 2.2.6. Riesgo

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. (Carreño et. al. 2005).

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b) y Coburn y Spence (1992), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función del peligro y la vulnerabilidad.

$$R_{ie} = \mathcal{F}(P_i, V_e)$$

- R = Riesgo.
- $\mathcal{F}$  = En función
- $P_i$  = Peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$
- $V_e$  = Vulnerabilidad de un elemento expuesto

Para el análisis de peligros se identifican y caracterizan los fenómenos de origen natural mediante el análisis de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad. Asimismo, deberán analizar los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por tres componentes: exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar. (Manual Básico de Estimación de Riesgo, 2006).

Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se requiere que previamente se haya determinado los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente (CENEPRED, 2014).

Es decir, es el valor (X, Y), en un plano cartesiano. Donde en el eje de la Y están los niveles del Peligro y en eje de la X están las Vulnerabilidades.

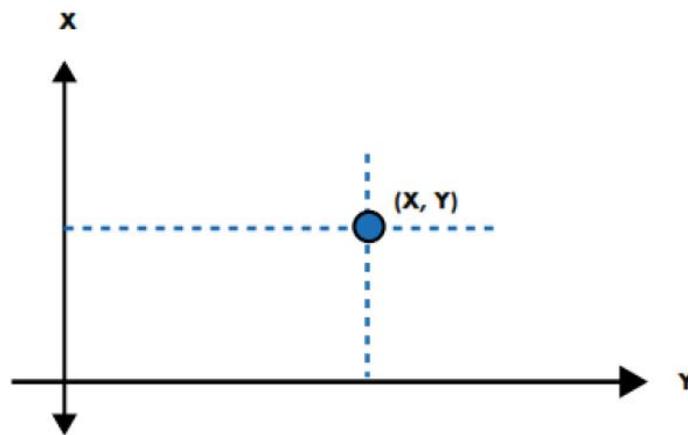


Figura 17. Plano cartesiano en el eje X y el eje Y – CENEPRED 2014.

- **Matriz de Riesgo**

Este cuadro de doble entrada nos permite determinar el nivel del riesgo, sobre la base del conocimiento de la peligrosidad y de las vulnerabilidades.

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.260	0.503
		VB	VM	VA	VMA

Tabla 3. Matriz de Riesgo de doble entrada. Fuente: CENEPRED, 2014

Riesgo Muy Alto	$0.068 \leq R < 0.253$
Riesgo Alto	$0.018 \leq R < 0.068$
Riesgo Medio	$0.005 \leq R < 0.018$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.005$

Tabla 4. Rangos para cada uno de los Niveles de Riesgo. CENEPRED, 2014

## 2.2.7. Clasificación del Terreno en Rocas y Suelos

- **RMR – Bieniawski (1989)**

La clasificación geomecánica o Sistema Rock Mass Rating (RMR), postulado en 1976 con actualizaciones hasta 1989, en el cual propone valores para los parámetros en función de calidad del macizo rocoso el cual permite estimar los parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo, constituyendo un sistema de clasificación de los macizos rocosos que permiten a su vez relacionar el índice de calidad con los parámetros geotécnicos del macizo (González de Vallejo, 2004). Esta clasificación considera los siguientes parámetros:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturamiento en términos del RQD.
- Espaciamiento de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

Parámetros de clasificación RMR (Bieniawski 1989)								
1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión simple (MPa)	
		Compresión simple	>250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25-5 5-1 <1	
		<i>Puntuación</i>	15	12	7	4	2 1 0	
2		RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%	
		<i>Puntuación</i>	20	17	13	6	3	
3		Separación entre diaclasas	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	<0.06 m	
		<i>Puntuación</i>	20	15	10	8	5	
4	Estado de las discontinuidades		Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	>20 m
			<i>Puntuación</i>	6	4	2	1	0
			Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
			<i>Puntuación</i>	6	5	3	1	0
			Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
			<i>Puntuación</i>	6	5	3	1	0
			Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
			<i>Puntuación</i>	6	4	2	2	0
			Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
			<i>Puntuación</i>	6	5	3	1	0
5		Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min	
		Relación:						
	Agua freática	Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	
	<i>Puntuación</i>	15	10	7	4	0		

Tabla 5. Parámetros de clasificación de la roca (RMR) según Bieniawski 1989.  
Fuente: Recuperado de Gonzales de Vallejo, 2004.

<b>Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR</b>				
<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Valoración RMR</b>	<b>Cohesión</b>	<b>Ángulo de rozamiento</b>
I	Muy buena	100 - 81	>4 kg/cm <sup>2</sup>	> 45°
II	Buena	80 - 61	3 - 4 kg/cm <sup>2</sup>	35° - 45°
III	media	60 - 41	2 - 3 kg/cm <sup>2</sup>	25° - 35°
IV	mala	40 - 21	1 - 2 kg/cm <sup>2</sup>	15° - 25°
V	Muy mala	<20	<1 kg/cm <sup>2</sup>	< 15°

Tabla 6. Categorización de los macizos rocosos en relación al RMR.

Fuente: Recuperado de Gonzales de Vallejo, 2004.

- **Geological Strength Index (GSI)**

El índice de Resistencia Geológica (GSI, Geological Strength Index), desarrollada por Hoek y Brown (1997) citada por González de Vallejo (2004). Se basa en estimaciones cualitativas, y en modelos simples, que rara vez coinciden con las condiciones reales. Ya que las observaciones debían ser realizadas por geólogos o Ingenieros geólogos cuantificadores, es por lo cual Hoek (2013), presenta. Una cuantificación de la tabla GSI sobre la base de dos parámetros bien establecidos, las condiciones de las discontinuidades y el RQD.

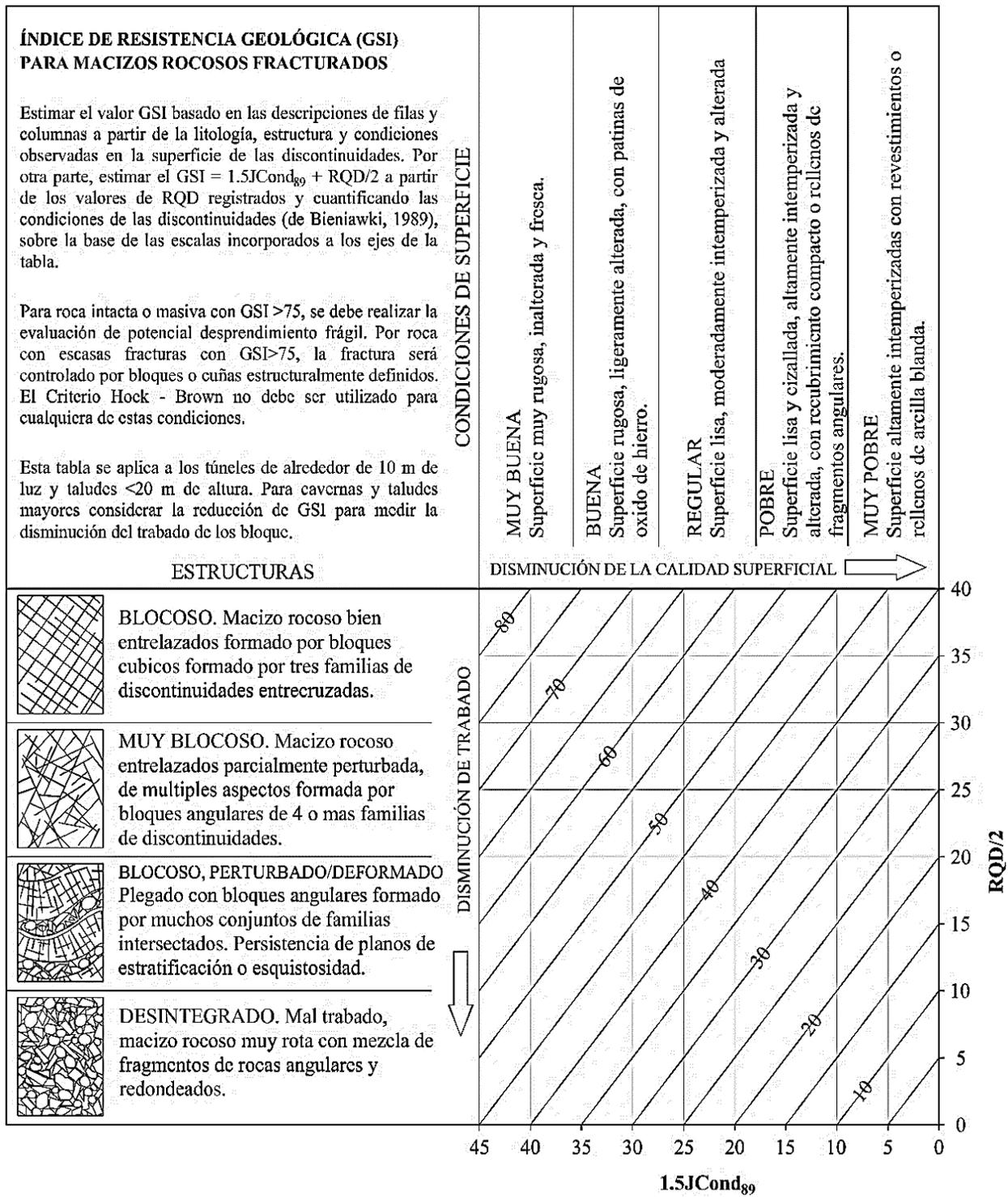


Figura 318. Índice de resistencia geológica para macizos rocosos fracturados (Hoek & Brown, 2013).

<b>Calidad del Macizo</b>	<b>Tipo</b>	<b>GSI</b>
Muy mala	V	0-20
Mala	IV	21-40
Regular	III	41-60
Buena	II	61-80
Muy Buena	I	81-100

Tabla 7. Clasificación geomecánica para el GSI. Fuente: Hoek & Brown, 2002.

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
		Menos de 5% finos <sup>a</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
		Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW	
		Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP
Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM		
	Más de 12% finos <sup>b,d</sup>	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC	
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) <sup>e</sup>	CL
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) <sup>e</sup>	ML
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OL	OL
			Orgánico	Gráficos $PI$ en o por encima de línea "A" (figura 4.2)
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Orgánico	Gráficos $PI$ por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH
			$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OH	OH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico		Pt	

<sup>a</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

<sup>b</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

<sup>c</sup> $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ;  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

<sup>d</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

<sup>e</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

Tabla 8. Clasificación SUCS de suelos. Fuente: Braja, 2010.

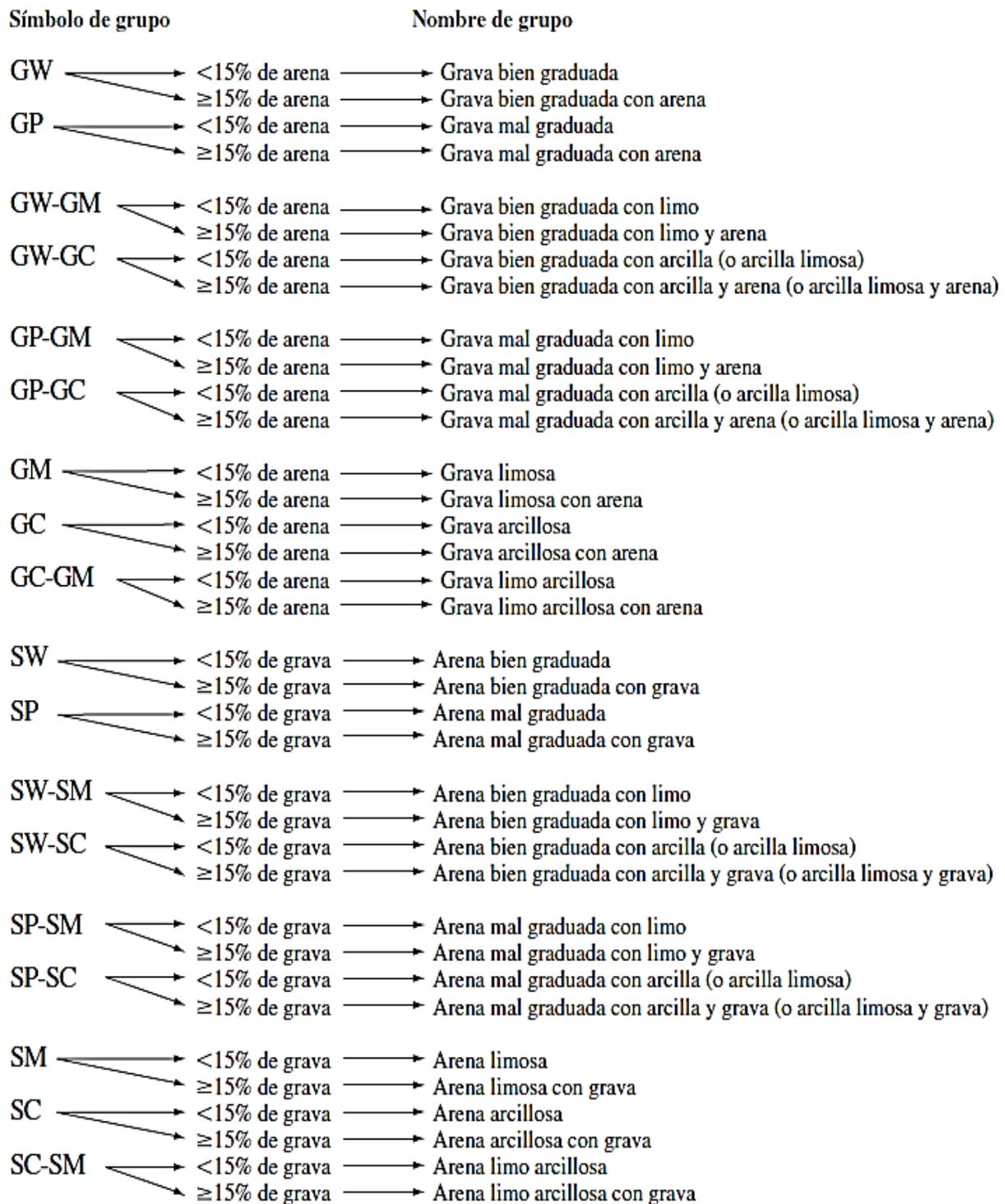


Figura 19. Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo (ASTM, 2010)

- **Capacidad Portante de Rocas y Suelos**

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

- Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.
- Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

ITEM	TIPO DE TERRENO	Kg/cm <sup>2</sup>
1	Roca dura y sana (granito, basalto)	40
2	Roca medianamente dura y sana (pizarras, esquistos, areniscas)	20
3	Roca blanda, con fisuras (lutitas, margas)	7
4	Conglomerado compacto bien graduado	4
5	Grava, mezcla de arena y gravas	2*
6	Arena gruesa, mezcla de grava y arena	2*
7	Arena media, media a fina, media a gruesa, mezclada con limo y/o arcilla	1.5*
8	Arena fina, fina a media, mezclada con limo y/o arcilla	1.0*
9	Arcilla inorgánica firme (bien compactada)	1.5
10	Arcilla inorgánica blanda	0.5
11	Limo orgánico con o sin arena	0.25

\* Reducir en 50% en el caso de estar bajo el nivel freático (nivel de agua)

Tabla 9. Capacidad portante de los materiales más comunes en el terreno calculados empíricamente. Fuente: Viera, 2011

- Precipitación

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico.

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, llevando agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y, por ende, favoreciendo la vida en nuestro planeta, tanto de animales como de vegetales, que requieren agua para vivir. La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad. Es posible insembrar nubes para inducir la precipitación rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, acelerando la formación de gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación, aunque estas pruebas no han sido satisfactorias.

Clasificación	Rango (mm/año)
Lluvia Nula (LL-n)	0
Lluvias Ligeras (LL-l)	1 - 500
Lluvias Moderadas (LL-m)	501 - 1000
Lluvias Fuertes (LL-f)	1001 - 4200
Lluvias Intensas (LL-i)	4201 - 8400
Lluvias Torrenciales (LL-t)	> 8401

Tabla 10. Intensidad de precipitación anual dada en (mm/año). Fuente: Jackaranga, 2015.

### 2.2.8. Cartografiado

La cartografía es una ciencia que basa su objeto de estudio en la descripción y representación de los fenómenos espaciales, a partir de modelos (representaciones simplificadas de los hechos estudiados) que permiten una mejor comprensión de estos fenómenos. Es decir, a partir de la construcción de una serie de elementos espaciales se modela la realidad, a fin de lograr una representación simbólica de la misma (Santamaría, 2011). El soporte cartográfico sirve como marco contenedor de la información recopilada, tanto en la etapa de gabinete como del mapeo y toma de datos en campo. Se reconocen dos tipos de cartografía necesarias para la evaluación de la susceptibilidad:

- **Cartografiado Base o Topográfica**

Compuesta por un conjunto de curvas de nivel que se utilizan para representar las características generales del relieve terrestre y para la georreferenciación de los peligros. Además, con este se puede medir formas, tamaños, distancias, perímetros y áreas que se requieren como datos adicionales para la zonificación primaria (Cholán, 2014).

- **Cartografiado Temática**

En ellos se representan a los factores condicionantes en la inestabilidad de laderas (FCI) y se conforman por la agrupación de las denominadas sub unidades cartográficas, definidas como una porción de la superficie del área cartografiada en unidades de polígonos y que contienen una superficie de características de las condiciones del terreno que difieren de las unidades adyacentes mediante límites bien definidos (Cholán, 2014).

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Peligrosidad:** La peligrosidad es la probabilidad de que ocurra un fenómeno catastrófico en un lugar e intervalo de tiempo determinado. Los grados de peligrosidad de un suceso se pueden representar en un mapa de peligrosidad. Para calcular los grados de peligrosidad se tienen en cuenta varios factores: Distribución geográfica del suceso, período de retorno del suceso, severidad del suceso. (Geología Peruana, 2017)
- **Peligro Geológico:** Los peligros geológicos son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones. (INGEMMET, 2021).
- **Procesos Exógenos:** son exclusivos de la superficie de la Tierra, y resultan de la interacción entre las rocas de la corteza terrestre y la atmósfera, hidrosfera y biosfera. (Solari, 2003)
- **Procesos Endógenos:** ocurren en el interior de nuestro planeta, y las variables son la presión, temperatura y composición química. (Solari, 2003)
- **Deslizamientos:** Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en transnacionales (superficie de falla

plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava). (INGEMMET, 2021).

- **Vulnerabilidad:** La vulnerabilidad es una medida de la susceptibilidad ante los daños. Representa el grado de daño producido respecto al total expuesto ante un determinado suceso; se trata de una proporción en relación al total expuesto, de vidas humanas o pérdidas económicas, ante un suceso. Se expresa en forma de probabilidad, en la que 1 representaría la pérdida total y 0, la ausencia de daño. (Geología Peruana, 2017)
- **Riesgo Geológico:** evento o proceso natural (erupciones volcánicas, remociones en masa, inundaciones, terremotos, tsunamis), generado por la dinámica interna o superficial del planeta, que pueden ocasionar daño a la sociedad o al ambiente. (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2023)

**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

**3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

**3.1.1. Ubicación Geográfica**

El área de investigación se encuentra ubicada al SE de la ciudad de Cajamarca perteneciente al cuadrángulo de Cajamarca carta 15g3 y 15g4 de la zona 17S, delimitada por las coordenadas del sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) Datum WGS-84, y delimitada dentro de los siguientes vértices:

	VÉRTICE	NORTE	ESTE
	V1	9198750	789750
Zona de Estudio	V2	9198750	791000
	V3	9197750	791000
	V4	9197750	789750

Tabla 11. Vértices en coordenadas UTM - WGS 84 que delimitan la Zona de Investigación.

**3.1.2. Ubicación Política**

El área de investigación se encuentra ubicada en la localidad de Jesús y sus alrededores perteneciente al Distrito del mismo nombre, Provincia de Cajamarca, Región de Cajamarca.

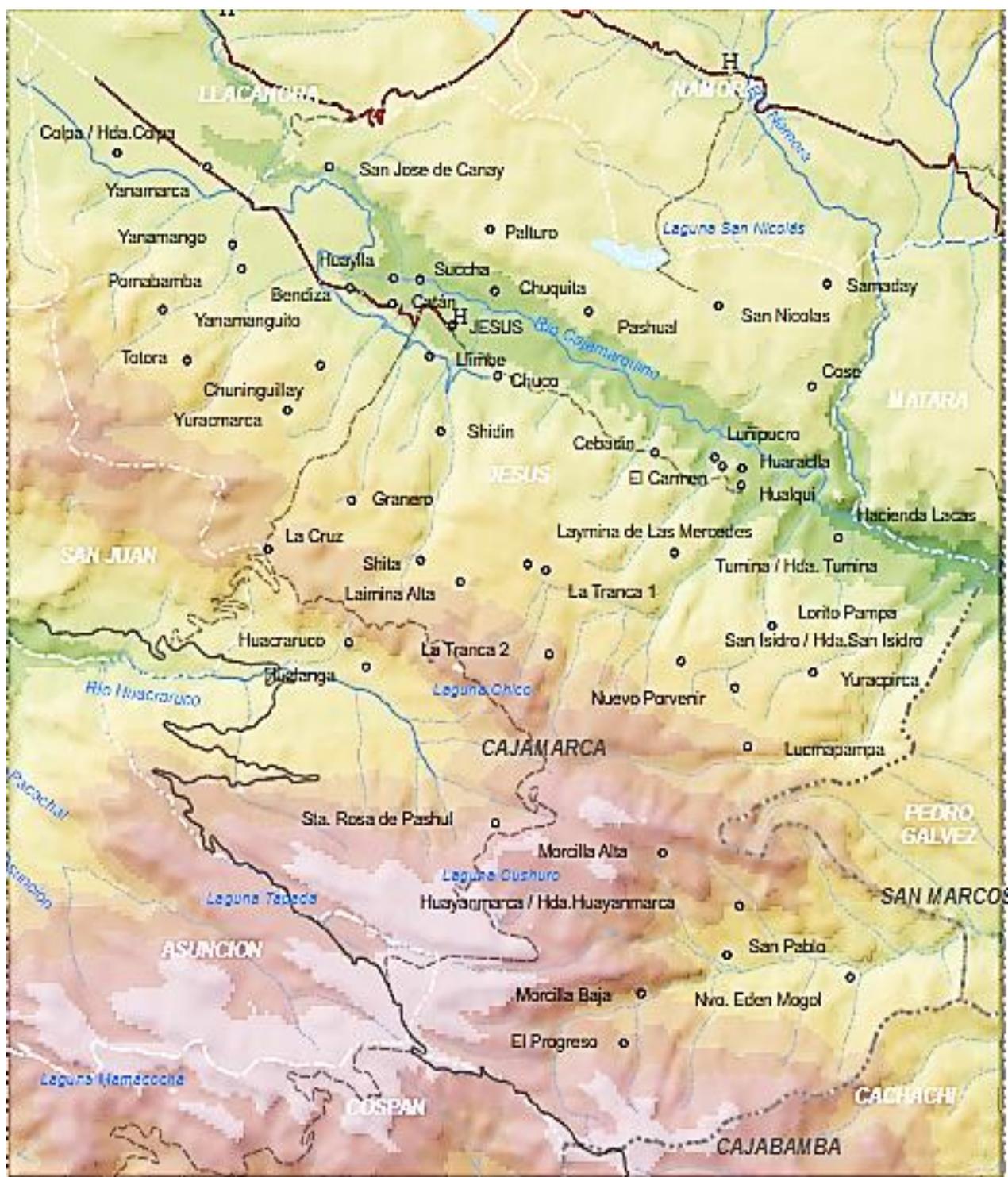


Figura 20. Distrito de Jesús.

### 3.1.3. Accesibilidad

El acceso a la zona de investigación puede ser por distintas rutas a partir de la carretera afirmada PE-3N (Ciudad de Cajamarca), con un recorrido en una unidad móvil de aproximadamente 50 minutos; para mayor especificación se muestra la siguiente tabla:

ACCESOS	TRAMOS	Km	TRAMOS	Km	TOTAL (Km)
Acceso Principal	Cajamarca	11.40	Iscoconga	10.00	21.40
	Iscoconga		Jesús		

Tabla 12. Ruta de Accesibilidad Principal a la Zona de Investigación.

### 3.2. PROCEDIMIENTOS

#### 3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete

Esta etapa consiste en la revisión de toda la información existente sobre trabajos realizados en el área de estudio; para este caso se ha realizado un análisis minucioso sobre la extensión del área de interés, y su accesibilidad. Además, se consultó investigaciones previas tanto de la zona estudio como de la Formaciones presentes en otros lugares de investigación.

#### 3.2.2. Etapa de Campo

En esta etapa se emplearán las técnicas e instrumentos para la realización de la toma de datos que en este caso es la recolección de datos de las propiedades de rocas y suelos, así como también se listará los agentes y otros procesos que estén afectando la roca. Para cada estación se tomará el azimut y buzamiento, además de sus coordenadas UTM.

De igual forma se elaborarán tablas para los datos obtenidos, dentro de esto se tiene el Registro geológico Geotécnico.

#### 3.2.3. Etapa de Gabinete

Consiste básicamente en el procesamiento de la información obtenida en campo, elaboración y revisión de nuevos formatos, así también como el análisis utilizando software, y tablas comparativas que clasifican y miden los peligros y riesgos geológicos.

Además, se irá redactando la información conforme el avance que se esté haciendo en hoja Word y en Excel.

### **3.3. METODOLOGÍA**

#### **3.3.1. Diseño y Método de la Investigación**

- **Diseño de la investigación:**
  - Cualitativo: Ya que implica recopilar y analizar datos no numéricos, conceptos, opiniones o experiencias para poder describir, explicar y predecir fenómenos.
  - No experimental: ya que no se harán experimentos ni pruebas para el análisis
- **Método:** De carácter descriptivo - correlacional. Ya que es un método no experimental en el que se está investigando dos variables como son el riesgo y el peligro geológico.

#### **3.3.2. Población de Estudio**

Los riesgos y peligros geológicos en el distrito de Jesús en un área de 20 km<sup>2</sup>.

#### **3.3.3. Muestra**

Están comprendida en la litología, morfología, estructuras, precipitación pluvial y deslizamientos presentes en las zonas de mayor riesgo y peligro geológico.

#### **3.3.4. Unidad de Análisis**

Las unidades de análisis para la determinación de la investigación son las escarpas de falla, talud y ángulo de reposo en el macizo rocoso

### **3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

En la investigación se identificó las siguientes variables: Variable dependiente es el Peligro Geológico y como variables independientes la pendiente del terreno y el grado de tectonismo en las rocas

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
Litología	
Morfología	
Estructuras	Riegos y peligros geológico
Precipitaciones	
Deslizamientos	

Cuadro 1. Identificación de variables Independientes y Dependientes de la Investigación.

### 3.5. TÉCNICAS

Las técnicas empleadas para la obtención de información y datos serán:

- Análisis documental; a través de consultas con documentos o estudios del distrito de Jesús, esto para tener una visión más amplia de los riesgos y peligros geológicos que se pueden encontrar en la zona, así como el análisis que se tendrá que optar durante la investigación.
- Observación dirigida; con las salidas a campo, se observan zonas puntuales que presentan riesgo y peligro geológico en zonas puntuales del distrito de Jesús, con lo que se observa de manera directa las estaciones donde presentan riesgo.
- Fotografías tomadas en campo; con la ayuda de las salidas a campo, y la recopilación de data, esto sumado a las fotografías de campo, se tiene un panorama más amplio de las zonas con peligro y riesgo geológico del distrito de Jesús.
- Mapeo de riesgos y peligros geológicos y zonas de vulnerabilidad; ya que con la ayuda de los datos recopilados, se procede a la elaboración de los planos de riesgos y peligros geológicos, por lo que las zonas de vulnerabilidad serán puntuales en el distrito de Jesús.

### 3.6. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

#### 3.6.1. Equipos

Los equipos utilizados durante el desarrollo de la investigación y sobre todo en la etapa de campo son los siguientes:

- **Brújula Brunton:** Utilizada para medir azimut y buzamientos de estratos.
- **Cámara Fotográfica Canon 16px:** Para capturar en forma virtual la realidad en que se encuentra la roca y su estructura de esta.

- **GPS:** (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin, para la ubicación espacial de los puntos de muestreo; a través de sus coordenadas UTM, (Unidad Técnica de Medida).
- **Lupa de 20x:** Para reconocer los componentes de las rocas muestreadas y para medir el tamaño de grano textural.
- **Picota:** Para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.
- **Protactor:** Para obtener una medida aproximada de los tamaños de granos para clasificar según la escala de Udden–Wentworth.
- **Rayador de punta imantada:** Para obtener la dureza según la escala de Mohs de la roca muestreada.
- **Flexómetro 5m.:** Para la medida de las estructuras geológicas.

### 3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

- Formatos de clasificación de rocas: RMR y GSI para determinar la clase de roca y por ende su estado, así como también las clasificaciones de Peligro y Vulnerabilidad dadas por el INDECI.
- Lápiz, lapiceros y marcadores: Se utilizará para el cartografiado, geológico, geomorfológico, estructural y todas las anotaciones necesarias.
- Libreta de campo: Se utilizará para la anotación de coordenadas, datos de las rocas y suelos y otros apuntes que aporten a la investigación.
- Plano geológico: Para ubicar las Formaciones Geológicas presentes en la Zona de estudio y para tener un alcance de sus límites con otras formaciones.
- No realizar construcciones dentro de las zonas inestables vista desde el punto geológico, esto con la finalidad de tener una construcción segura para los habitantes del Distrito de Jesús.

### 3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos en campo, se trasladan al software ROCSCIENCE que permitirá determinar el factor de seguridad de los diferentes peligros geológicos mediante dicha aplicación y al ArcGis 10.8 que ayuda a realizar los diferentes planos. Todo ello permitirá la interpretación de las zonas de riesgos y peligros geológicos para luego determinar las soluciones posibles antes los problemas de la investigación.

### 3.2. GEOLOGÍA LOCAL

#### 3.2.1. Grupo Goyllarisquizga

##### 3.8.1.1. Formación Farrat (Ki – f)

**Litología:** Esta formación consiste de areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. se observa estratificación de rocas areniscas de grano medio. Estos estratos se encuentran en los cortes de carretera a 100 metros del flanco derecho del río Cajamarca (aguas abajo). Fuente: INGEMMET, Boletín N°31).

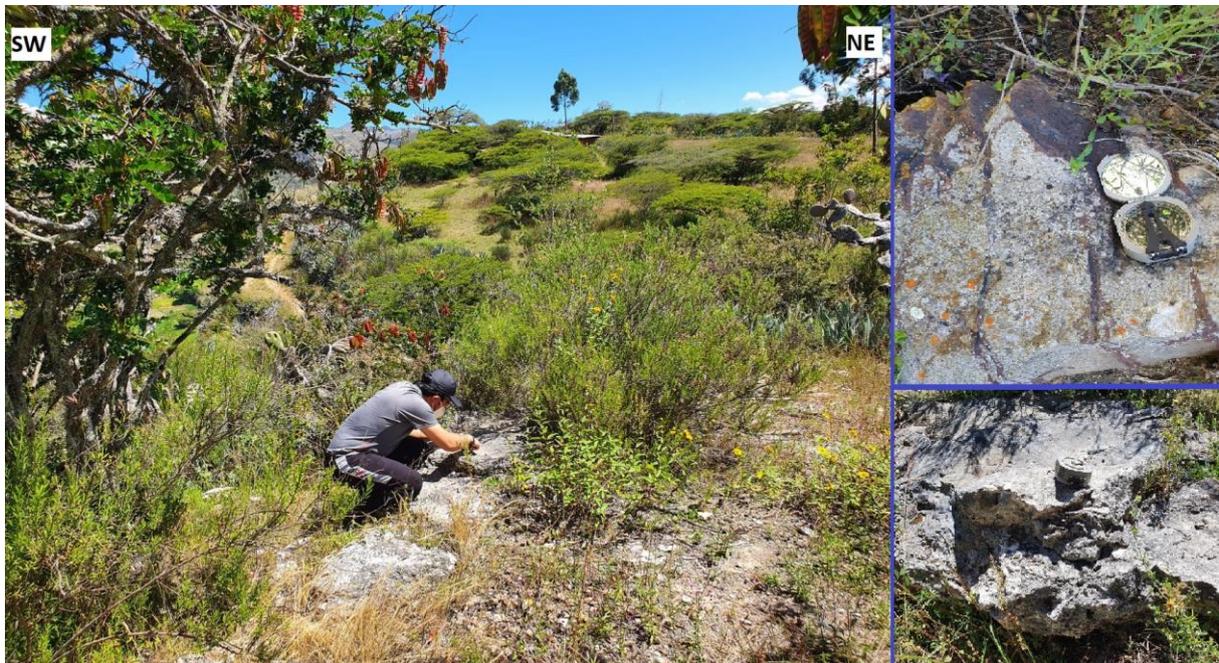


Foto 1: Formación Farrat N: 9200060 E: 789860 Rumbo: N325° Buzamiento: 25°. Arenisca cuarzosa al Noreste del Distrito de Jesús de grano medio.

### 3.8.1.2. Formación Inca (Ki – in)

**Litología:** Esta formación inicialmente llamada “capas rojas” por Benavides (1956) como Formación Inca, refiriéndose a los afloramientos al este de los Baños Del Inca Cajamarca. Infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la Formación Farrat, con un aparente paso transicional.

El color predominante es amarillo-anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor no pasa de los 100 m. Esta formación representa a la cuenca occidental, caracterizada entonces por un mar de poca profundidad con corrientes turbulentas y bien oxigenadas. Fuente: INGEMMET, Boletín N°31).

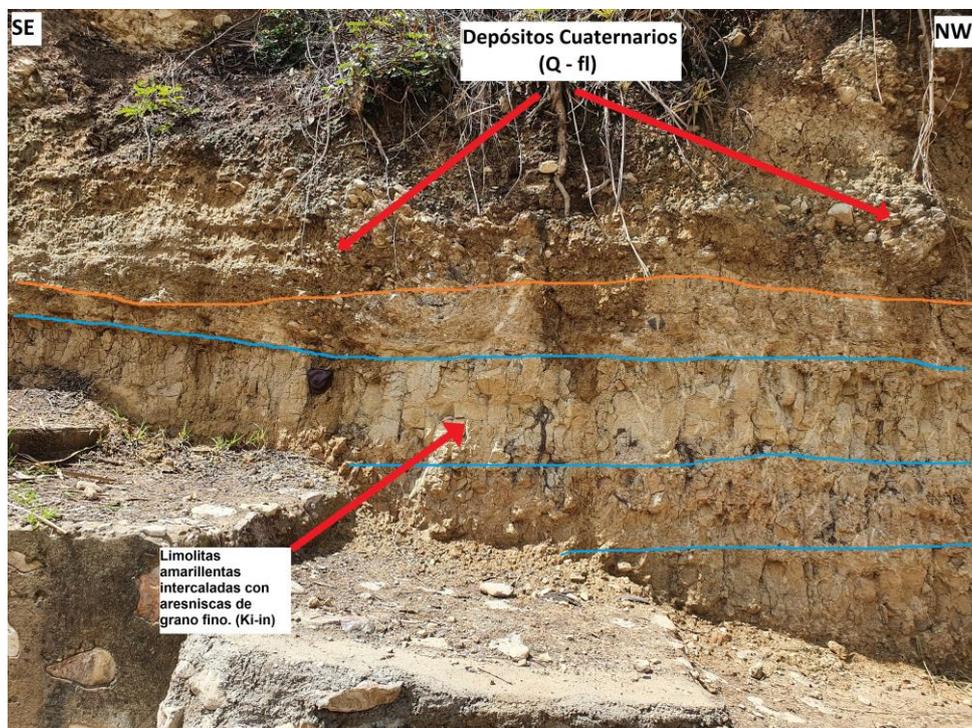


Foto 2: Fm. Inca N: 9199890 E: 790028 estratificación rítmica: limolitas pardas amarillentas intercaladas con areniscas al margen derecho del Río Cajamarca.

### 3.2.2. Grupo Crisnejas

#### 3.8.2.1. Formación Chulec (Ki – chu)

Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, limolitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas

muestran colores gris parduzcos algo verdosas. Su grosor varía de 200 a 250 m. Fuente: INGEMMET, Boletín N°31).

En la zona de estudio los afloramientos de la Formación Chulec los encontramos al NE del distrito de Jesús y en la cumbre del cerro Coyor.

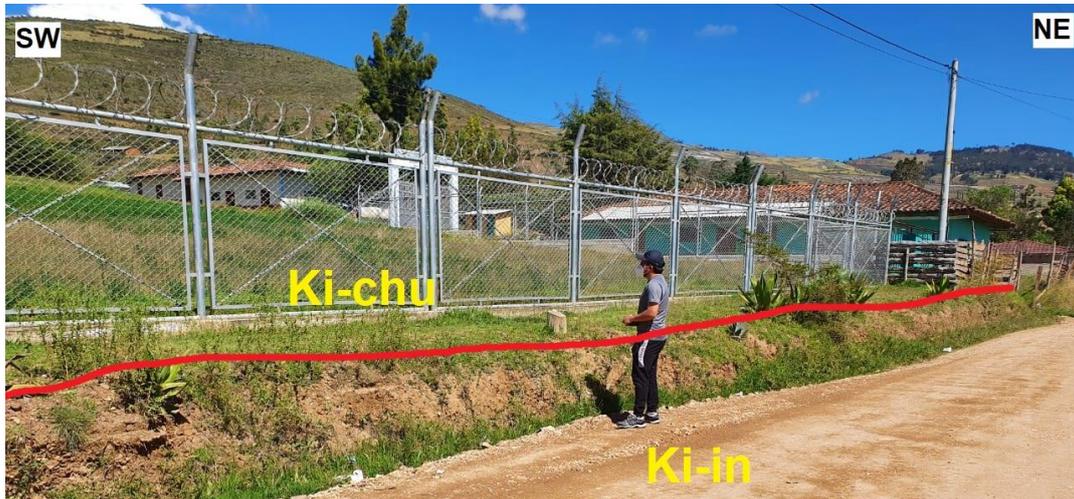


Foto 3. Fm. Chulec - Inca N: 9201260 E: 788375. Contacto entre Fm. Inca y Fm. Chulec

### 3.2.3. Sedimentos recientes del cuaternario

Los procesos exógenos que han actuado en el distrito Jesús han permitido la formación de: depósitos fluviales, aluviales y coluviales

#### 3.8.3.1. Depósitos fluviales (Q – fl)

Están relacionados con todos los sedimentos que ha sido trasladado de distancias considerables y pueden ser cantos, guijarros, grava, gravilla y arena fina y limos-arcillas, siendo la característica principal de dichos sedimentos que tienen forma redondeada a subredondeada. Estos tipos de sedimentos se ha podido observar como horizontes depositados en las terrazas adyacentes a la zona de estudio, y también en las laderas de los cerros Cashorco como pequeños depósitos a lo largo del río Cajamarca. (Ver mapa Geológico – 02).



Foto 4: Depósitos fluviales a lo largo del Río Cajamarca en el Distrito de Jesús N: 9198260 E: 789905 C: 2505 m.s.n.m.

### 3.8.3.2. Depósitos coluviales (Q – co)

La característica principal de estos depósitos es que presentan una mezcla caótica de fragmentos angulosos o subangulosos, con limos y arcillas, en poco porcentaje, estos depósitos son el resultado de la acumulación de sedimentos de las laderas de los cerros para acumularse en las laderas de los valles en grandes bancos y en el caso de la zona en estudio tiene un ancho de 2m-3m con un espesor de 2m, en diferentes sectores.



Foto 5: Contacto Deposito fluvial-Coluvial al norte del Centro Poblado Jesús al margen izquierdo del Río Cajamarca. N:9198243 E: 791857.

### 3.8.3.3. Depósitos aluviales

El sistema fluvial antiguo y la zona de la cuenca antigua han permitido la sedimentación de los clastos que han sido transportados, para depositarse y formarse los depósitos aluviales por procesos de erosión e intemperismo formando terrazas y llanuras aluviales cercanas a los márgenes del Río Cajamarca.



Foto 6: N:9199786 E:790600 Depósitos Aluviales al SE del distrito de Jesús, las estratificaciones en las terrazas indican los diferentes eventos de depositación de los sedimentos de los cauces antiguos. Vista panorámica a las localidades de Pashul y Lucmilla.

## CATÍTULO IV

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. PELIGRO GEOTÉCNICO – GEOLÓGICO:

Como parte de los peligros geológicos se tienen 8 estaciones, obteniendo los resultados. Se tomó como peso específico los valores de la siguiente tabla:

TIPO MATERIAL CIMENTACIÓN		Nspt	CONSISTENCIA	Msn	Peso Unitario	RESISTENCIA	
			COMPACIDAD			Cohesión, C	Ang. Fric., $\Phi$
			gol/pie	MPa	KN/m3	kPa	°
Lleno Antrópico	QII	10	slightly compact	17,0	17,0	10,0	15,0
Depósito Aluvial con Materia Orgánica	Qal (m.o)	12	slightly compact	20,4	16,0	15,0	20,0
Depósito Aluvial Fino (Arcilla Arenosa)	Qalf	15	stiff	25,5	17,0	35,0	20,0
Depósito Aluvial Fino (Arena Arcillosa)	Qalf	15	slightly compact	25,5	18,0	30,0	25,0
Depósito Aluvial Grueso	Qalg	25	compact	42,5	19,0	5,0	35,0
Depósito de Vertiente	Qdv	18	stiff, very stiff	30,6	18,0	25,0	25,0

Tabla 13. Características de acuerdo al tipo de suelos que se tiene. (Ochoa, 2010)

##### 4.1.1. Estación N°1:

El talud está conformado por un depósito aluvial con presencia de bloques dispuestos en capas respectivamente, se evidencia una coloración amarillenta con presencia de óxidos, la altura del talud es de 50 m., con un azimut de N105° y buzamiento de 43° SW.



Foto 7: Estación 1, N: 9198298 E: 790421 C: 2510 m.s.n.m., Talud de depósito aluvial de rocas areniscas y cantos angulosos.

### Características del talud:

Este talud presenta las siguientes características:

Material: Depósito aluvial

Peso específico:  $20\text{KN}/\text{m}^3$  (Ver tabla 13)

Cohesión:  $30\text{kPa}$  (Ver tabla 13)

Ángulo de fricción:  $30^\circ$  (Ver tabla 13)

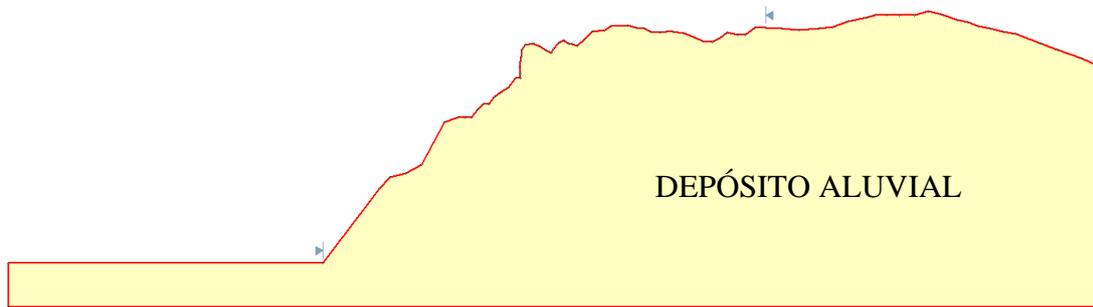


Figura 4. Topografía del talud.

### Interpretación 1:

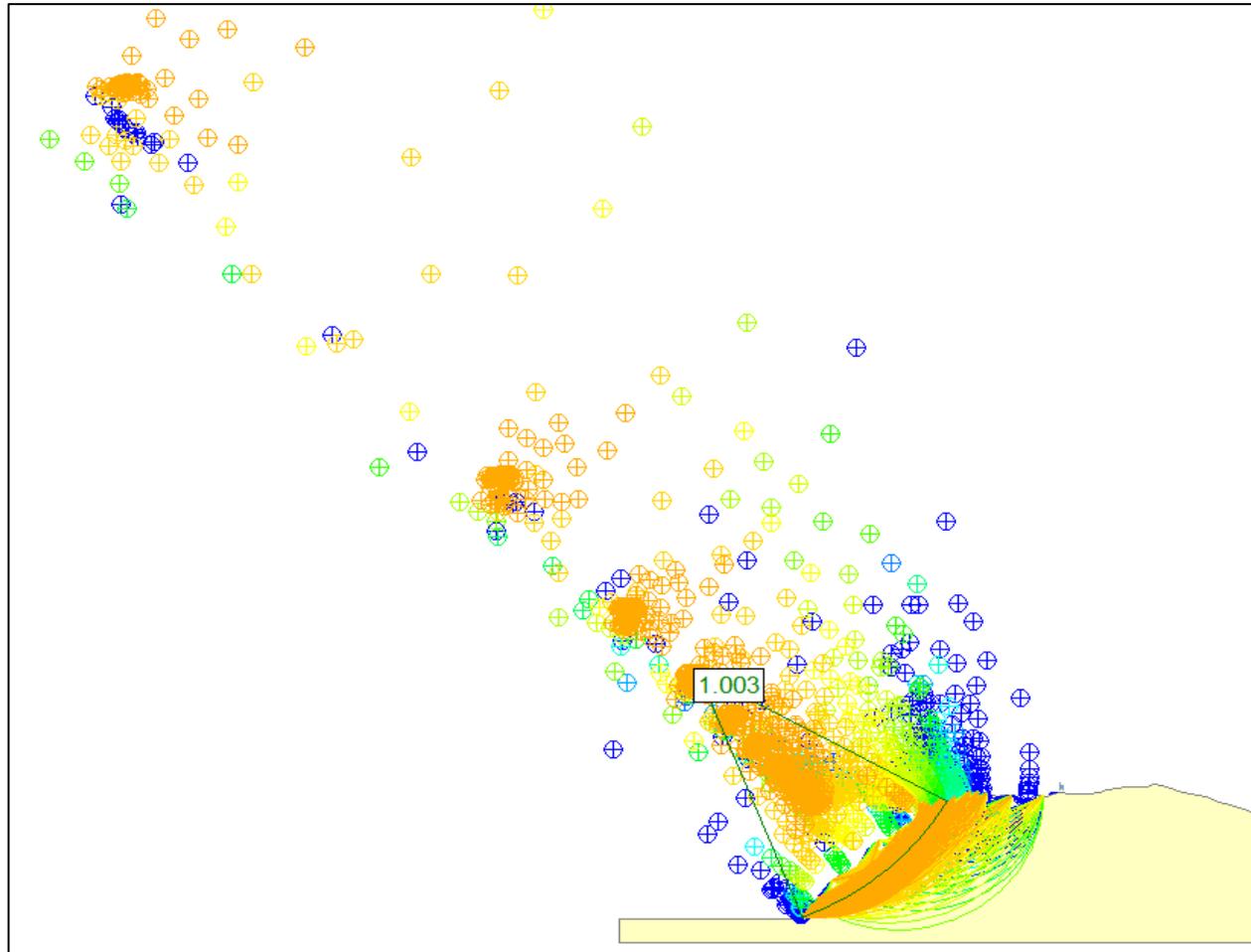


Figura 5. Factor de seguridad de talud con tensiones totales.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud sin sostenimiento es de 1.003, lo que indica un factor bajo para la seguridad de la zona 1 por lo que es recomendable que sea reforzada.

## Interpretación 2:

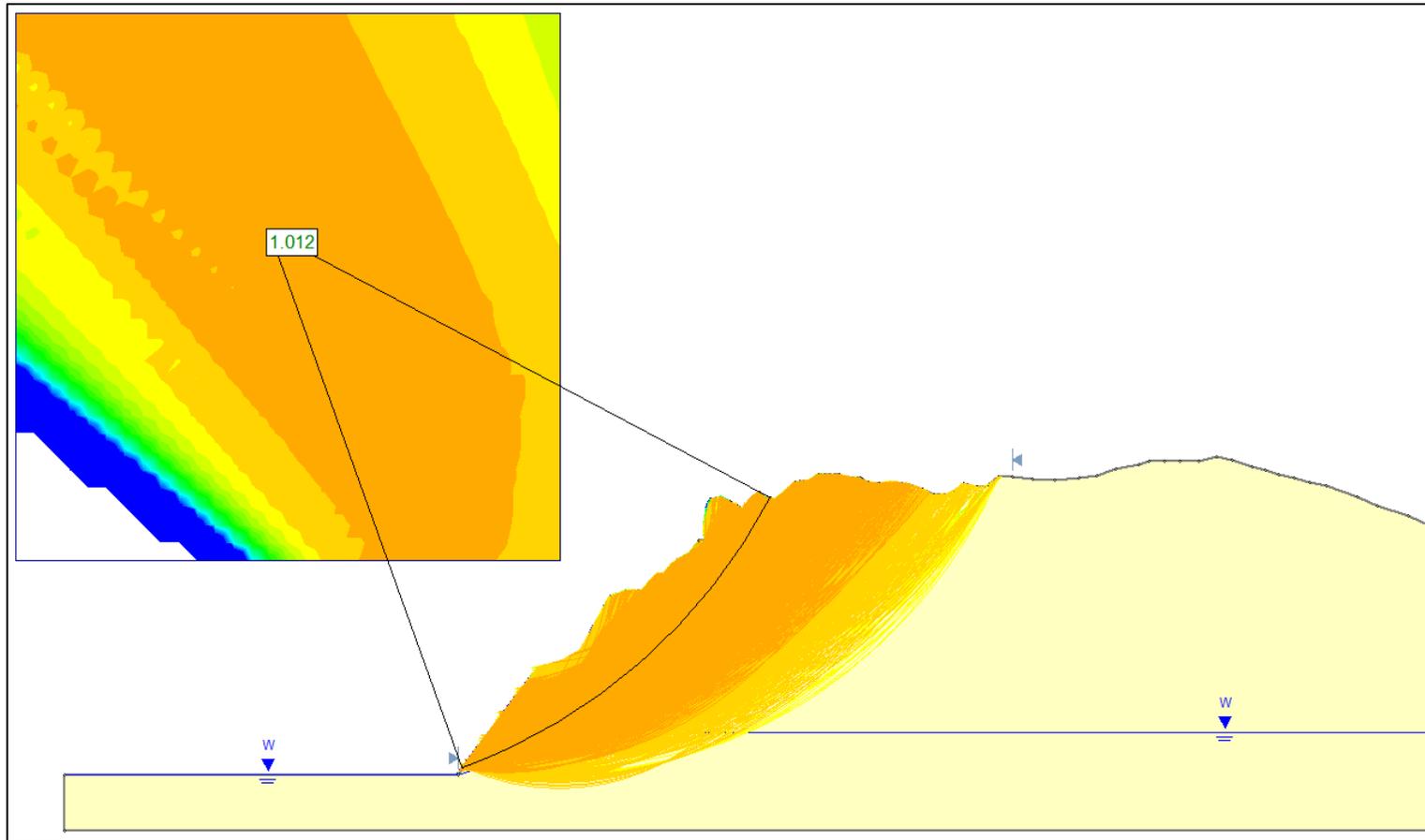


Figura 6. Factor de seguridad de talud sin sostenimiento y con presencia de agua, es decir tensiones efectivas.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud sin sostenimiento y con presencia de agua es de 1.012, lo que indica un factor bajo para la seguridad y nos muestra una situación más realista y que se acerca más a lo que vemos en campo.

### Interpretación 3:

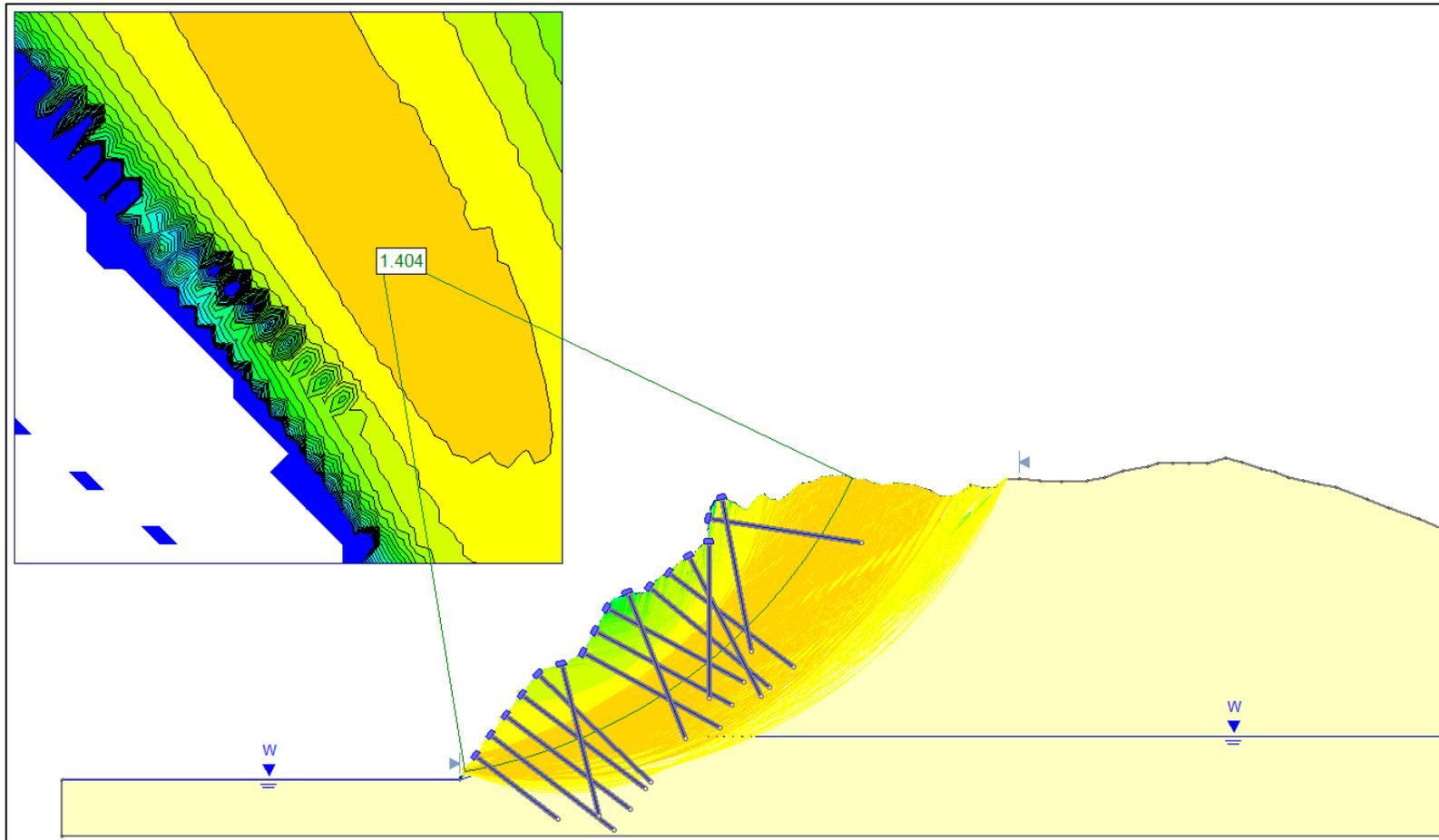


Figura 7. Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud con sostenimiento y con presencia de agua es de 1.404, con sostenimiento tipo geotextil, con una orientación perpendicular a la topografía del talud, con resistencia a la tracción de 200 kN/m, adhesión de fuerza de extracción de 30 kN/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de fuerza de extracción de 30°.

#### 4.1.2. Estación N°2:

El talud está conformado por un depósito aluvial, se evidencia arcillas de coloración amarillenta con presencia de óxidos, la altura del talud es de 15 m., con un azimut de N252° y buzamiento de 72° SW.



Foto 8: Estación 2, N: 9198444 E: 790500 C: 2538 m.s.n.m., Talud de depósito aluvial.

#### Características del talud:

Este talud presenta las siguientes características:

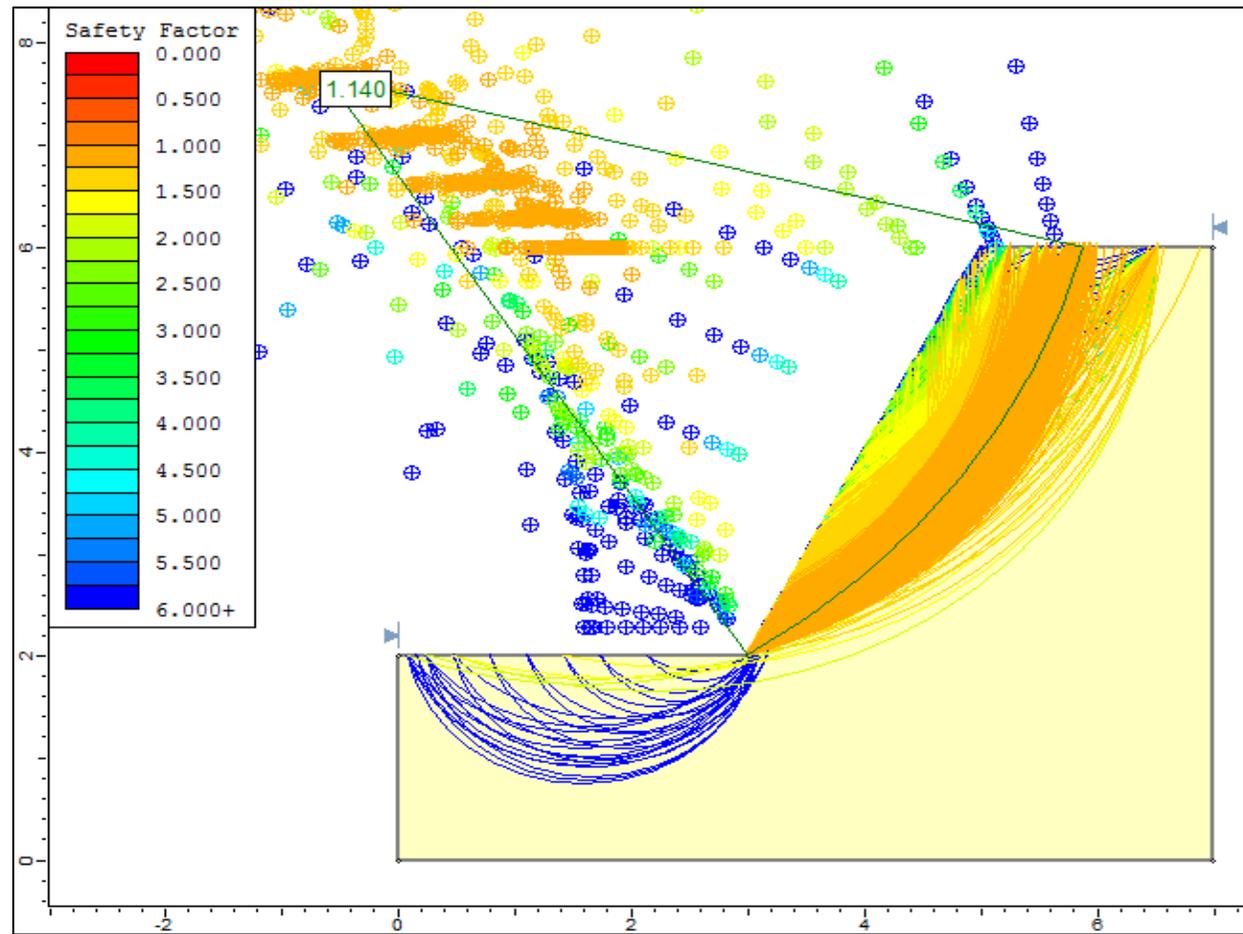
Material: Depósito aluvial

Peso específico:  $20KN/m^3$  (Ver tabla 13)

Cohesión: 30kPa (Ver tabla 13)

Ángulo de fricción: 30° (Ver tabla 13)

### Interpretación 1:



**Method: spencer**

FS: 1.135890  
 Center: -0.038, 7.069  
 Radius: 5.908  
 Left Slip Surface Endpoint: 3.001, 2.002  
 Right Slip Surface Endpoint: 5.773, 6.000  
 Resisting Moment=341.06 kN-m  
 Driving Moment=300.258 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=34.6263 kN  
 Driving Horizontal Force=30.4839 kN

**Method: bishop simplified**

FS: 1.139600  
 Center: -0.620, 7.668  
 Radius: 6.725  
 Left Slip Surface Endpoint: 3.000, 2.000  
 Right Slip Surface Endpoint: 5.895, 6.000  
 Resisting Moment=398.89 kN-m  
 Driving Moment=350.028 kN-m

**Method: gle/morgenstern-price**

FS: 1.133160  
 Center: -0.620, 7.668  
 Radius: 6.725  
 Left Slip Surface Endpoint: 3.000, 2.000  
 Right Slip Surface Endpoint: 5.895, 6.000  
 Resisting Moment=396.639 kN-m  
 Driving Moment=350.028 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=35.9457 kN  
 Driving Horizontal Force=31.7215 kN

Figura 8. Factor de seguridad de talud con tensiones totales.

#### 4.1.3. Estación N°3:

El talud está conformado por roca de tipo arenisca de color pardo blanquesino con presencia de óxidos producto de la erosión, la altura del talud es de 15 m., con un azimut de N34° y buzamiento de 30° NE.



Foto 9: Estación 3, N: 9201750 E: 791686 C: 2964 m.s.n.m., Talud de arenisca de la Fm. Farrat.

#### PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO:

- Grado de Meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizado.
- Número de familias de discontinuidades (Sets): 3 Familias de discontinuidades.
- Biocosidad: Tabular

#### PARÁMETROS DE LA MATRIZ ROCOSA:

- Litología: Areniscas.
- Textura y Tamaño de grano: Dendrítica, de grano medio a grueso (Ver foto 9)
- Color: pardo blanquesino (Ver foto 9)
- Meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizado (Ver foto 9)
- Resistencia: Clase R3, de 25 – 50 MPa de resistencia a la compresión (Por definición de cuadro de RMR).

## Clasificación Geomecánica del RMR (1989)

A. PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN CON SUS VALORES									
PARÁMETROS		RANGO DE VALORES							
1	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	Índice de resistencia de carga puntual (Is)	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para estos rangos es recomendable ensayos de resistencia a la compresión uniaxial		
		Persistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50-100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa
	Puntaje	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	90-100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25			
	Puntaje	20	17	13	8	3			
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	> 2m.	0.6 - 2 m.	200 - 600 mm.	60 - 200	< 60 mm.			
	Puntaje	20	15	10	8	5			
4	CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, paredes de roca sin alteración	Superficies rugosas con separación < 1mm. Paredes de roca ligeramente meteorizadas	Superficies ligeramente rugosas, con separación < 1 mm. Paredes de roca altamente meteorizadas.	Superficies pulidas o relleno < 5 mm. De espesura o separación 1 - 5 mm. Continuas	Relleno blando > 5 mm. de espesor Separación > 5 mm. Continuas.			
		Puntaje	30	25	20	10	0		
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Flujo por cada 100 m. de longitud de túnel (l/min.)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Presión de agua en la diacl.)/(Tensión principal mayor)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones Generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
	Puntaje	15	10	7	4	0			

Cuadro 2. Clasificación Geomecánica del RMR.

### Valor del RMR:

Habiendo analizado los valores anteriores, podemos hallar el RMR y el GSI.

B. TIPOS DE MACIZO ROCOSO A PARTIR DE LA EVALUACIÓN TOTAL					
Puntaje	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Tipos de roca	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala

RMR	65
-----	----

GSI	60
-----	----

Cuadro 3. Valoración del RMR.

## Clasificación Geomecánica:

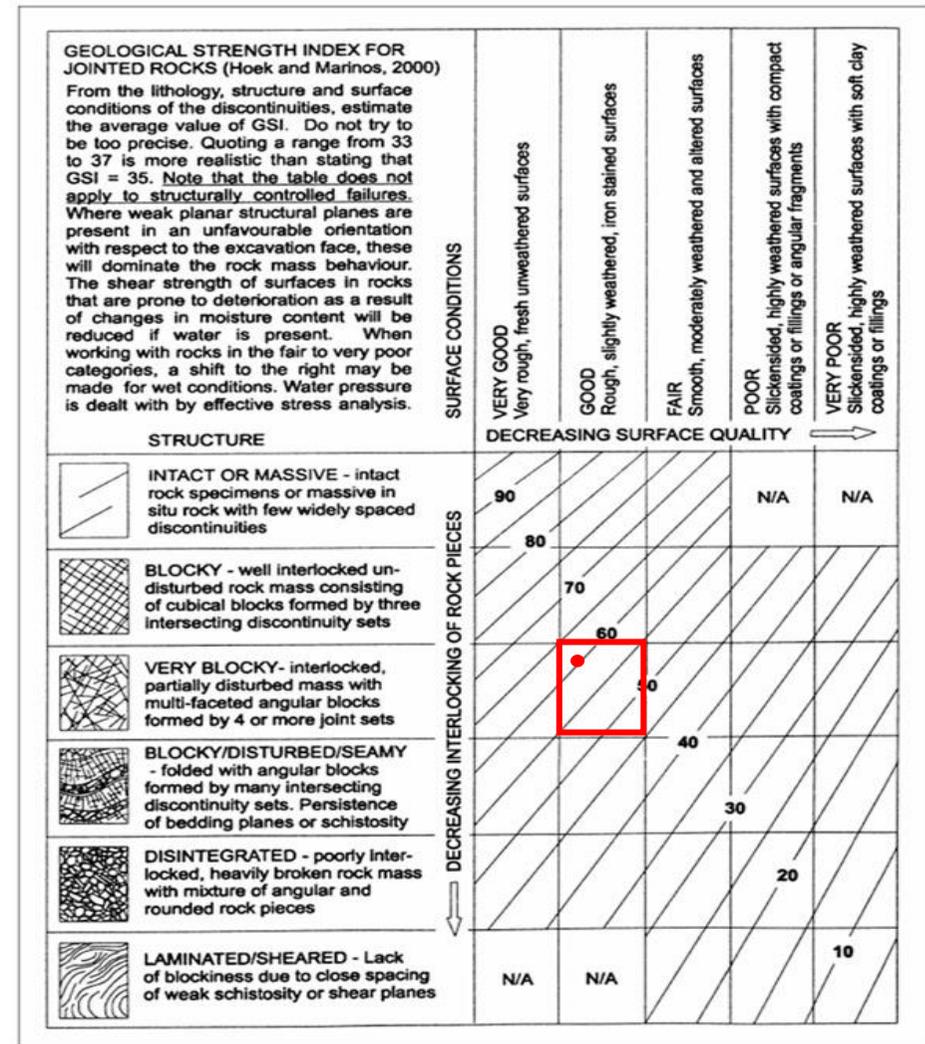
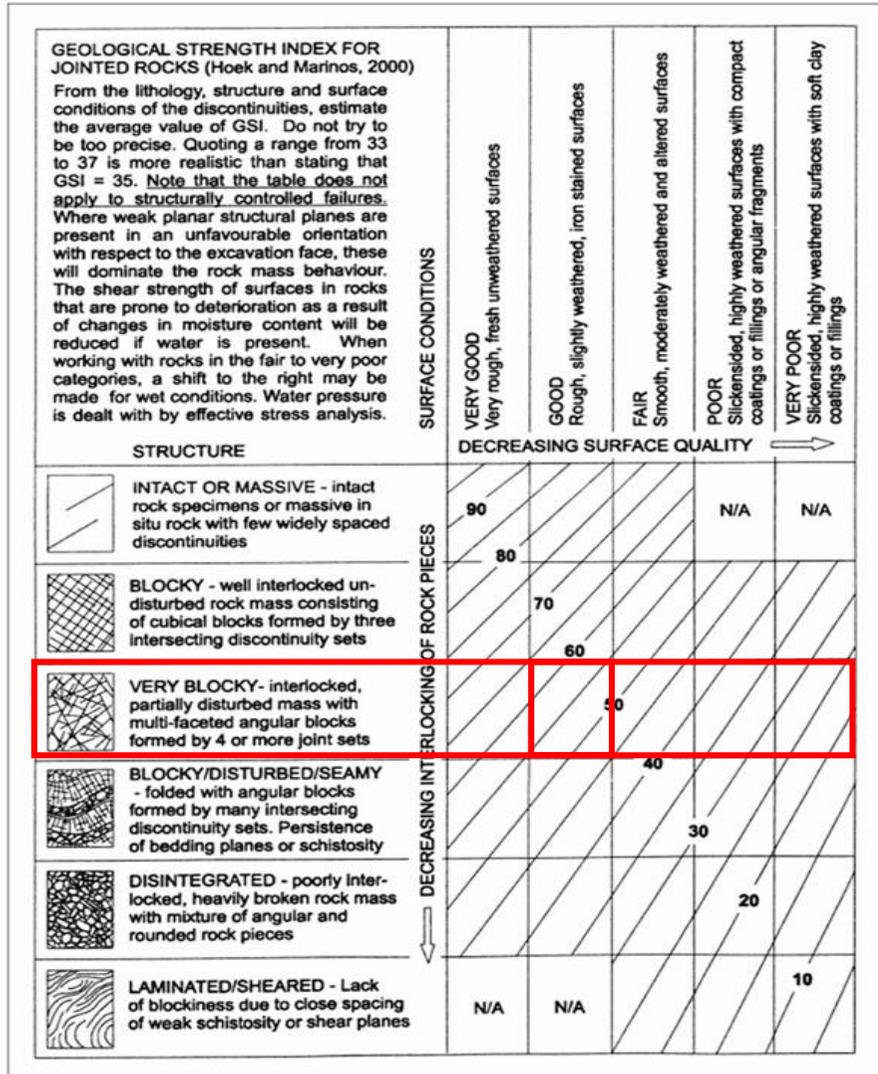
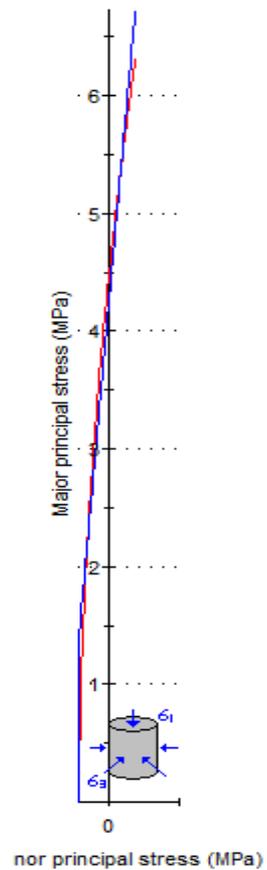


Figura 9. Clasificación geomecánica del talud, dando como resultado un GSI de 60.

## Análisis RocLab:



### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 175 MPa  
 GSI = 50  $m_i$  = 9 Disturbance factor = 0.7  
 intact modulus ( $E_i$ ) = 157500 MPa  
 modulus ratio (MR) = 900

### Hoek-Brown Criterion

$m_b$  = 0.577  $s$  = 0.0007  $a$  = 0.506

### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.585 MPa friction angle = 59.30 deg

### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.216 MPa  
 uniaxial compressive strength = 4.482 MPa  
 global strength = 17.525 MPa  
 modulus of deformation = 16896.89 MPa

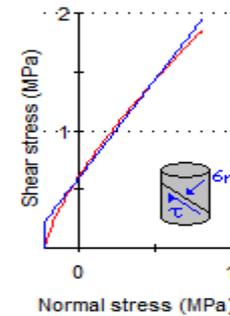
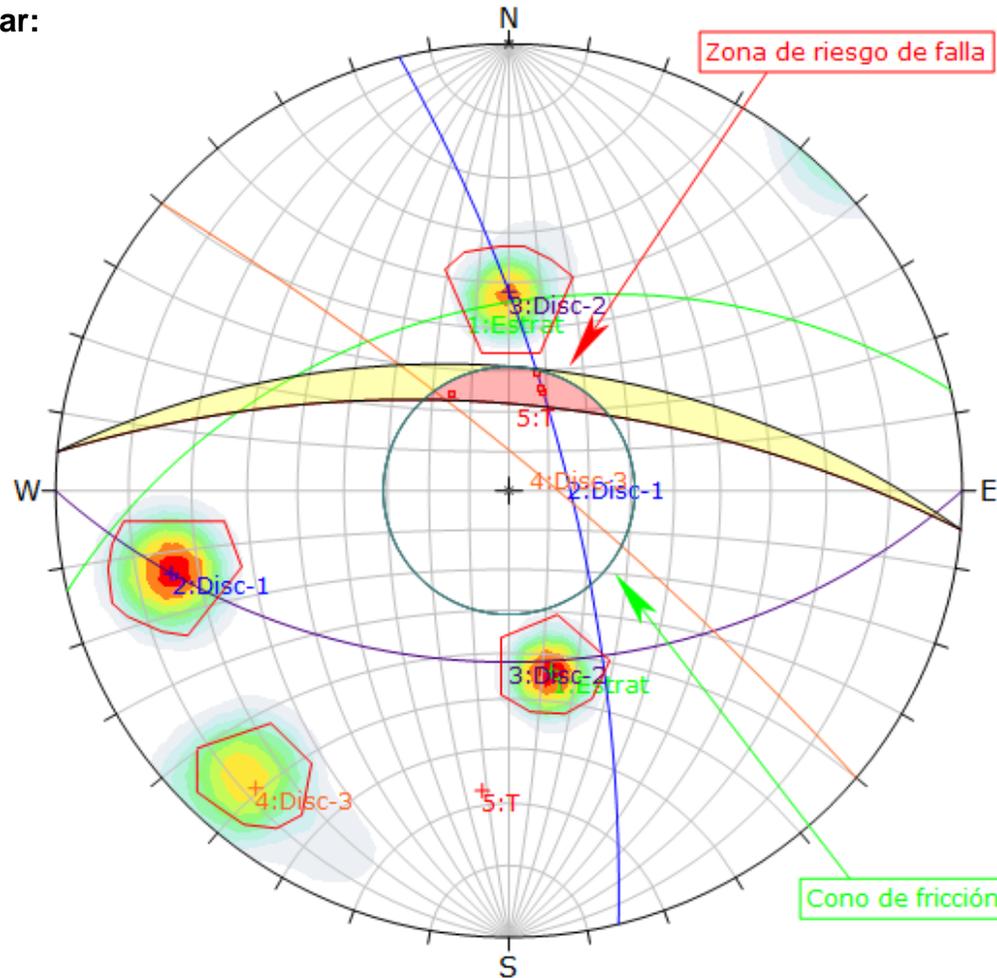


Figura 10. Gráfica de Esfuerzo Mayor – Esfuerzo Menor (izquierda) y Esfuerzo Normal – Esfuerzo de Corte (derecha) de la arenisca de la Fm. Farrat

## Análisis de discontinuidades Dips:

### Rotura Planar:



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.40
	2.40 - 4.80
	4.80 - 7.20
	7.20 - 9.60
	9.60 - 12.00
	12.00 - 14.40
	14.40 - 16.80
	16.80 - 19.20
	19.20 - 21.60
	21.60 - 24.00

Maximum Density	23.21%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	68
Slope Dip Direction	5
Friction Angle	59°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	4	780	0.51%

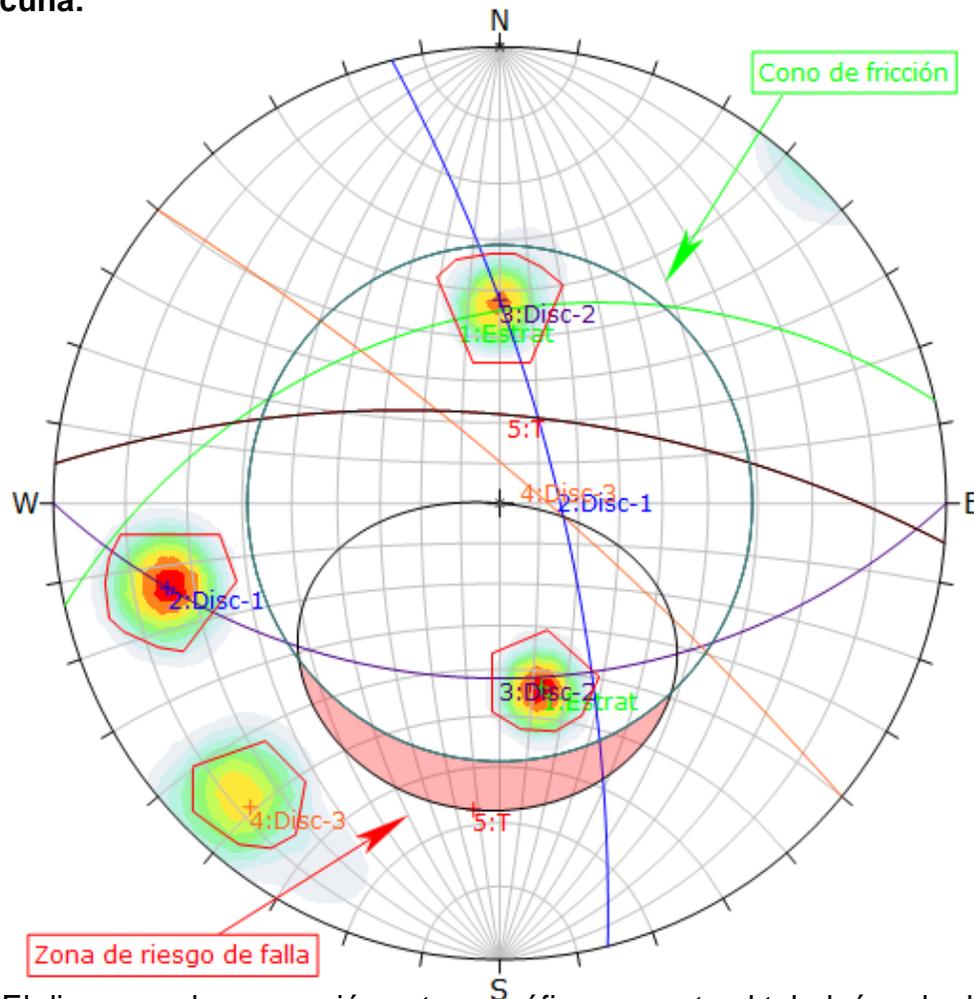
	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	45	347	Estrat
2	■	75	76	Disc-1
3	■	48	180	Disc-2
4	■	82	40	Disc-3
5	■	68	5	T

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	40 (40 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	780
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

**Figura 11.** El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción y las ventanas de concentración de polos, indican que no presenta una rotura planar en la estación n°3. Por ello presenta un porcentaje de deslizamiento planar de 0.51%.

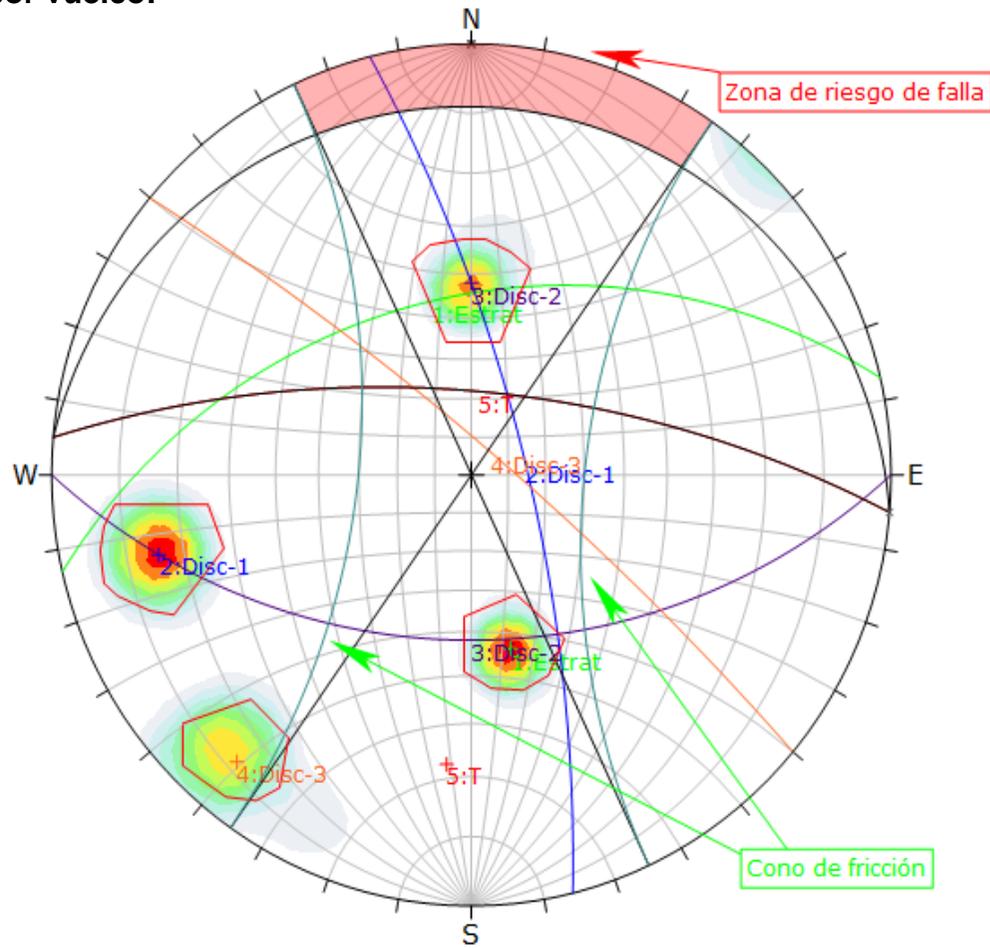
**Rotura en cuña:**



Color	Density Concentrations			
	0.00 - 2.40			
	2.40 - 4.80			
	4.80 - 7.20			
	7.20 - 9.60			
	9.60 - 12.00			
	12.00 - 14.40			
	14.40 - 16.80			
	16.80 - 19.20			
	19.20 - 21.60			
	21.60 - 24.00			
<b>Maximum Density</b> 23.21%				
<b>Contour Data</b> Pole Vectors				
<b>Contour Distribution</b> Fisher				
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%				
<b>Kinematic Analysis</b> Planar Sliding				
<b>Slope Dip</b> 68				
<b>Slope Dip Direction</b> 5				
<b>Friction Angle</b> 59°				
	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
Planar Sliding (All)		0	40	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label	
<b>User Planes</b>				
1	45	347	Estrat	
2	75	76	Disc-1	
3	48	180	Disc-2	
4	82	40	Disc-3	
5	68	5	T	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors				
<b>Vector Count</b> 40 (40 Entries)				
<b>Hemisphere</b> Lower				
<b>Projection</b> Equal Angle				

**Figura 12.** El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción y las ventanas de concentración de polos, indican una rotura en cuña con respecto al buzamiento ligeramente al SE de la estación n°3. Con un porcentaje de deslizamiento en cuña de 0.00%.

**Toppling o por vuelco:**



Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.40
	2.40 - 4.80
	4.80 - 7.20
	7.20 - 9.60
	9.60 - 12.00
	12.00 - 14.40
	14.40 - 16.80
	16.80 - 19.20
	19.20 - 21.60
	21.60 - 24.00

Maximum Density	23.21%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Flexural Toppling		
Slope Dip	68			
Slope Dip Direction	5			
Friction Angle	59°			
Lateral Limits	30°			
		Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)		0	40	0.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	Green	45	347	Estrat
2	Blue	75	76	Disc-1
3	Purple	48	180	Disc-2
4	Orange	82	40	Disc-3
5	Red	68	5	T

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	40 (40 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

**Figura 13.** El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción y las ventanas de concentración de polos, indican que no hay una rotura tipo toppling o “vuelco”, es por ello que tiene un porcentaje de 0.00%.

#### 4.1.4. Estación N°4:

El talud está conformado por roca de tipo caliza entre el contacto de rocas de la formación Cajamarca y el Grupo Quilquiñam de color gris blanquesino con presencia de una discontinuidad de contacto producto de ambas formaciones, la altura del talud es de 100 m., con un azimut de N174° y buzamiento de 65° NE.



Foto 10: Estación 4, N: 9196314 E: 790990 C: 2712 m.s.n.m., Talud de calizas de la Fm. Cajamarca, suprayacente al Grupo Quilquiñam.

#### PARÁMETROS DEL MACIZO ROCOSO:

- Grado de Meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizado.
- Número de familias de discontinuidades (Sets): 3 Familias de discontinuidades.
- Biocosidad: Tabular

#### PARÁMETROS DE LA MATRIZ ROCOSA:

- Litología: Areniscas.
- Textura y Tamaño de grano: Dendrítica, de grano medio a grueso.
- Color: pardo blanquesino.
- Meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizado.

- Resistencia: Clase R3, de 25 – 50 MPa de resistencia a la compresión

	Orientación D/DD	Prom. Espaciado	Prom. Persistencia	Rugosidad	Resistencia MPa	Prom. Abertura	Relleno	Filtración
<b>Estratificación</b>	70/95	1 m.	100	Rugoso	R3, de 50 - 100	.5 mm.	Arcilloso	<b>Seco</b>
<b>Discontinuidad -1</b>	46/270	0.13 m.	3 m.	Rugoso	R3, de 50 - 100	0.5 mm.	Arcilloso	<b>Seco</b>
<b>Discontinuidad-2</b>	67/4	0.13 m.	0.2 m.	Rugoso	R3, de 50 - 100	3 mm.	Arcilloso	<b>Seco</b>
<b>Discontinuidad-3</b>	47/126	0.13 m.	0.1 m.	Rugoso	R3, de 50 - 100	>5 mm.	Arcilloso	<b>Seco</b>
<b>Talud</b>	65/264							

Cuadro 4. Caracterización de discontinuidades del talud.

### CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL RMR<sub>1989</sub>:

Cuadro 5. Clasificación Geomecánica del RMR.

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN CON SUS VALORES									
PARÁMETROS			RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	Índice de resistencia de carga puntual (Is)	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para estos rangos es recomendable ensayos de resistencia a la compresión uniaxial		
		Persistencia a la compresión uniaxial	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Puntaje		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
	Puntaje		20	17	13	8	3		
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES		> 2 m	0,6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Puntaje		20	15	10	8	5		
4	CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación, sin paredes de roca sin alteración	Superficies rugosas, con separación < 1mm. Paredes de roca ligeramente meteorizadas	Superficies ligeramente rugosas, con separación < 1mm. Paredes de roca altamente meteorizadas	Superficies pulidas o relleno < 5mm de espesura o separación 1 - mm. Continuas	Relleno blando > 5 mm de espesor Separación > 5 mm Continuas.		
	Puntaje		30	25	20	10	0		
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Flujo por cada 10 m de longitud del túnel (l/min).	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Presión de agua en la diacl.)/ (Tensión principal mayor)	0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
	Condiciones Generales		Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
Puntaje			15	10	7	4	0		

### VALORE DEL RMR:

Habiendo analizado los valores anteriores, podemos hallar el RMR y el GSI:

B. TIPOS DE MACIZO ROCOSO A PARTIR DE LA EVALUACIÓN TOTAL					
Puntaje	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Tipos de roca	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala

RMR 50

GSI 45

Cuadro 6. Valoración del RMR.

# CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA:

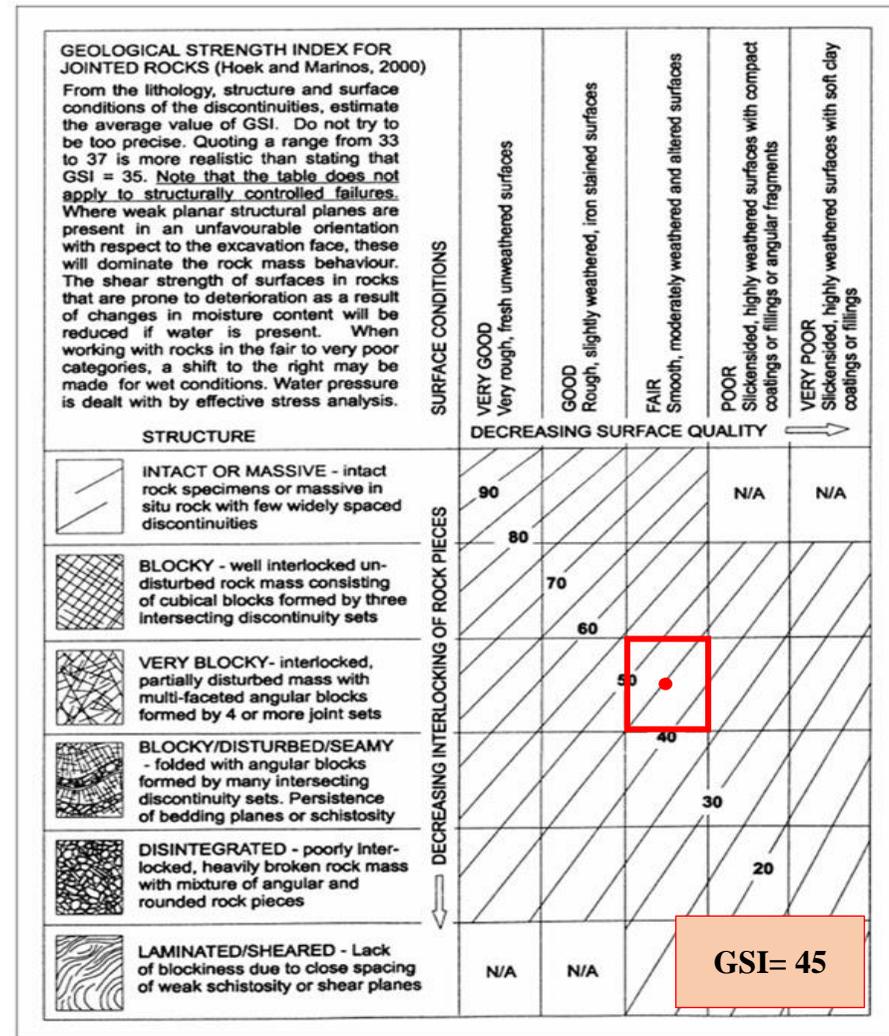
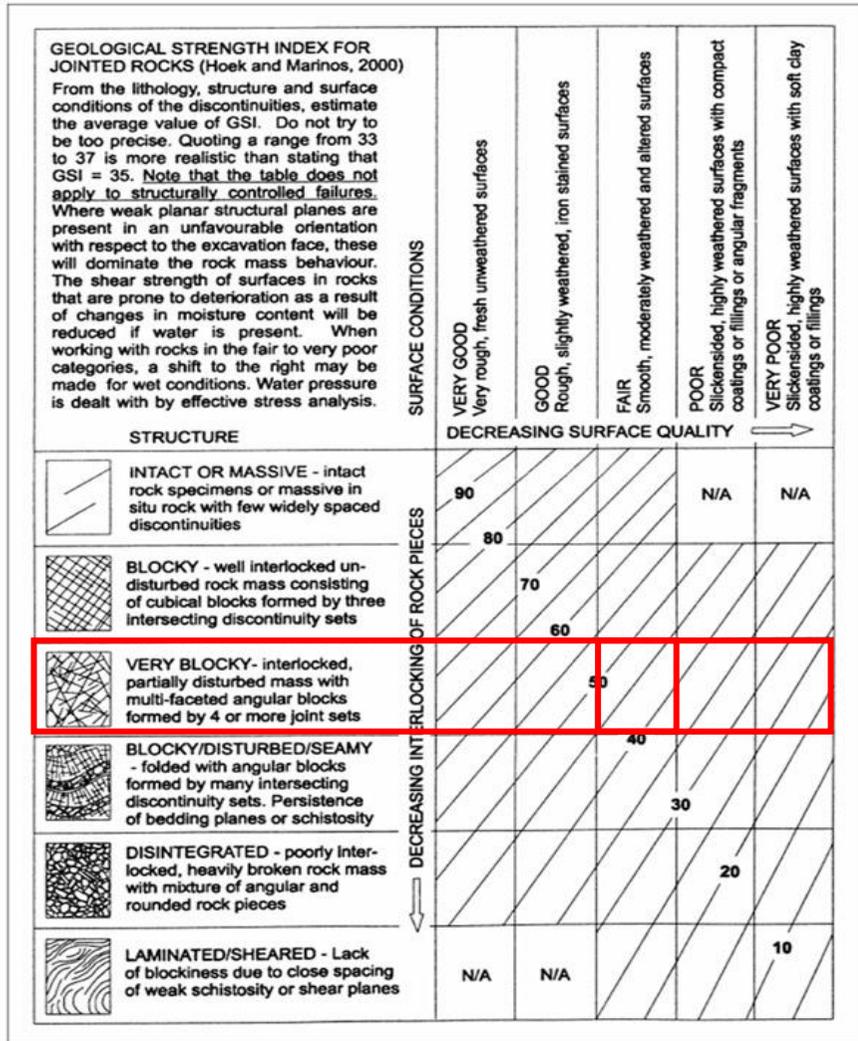
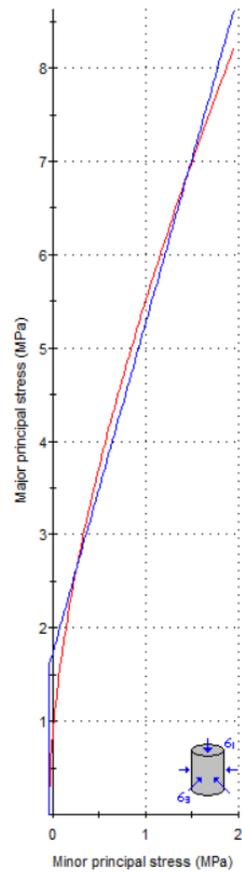


Figura 14. Clasificación geomecánica del talud, dando como resultado un GSI de 45.

## ANALISIS ROCLAB:



### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 48 MPa  
 GSI = 45  $m_i$  = 9 Disturbance factor = 0.7  
 intact modulus ( $E_i$ ) = 43200 MPa  
 modulus ratio (MR) = 900

### Hoek-Brown Criterion

$m_b$  = 0.438  $s$  = 0.0003  $a$  = 0.508

### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.458 MPa friction angle = 34.01 deg

### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.038 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.836 MPa  
 global strength = 4.106 MPa  
 modulus of deformation = 3380.76 MPa

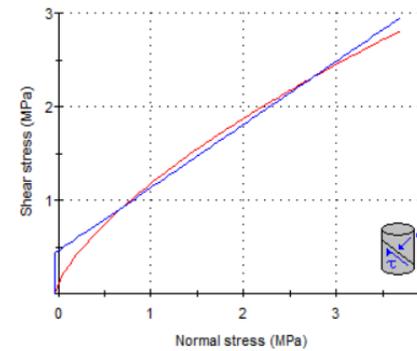
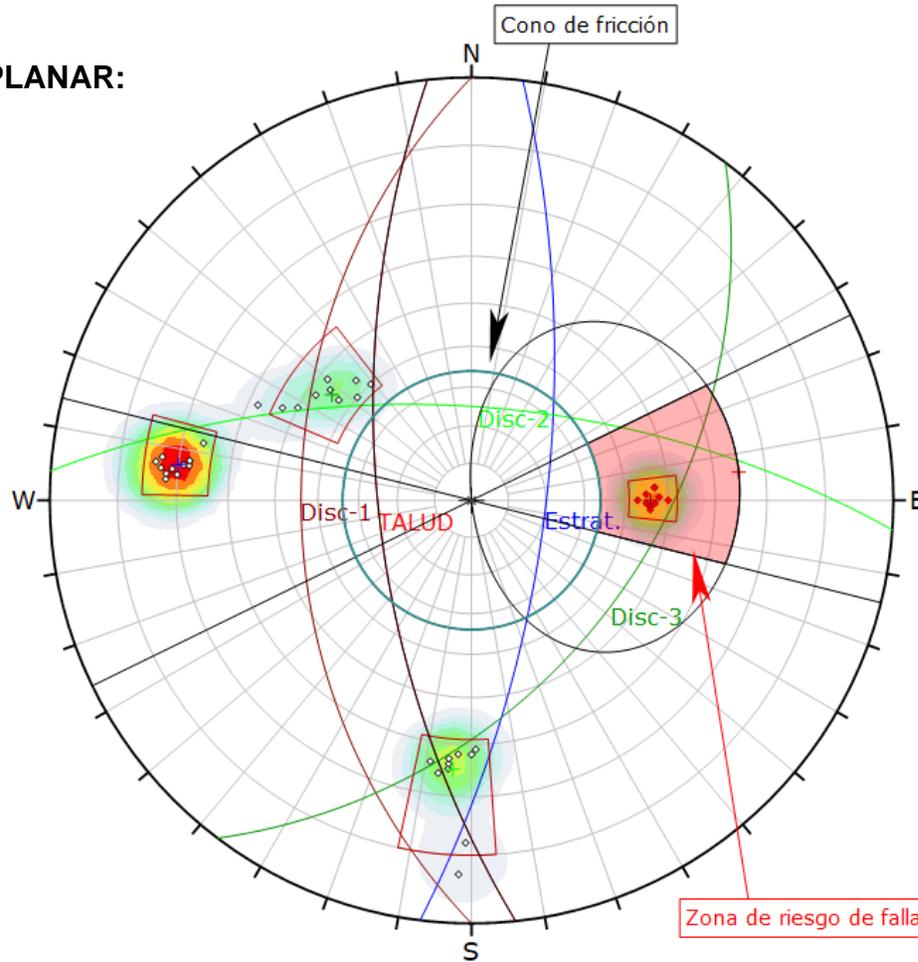


Figura 15: Gráfica de Esfuerzo Mayor – Esfuerzo Menor (izquierda) y Esfuerzo Normal – Esfuerzo de Corte (derecha) de la caliza de la Fm. Cajamarca

## ANALISIS DE DISCONTINUIDADES DIPS:

## ROTURA PLANAR:



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors
◆	Critical Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.80
	2.80 - 5.60
	5.60 - 8.40
	8.40 - 11.20
	11.20 - 14.00
	14.00 - 16.80
	16.80 - 19.60
	19.60 - 22.40
	22.40 - 25.20
	25.20 - 28.00

Maximum Density	27.09%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	65
Slope Dip Direction	264
Friction Angle	34°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	10	42	23.81%
Planar Sliding (Set 3)	10	10	100.00%

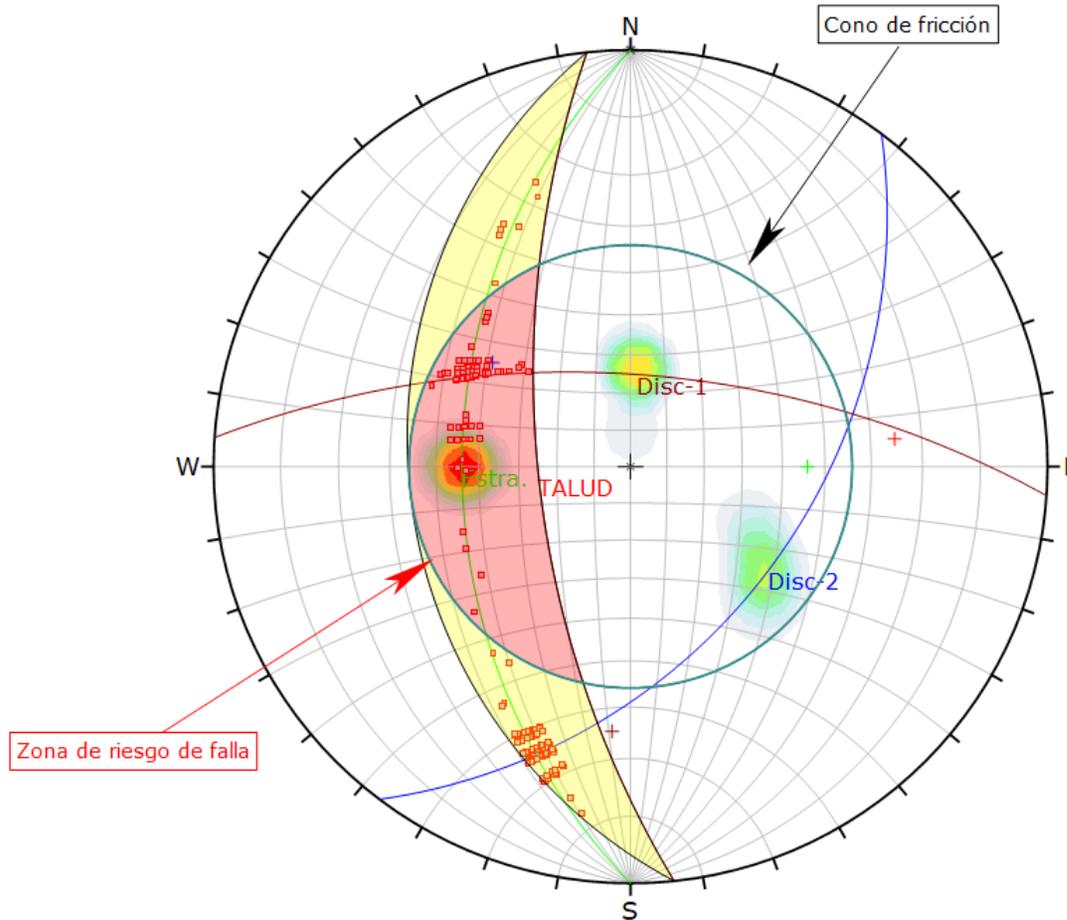
	Color	Dip	Dip Direction	Label
<b>User Planes</b>				
1	■	65	264	TALUD
<b>Mean Set Planes</b>				
1m	■	70	97	Estrat.
2m	■	65	4	Disc-2
3m	■	46	270	Disc-1
4m	■	45	127	Disc-3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	42 (42 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 16: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción y las ventanas de concentración de polos, indican una rotura planar con respecto al buzamiento NE de la estación n°4. Con un porcentaje de deslizamiento planar de 23.81%.

## ROTURA EN CUÑA:



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.30
	3.30 - 6.60
	6.60 - 9.90
	9.90 - 13.20
	13.20 - 16.50
	16.50 - 19.80
	19.80 - 23.10
	23.10 - 26.40
	26.40 - 29.70
	29.70 - 33.00

<b>Maximum Density</b>	32.58%
<b>Contour Data</b>	Dip Vectors
<b>Contour Distribution</b>	Fisher
<b>Counting Circle Size</b>	1.0%

<b>Kinematic Analysis</b>	Wedge Sliding			
<b>Slope Dip</b>	65			
<b>Slope Dip Direction</b>	264			
<b>Friction Angle</b>	34°			
	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
	Wedge Sliding	241	434	55.53%

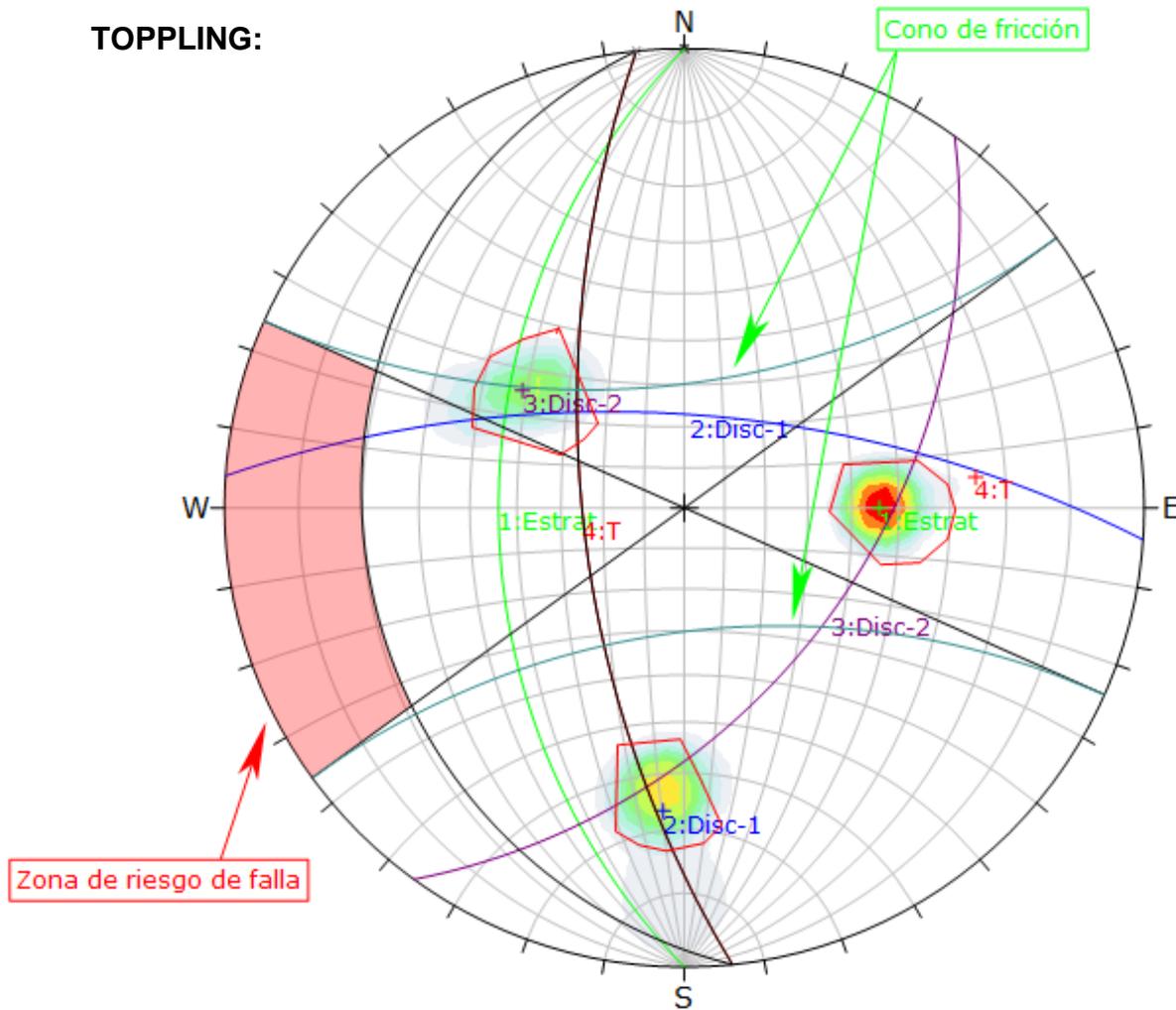
	Color	Dip	Dip Direction	Label
<b>User Planes</b>				
1	■	65	264	TALUD
<b>Mean Set Planes</b>				
1m	■	45	127	Disc-2
2m	■	65	4	Disc-1
3m	■	46	270	Estra.

<b>Plot Mode</b>	Dip Vectors
<b>Vector Count</b>	30 (30 Entries)
<b>Intersection Mode</b>	Grid Data Planes
<b>Intersections Count</b>	434
<b>Hemisphere</b>	Lower
<b>Projection</b>	Equal Angle

Figura 17: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción y las ventanas de concentración de polos, indican una rotura en cuña con respecto al buzamiento ligeramente al SW de la estación n°4. Con un porcentaje de deslizamiento en cuña de 55.53%.

**TOPPLING:**



Color	Density Concentrations			
	0.00 - 3.20			
	3.20 - 6.40			
	6.40 - 9.60			
	9.60 - 12.80			
	12.80 - 16.00			
	16.00 - 19.20			
	19.20 - 22.40			
	22.40 - 25.60			
	25.60 - 28.80			
	28.80 - 32.00			
<b>Maximum Density</b> 31.33%				
<b>Contour Data</b> Pole Vectors				
<b>Contour Distribution</b> Fisher				
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%				
<b>Kinematic Analysis</b> Flexural Toppling				
<b>Slope Dip</b> 65				
<b>Slope Dip Direction</b> 264				
<b>Friction Angle</b> 45°				
<b>Lateral Limits</b> 30°				
	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	
Flexural Toppling (All)		0	31	0.00%
<b>Color</b>	<b>Dip</b>	<b>Dip Direction</b>	<b>Label</b>	
<b>User Planes</b>				
1	46	270	Estret	
2	67	4	Disc-1	
3	47	126	Disc-2	
4	65	264	T	
<b>Plot Mode</b> Pole Vectors				
<b>Vector Count</b> 31 (31 Entries)				
<b>Hemisphere</b> Lower				
<b>Projection</b> Equal Angle				

Figura 18: El diagrama de proyección estereográfica respecto al talud, ángulo de fricción y las ventanas de concentración de polos, indican que no hay una rotura tipo toppling o “vuelco”, es por ello que tiene un porcentaje de 0.00%

#### 4.1.5. Estación N°5:

El talud está conformado por un depósito aluvial y fluvial se evidencia arcillas y limolias de coloración amarillenta con presencia de óxidos, la altura del talud es de 120 m., con un azimut de N284° y buzamiento de 88° NE.



Foto 11: Estación 5, N: 9202178 E: 790575 C: 3042 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios coluviales conformados por limos y arcillas.

#### Características del talud:

Este talud presenta las siguientes características:

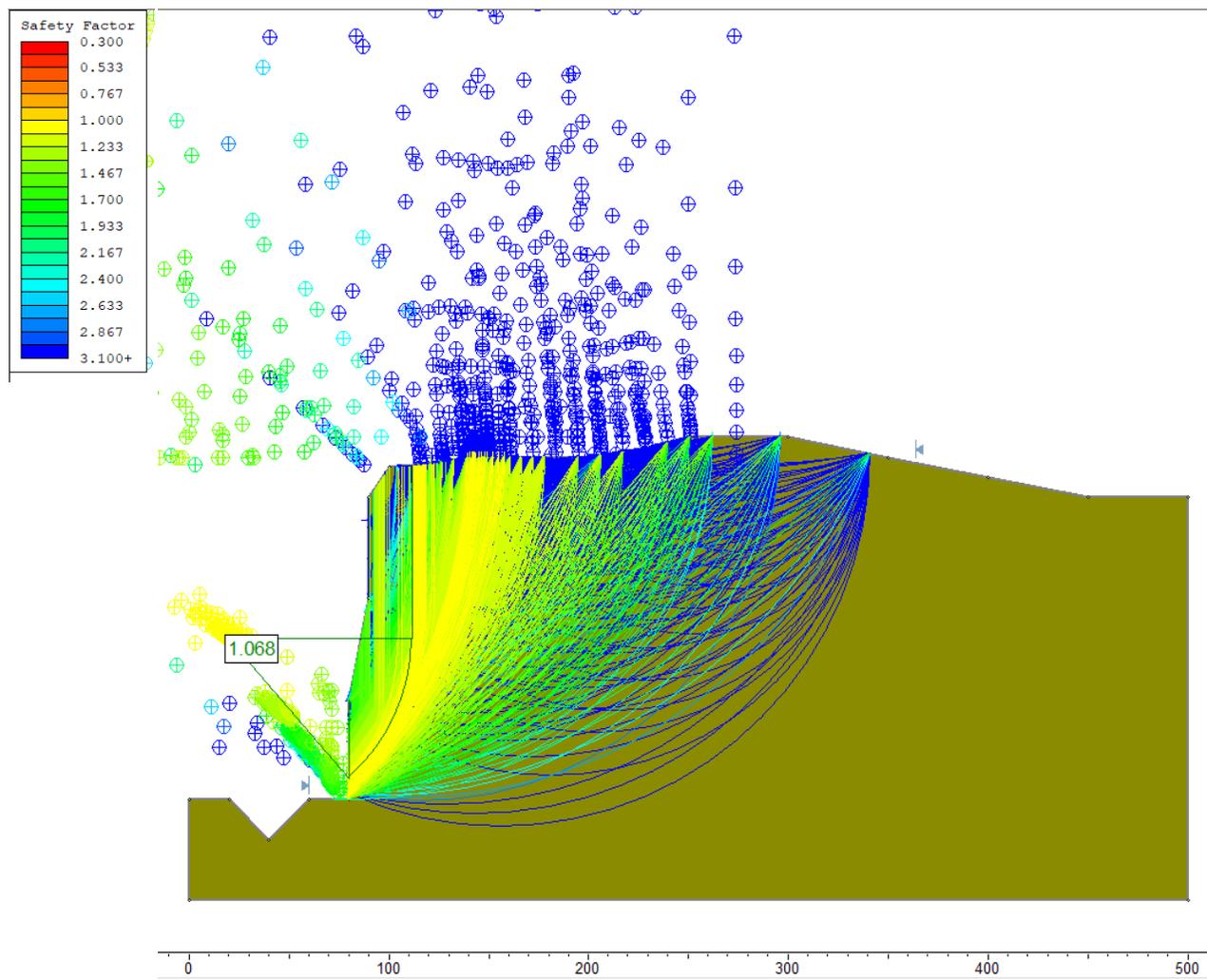
Material: Depósito fluvial

Peso específico:  $20KN/m^3$  (Ver tabla 13)

Cohesión: 500kPa (Ver tabla 13)

Ángulo de fricción: 35° (Ver tabla13)

## Interpretación:



### Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.177270  
 Center: -395.382, 446.401  
 Radius: 616.727  
 Left Slip Surface Endpoint: 80.000, 53.509  
 Right Slip Surface Endpoint: 178.286, 220.000  
 Left Slope Intercept: 80.000 100.000  
 Right Slope Intercept: 178.286 220.000  
 Resisting Moment=9.63986e+007 kN-m  
 Driving Moment=8.18829e+007 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=82112.6 kN  
 Driving Horizontal Force=69748.1 kN

### Method: spencer

FS: 1.115600  
 Center: 49.189, 103.985  
 Radius: 57.348  
 Left Slip Surface Endpoint: 80.000, 55.617  
 Right Slip Surface Endpoint: 106.537, 103.985  
 Left Slope Intercept: 80.000 100.000  
 Right Slope Intercept: 106.537 215.654  
 Resisting Moment=2.95473e+006 kN-m  
 Driving Moment=2.64856e+006 kN-m  
 Resisting Horizontal Force=27602.3 kN  
 Driving Horizontal Force=24742.1 kN

### Method: bishop simplified

FS: 1.067930  
 Center: 19.814, 129.942  
 Radius: 92.157  
 Left Slip Surface Endpoint: 80.000, 60.153  
 Right Slip Surface Endpoint: 111.971, 129.942  
 Left Slope Intercept: 80.000 100.000  
 Right Slope Intercept: 111.971 216.197  
 Resisting Moment=5.48797e+006 kN-m  
 Driving Moment=5.13887e+006 kN-m

Figura 19. Factor de seguridad de talud con tensiones totales.

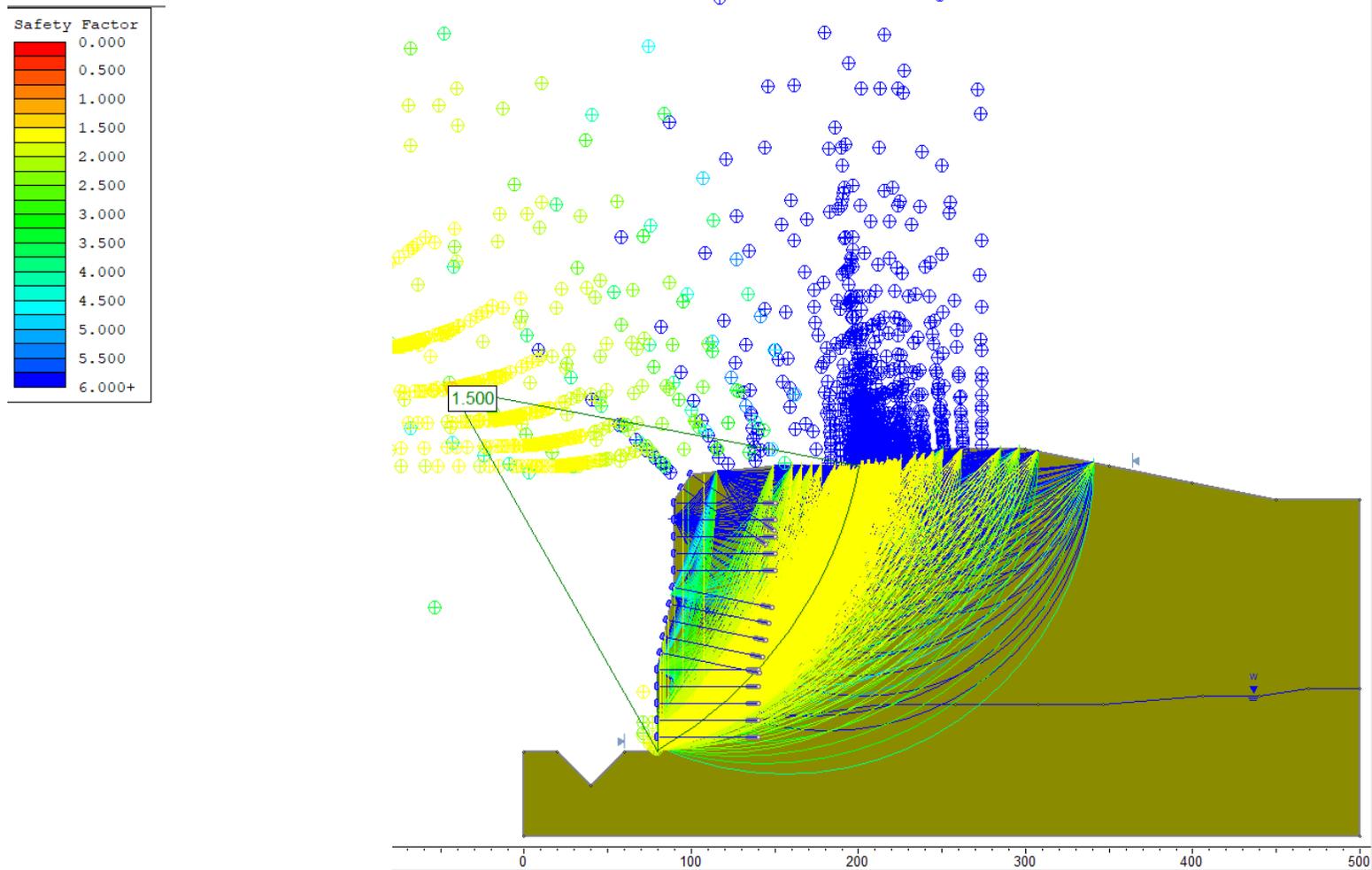


Figura 20. Factor de seguridad de talud con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud sin sostenimiento y con presencia de agua es de 1.068, lo que indica un factor bajo para la seguridad y nos muestra una situación más realista y que se acerca más a lo que vemos en campo.

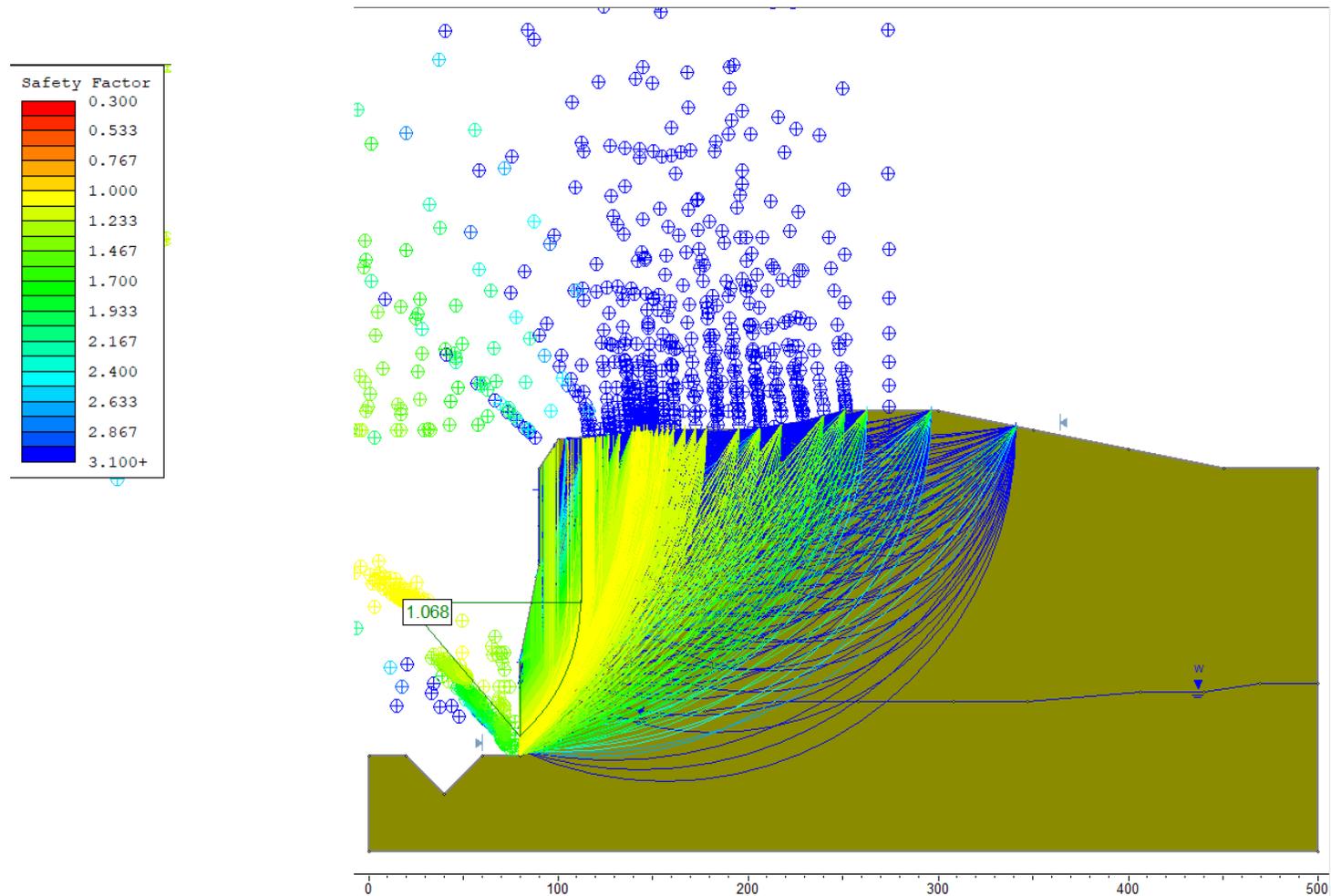


Figura 21. Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud con sostenimiento y con presencia de agua es de 1.5, con sostenimiento tipo amarre con lechada (con fricción), con una orientación perpendicular a la topografía del talud, con resistencia a la tracción de 10000 kN/m, adhesión de fuerza de extracción de 10 kN/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de fuerza de extracción de 60°.

#### 4.1.6. Estación N°6:

El talud está conformado por un depósito aluvial, se evidencia arcillas y bloques de coloración amarillenta con presencia de óxidos, la altura del talud es de 20 m., con un azimut de N48° y buzamiento de 63° SE.

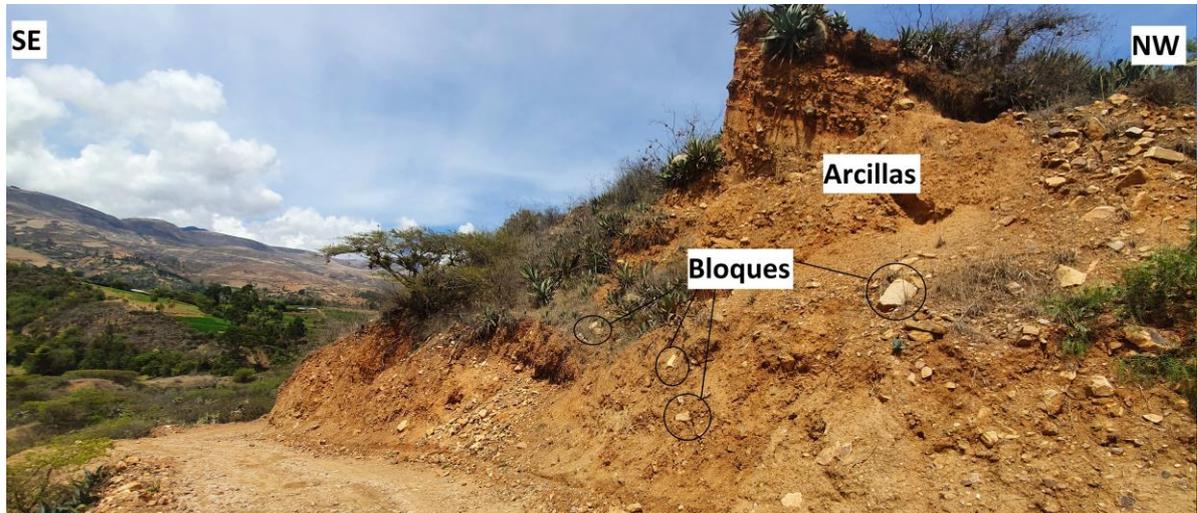


Foto 12: Estación 6, N: 9199335 E: 791834 C: 2938 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios coluvial conformados por conglomerados y arcilla.

#### Características del talud:

Este talud presenta las siguientes características:

Material: Depósito aluvial

Peso específico:  $20KN/m^3$  (Ver tabla 13)

Cohesión: 10kPa (Ver tabla 13)

Ángulo de fricción:  $30^\circ$  (Ver tabla 13)

## Interpretación:

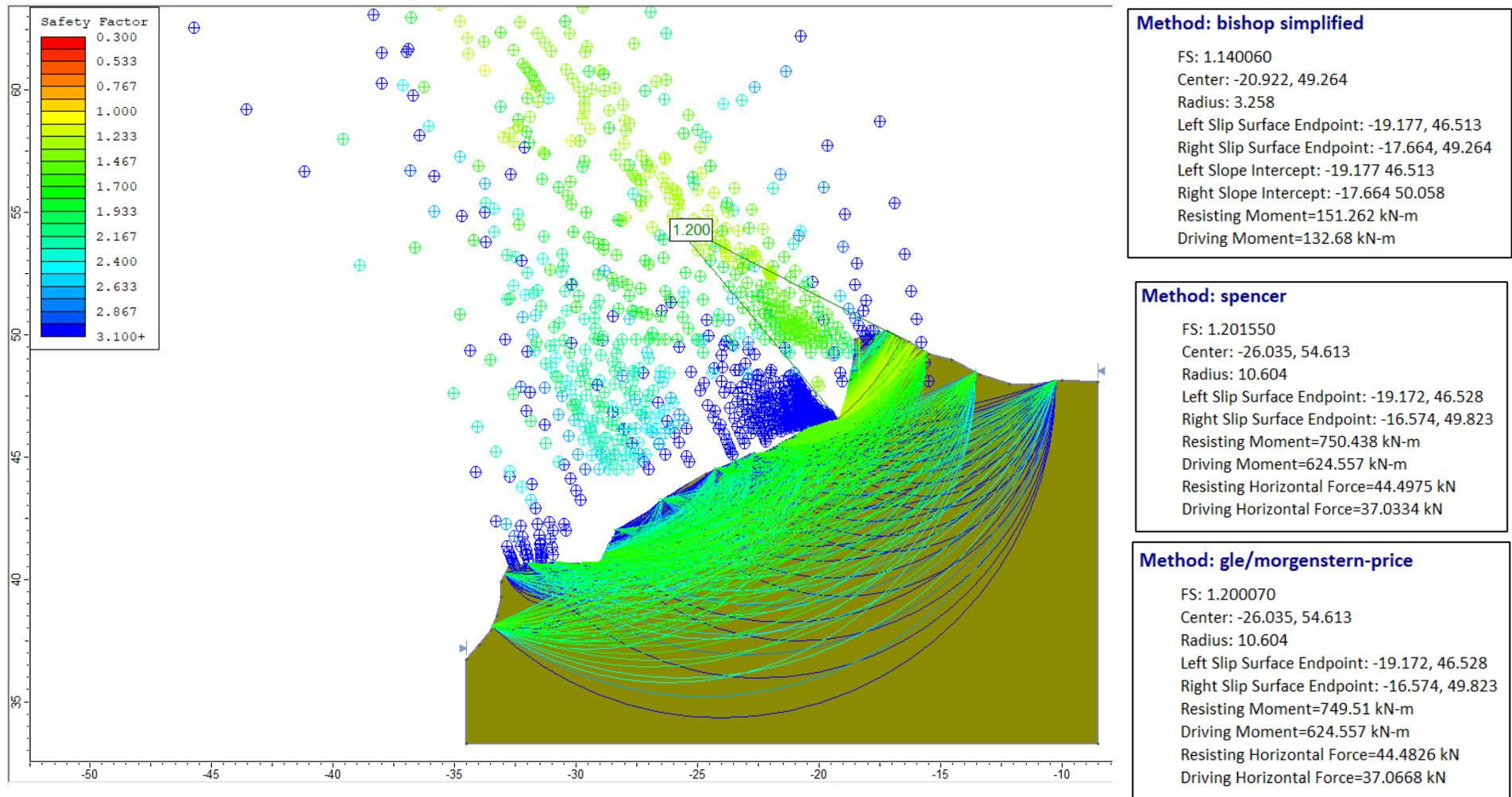


Figura 22. Factor de seguridad de talud con tensiones totales.

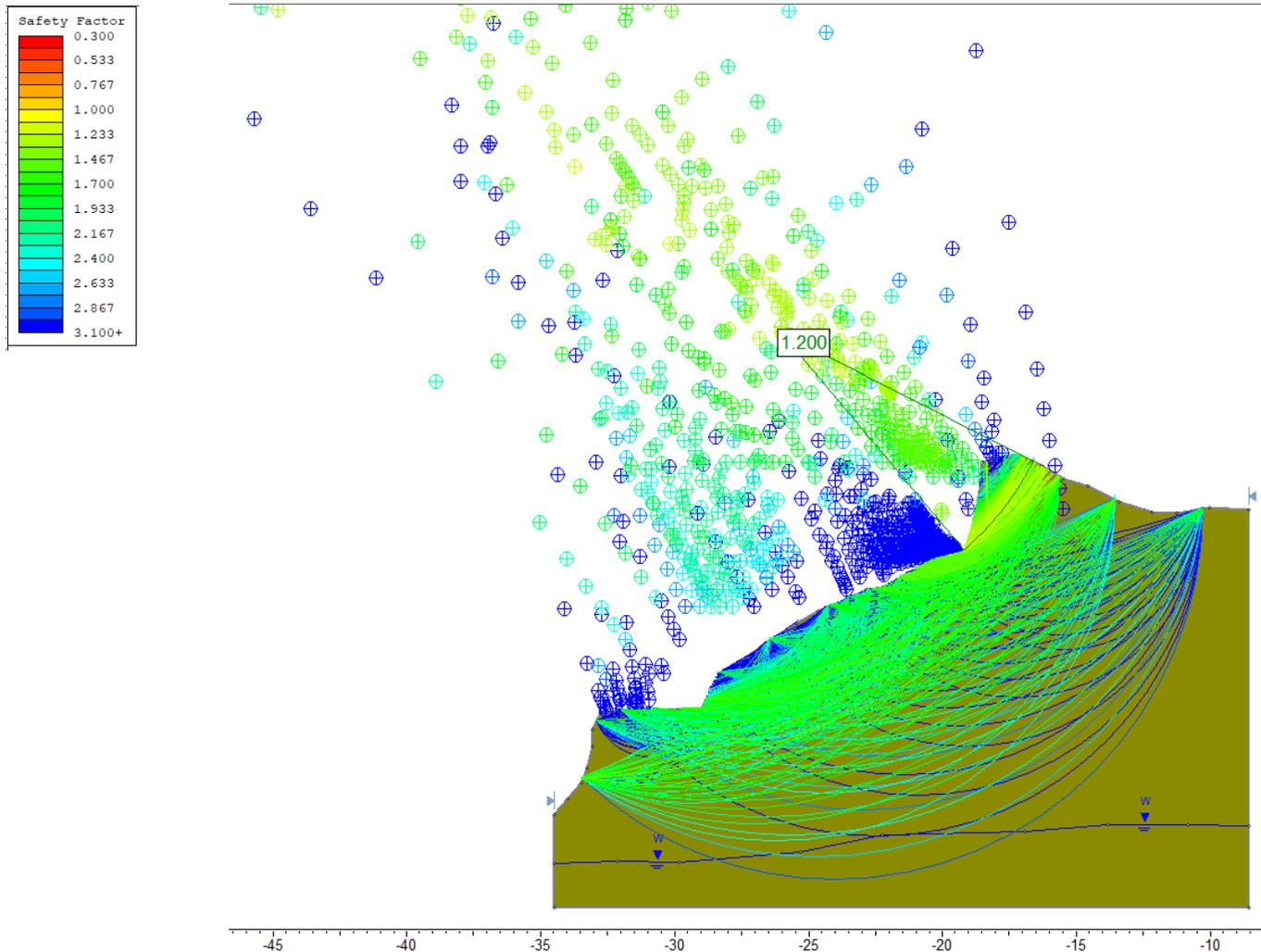


Figura 23. Factor de seguridad de talud con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud sin sostenimiento y con presencia de agua es de 1.200, lo que indica un factor aceptable para la seguridad y nos muestra una situación más realista y que se acerca más a lo que vemos en campo.

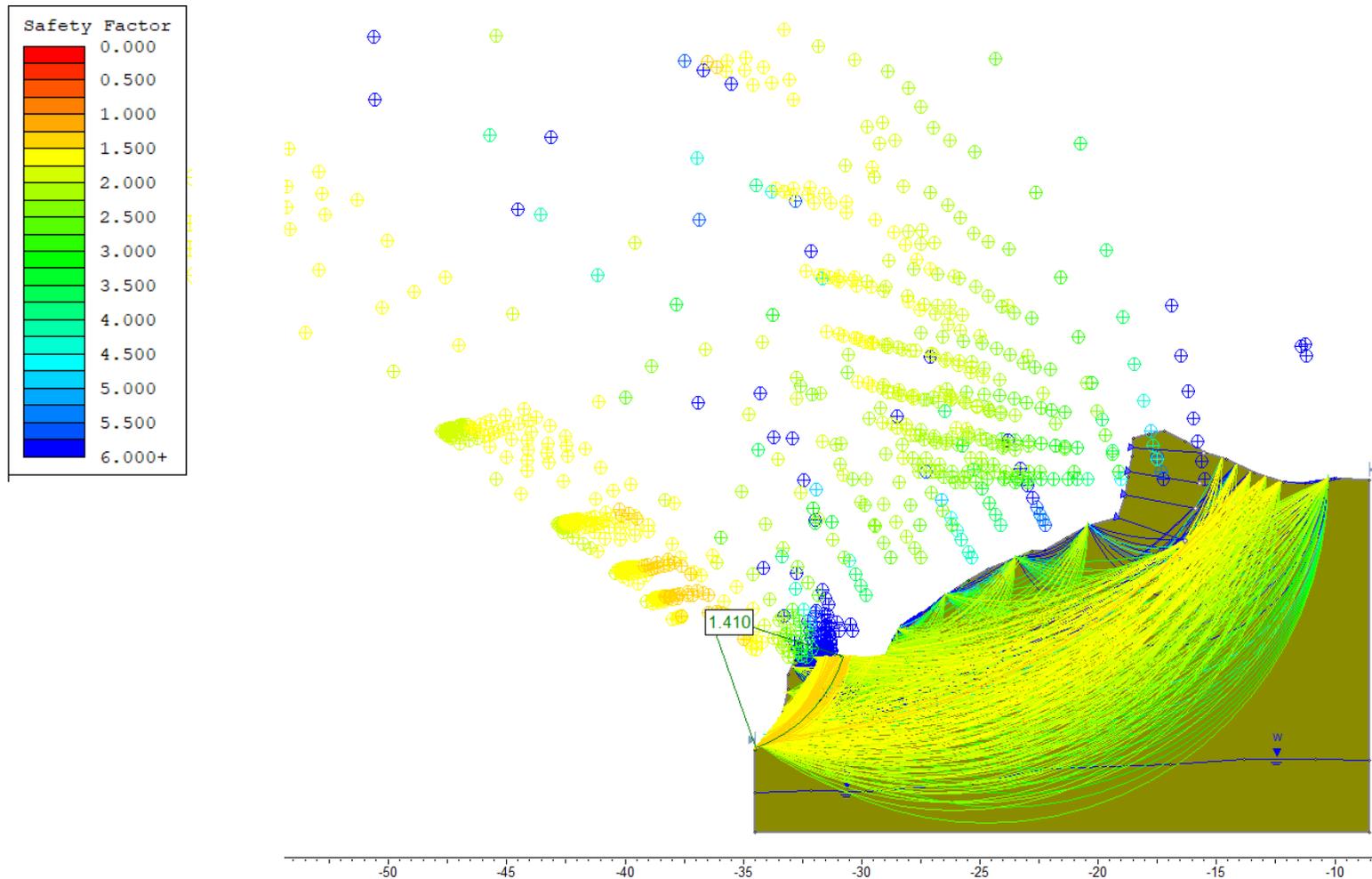


Figura 24. Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud con sostenimiento y con presencia de agua es de 1.410, con sostenimiento tipo perno de anclaje en el extremo, con una orientación perpendicular a la topografía del talud, con una capacidad de anclaje de 10000 kN y un espaciado fuera de plano de 1 metro.

#### 4.1.7. Estación N°7:

El talud está conformado por un depósito aluvial, se evidencia arcillas de coloración amarillenta con presencia de óxidos, la altura del talud es de 15 m., con un azimut de N88° y buzamiento de 42° NE.



Foto 13: Estación 7, N: 9201111 E: 793056 C: 2916 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios conformados por limos y arcillas.

#### Características del talud:

Este talud presenta las siguientes características:

Material: Depósitos aluviales

Peso específico:  $20KN/m^3$  y  $40KN/m^3$  (Ver tabla 13)

Cohesión: 10kPa (Ver tabla 13)

Ángulo de fricción: 30° y 60° (Ver tabla13)

**Interpretación:**

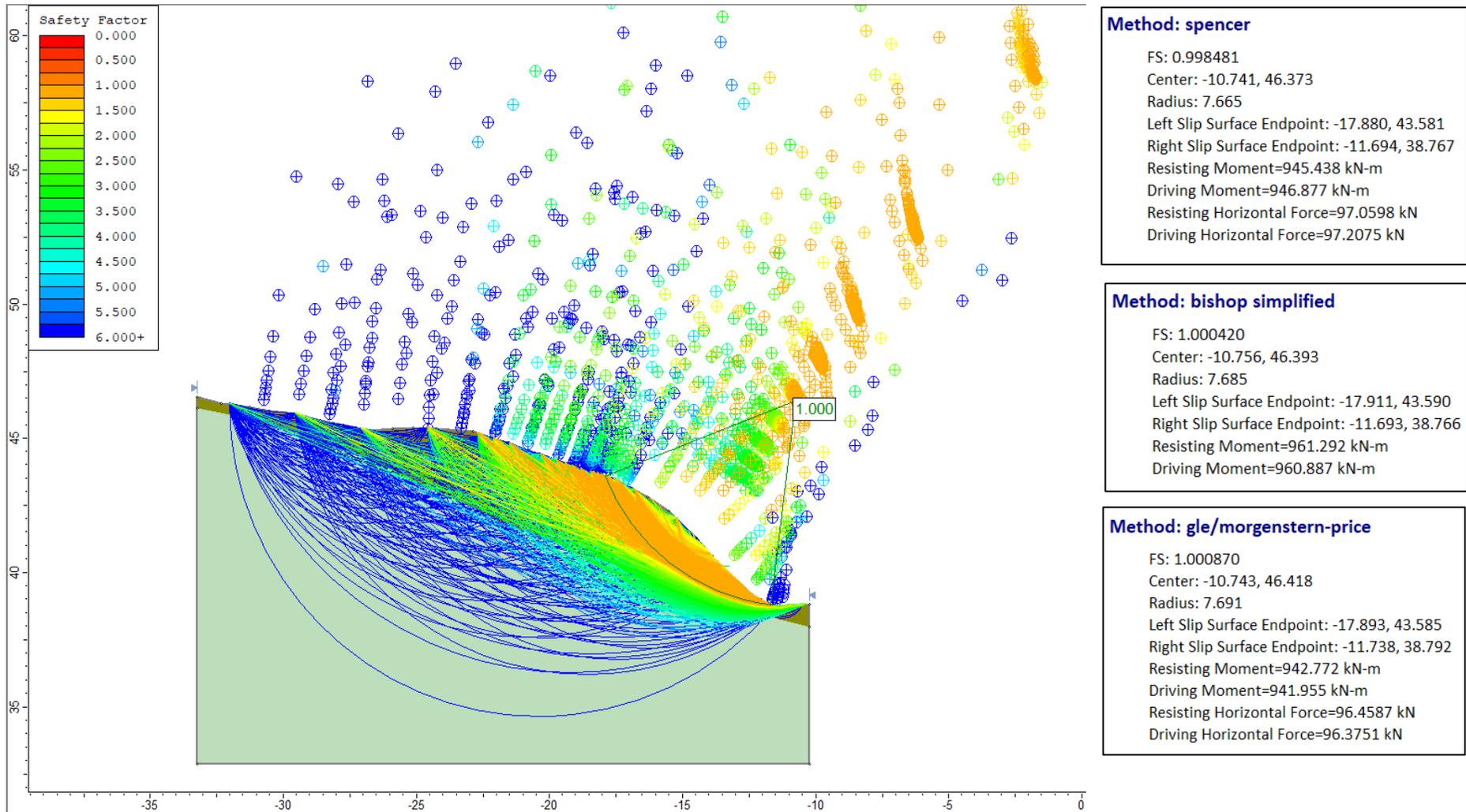


Figura 25. Factor de seguridad de talud con tensiones totales.

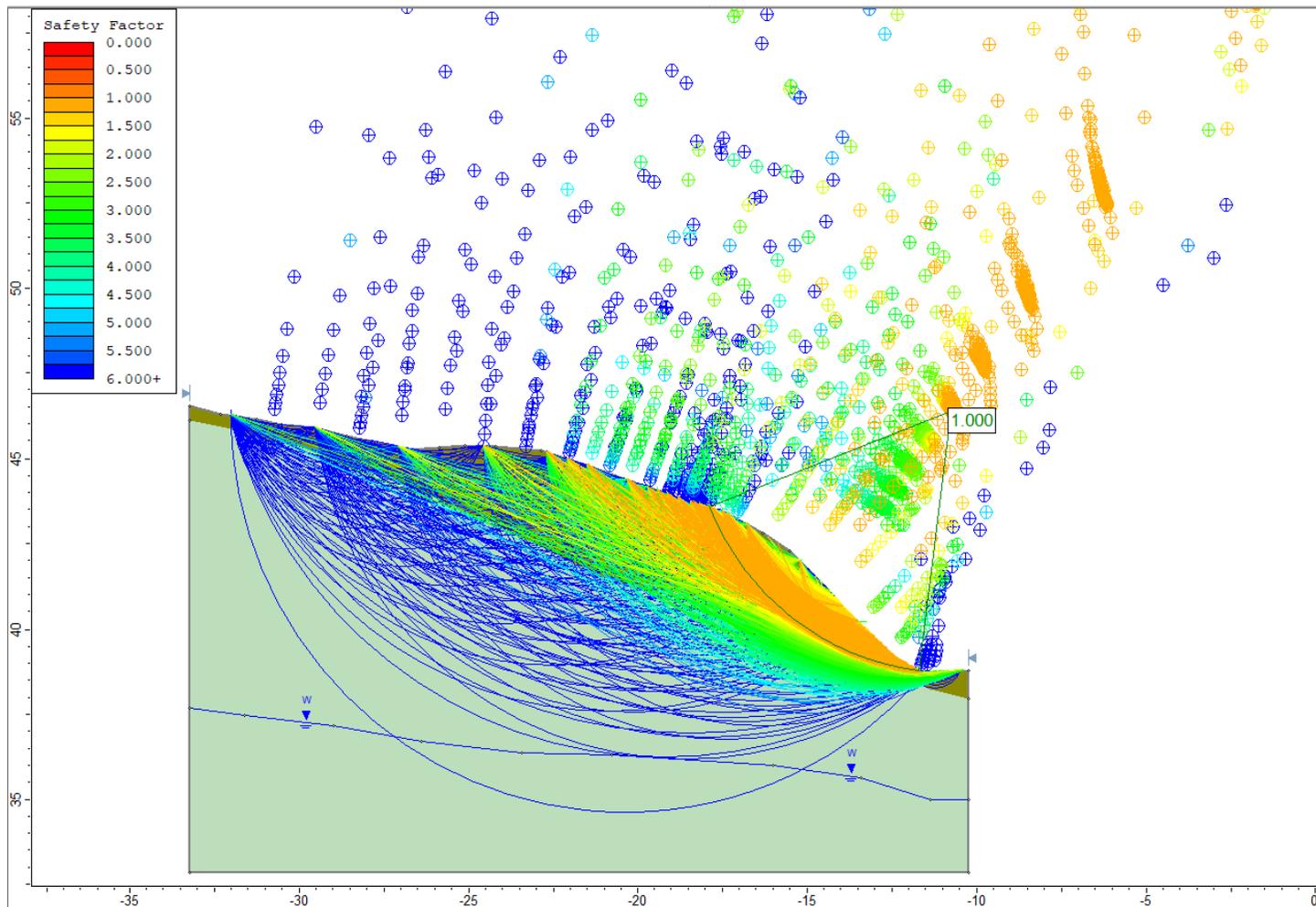


Figura 26. Factor de seguridad de talud con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud sin sostenimiento y con presencia de agua es de 1.000, lo que indica un factor mínimo aceptable para la seguridad y nos muestra una situación más realista y que se acerca más a lo que vemos en campo.

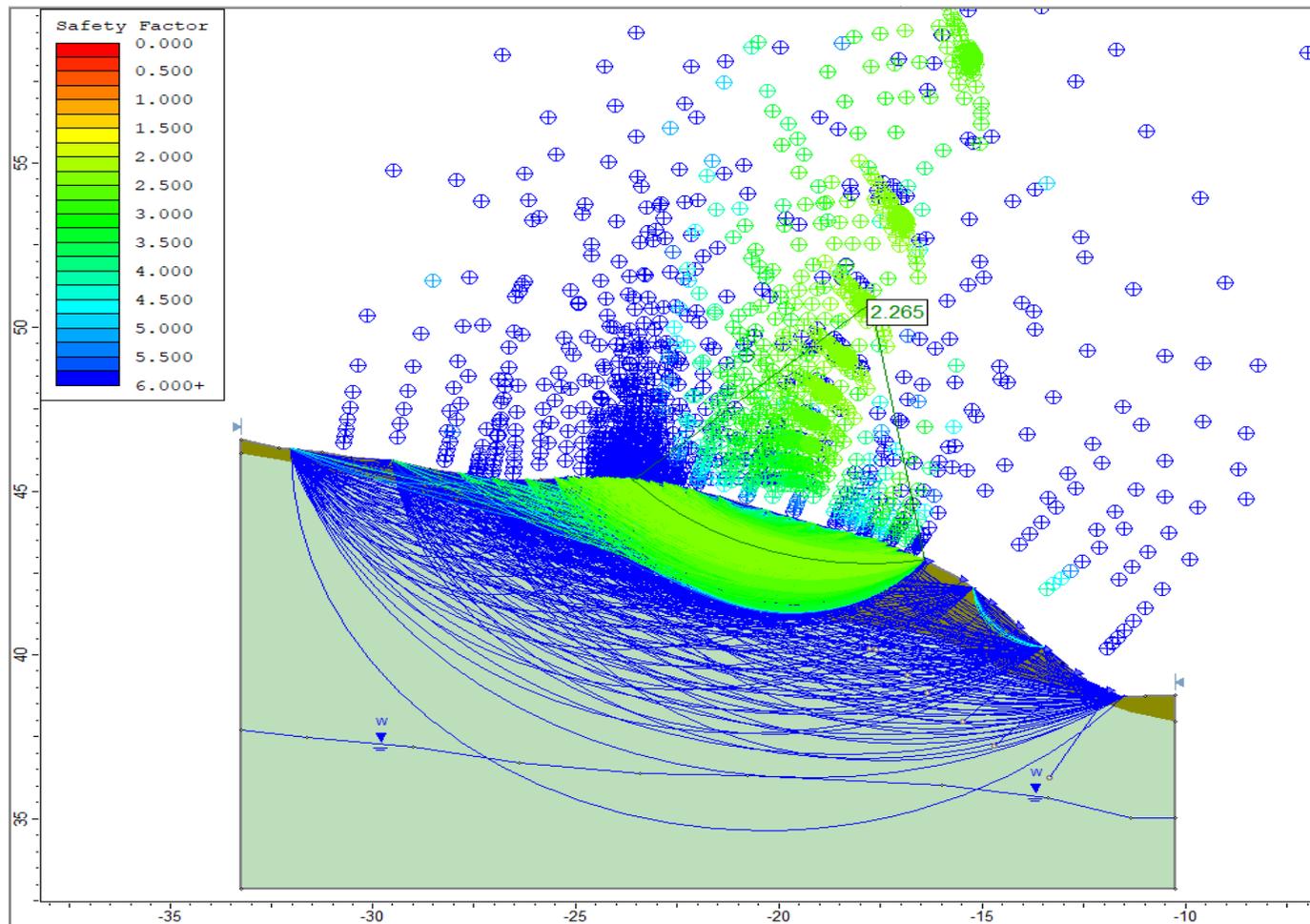


Figura 27. Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud con sostenimiento y con presencia de agua es de 2.265, con sostenimiento tipo perno de anclaje en el extremo, con una orientación perpendicular a la topografía del talud, con una capacidad de anclaje de 100 kN y un espaciado fuera de plano de 1 metro.

#### 4.1.8. Estación N°8:

El talud está conformado por un depósito aluvial, se evidencia limos y arcillas de coloración amarillenta con presencia de óxidos, la altura del talud es de 18 m., con un azimut de N85° y buzamiento de 24° SW.



Foto 14: Estación 8, N: 9194642 E: 788638 C: 3160 m.s.n.m., Talud de depósitos cuaternarios conformados por limos y arcillas.

#### Características del talud:

Este talud presenta las siguientes características:

Material: Depósitos aluviales

Peso específico:  $50KN/m^3$  (Ver tabla 13)

Cohesión: 10kPa (Ver tabla 13)

Ángulo de fricción: 25° (Ver tabla 13)

## Interpretación 1:

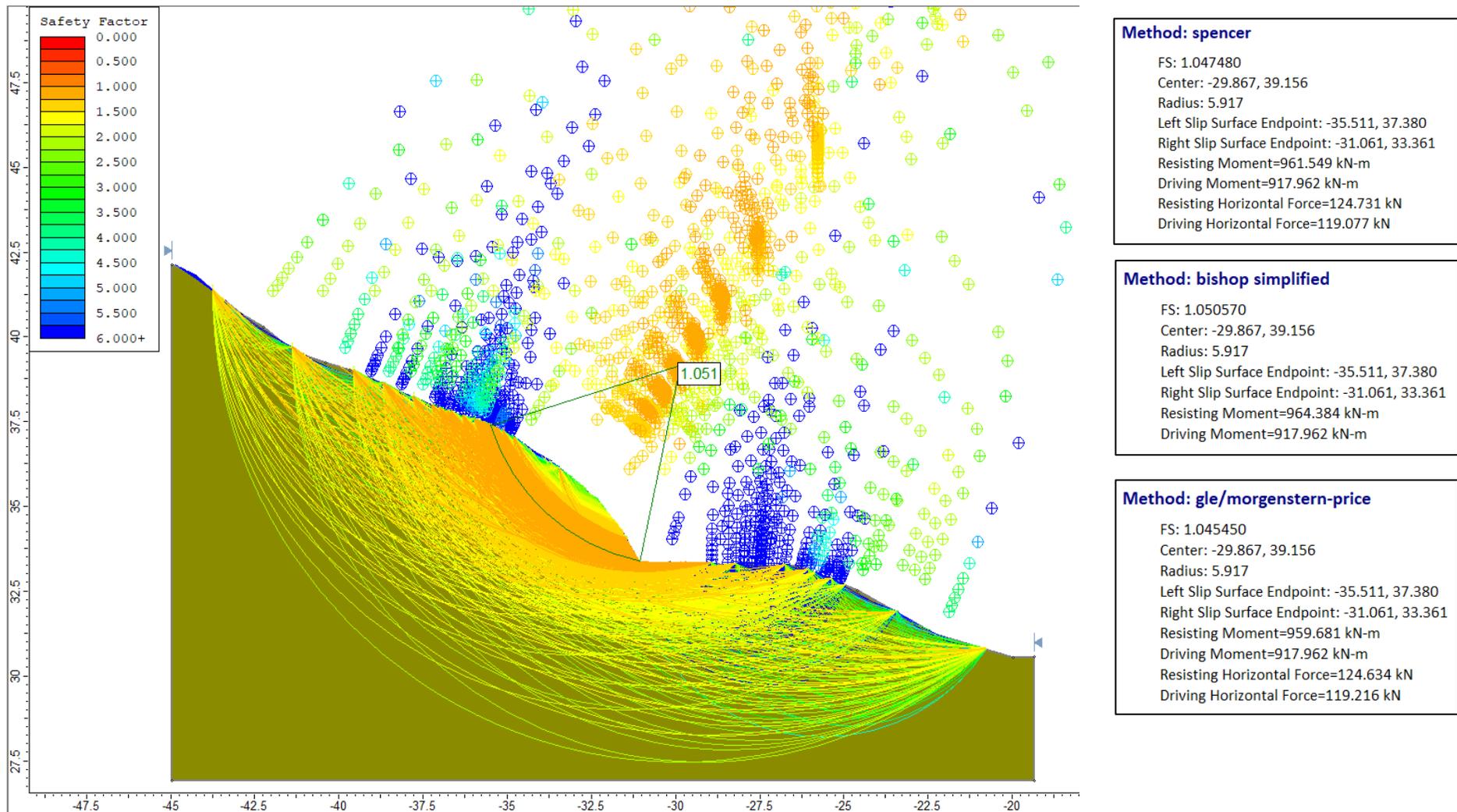


Figura 28. Factor de seguridad de talud con tensiones totales.

## Interpretación 2:

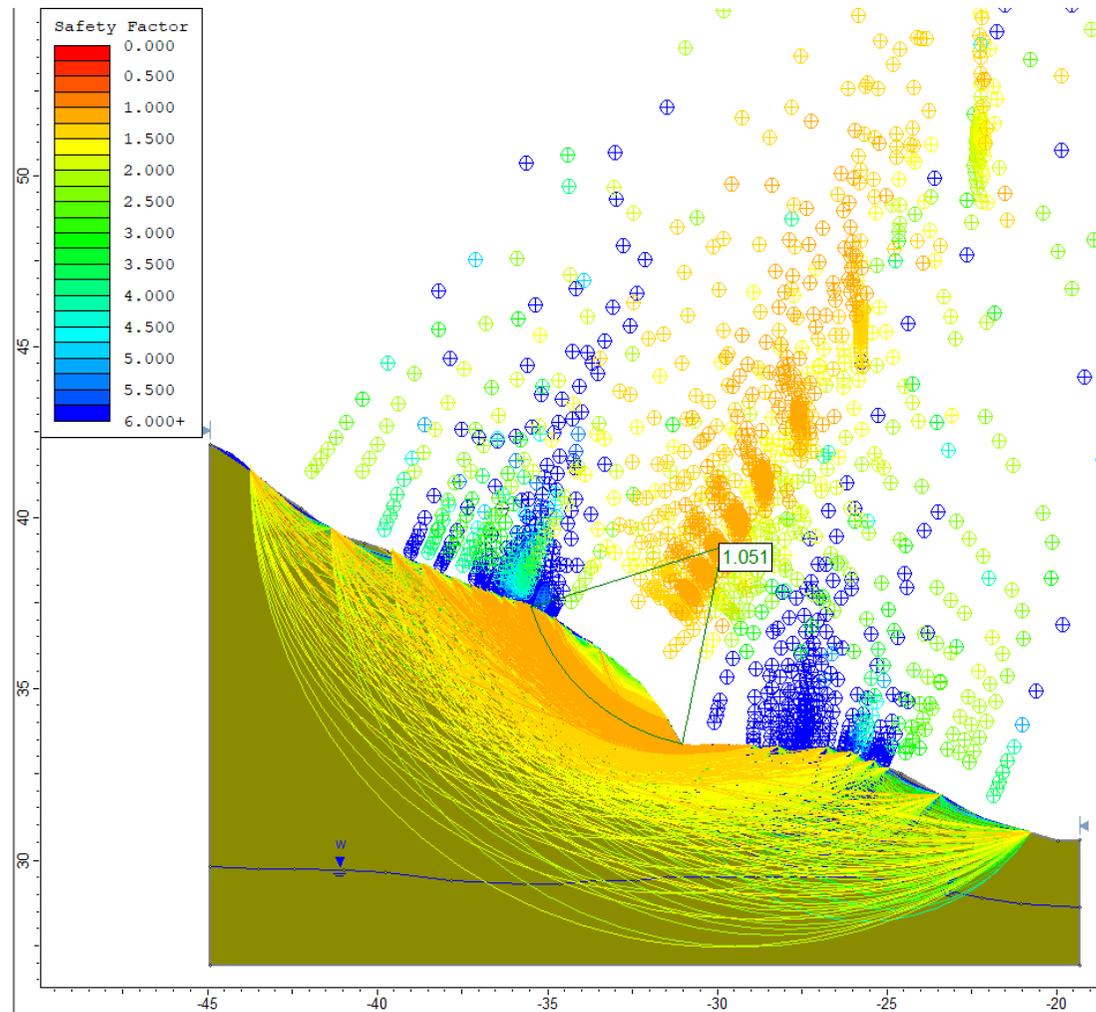


Figura 29. Factor de seguridad de talud con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud sin sostenimiento y con presencia de agua es de 1.051, lo que indica un factor mínimo aceptable para la seguridad y nos muestra una situación más realista y que se acerca más a lo que vemos en campo.

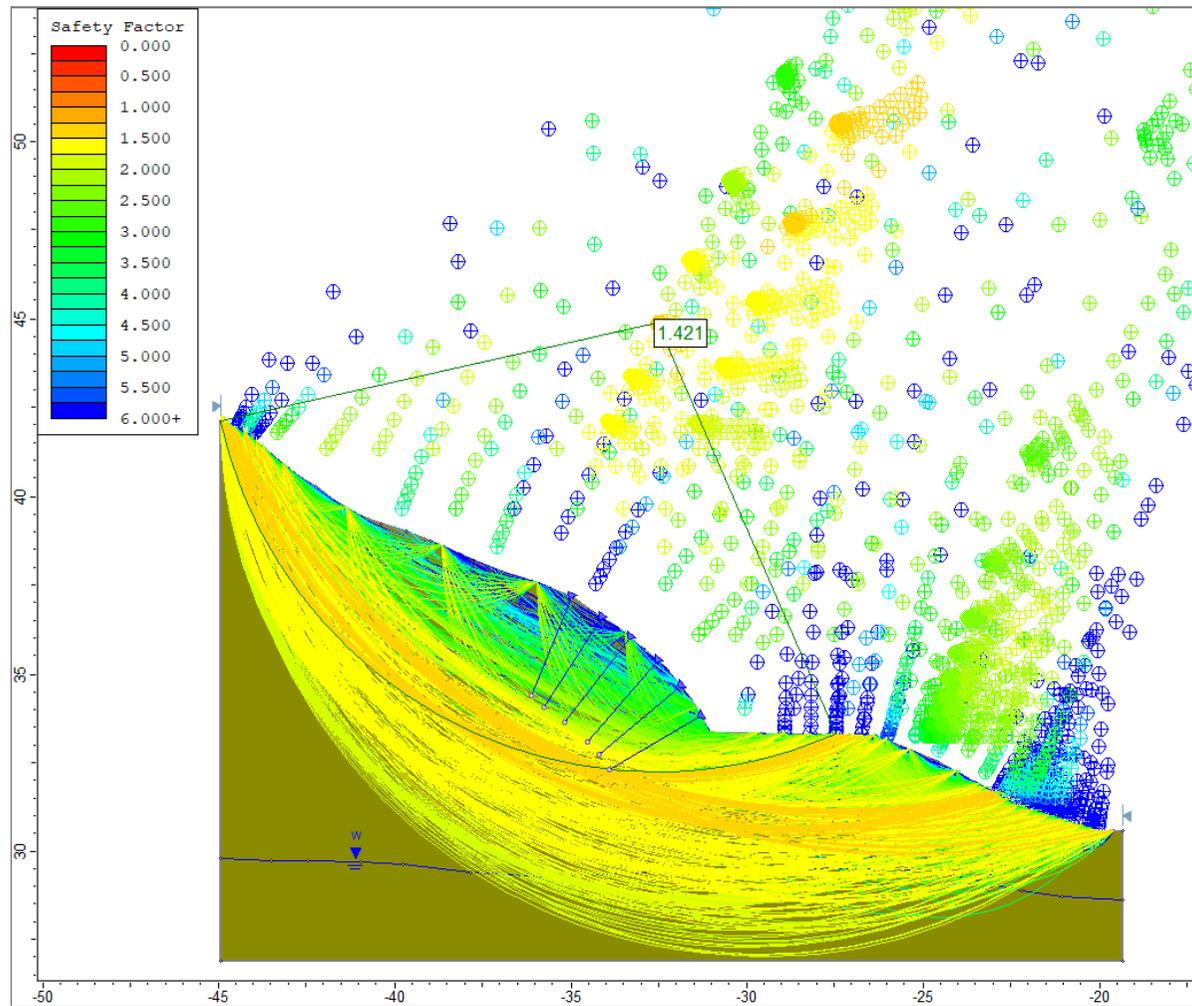


Figura 30. Factor de seguridad de talud con sostenimiento y con presencia de agua.

**Comentarios y resultados:** el factor de seguridad del talud con sostenimiento y con presencia de agua es de 1.421, con sostenimiento tipo perno de anclaje en el extremo, con una orientación perpendicular a la topografía del talud, con una capacidad de anclaje de 100 kN y un espaciado fuera de plano de 1 metro.

#### **4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓSIS:**

En el Distrito de Jesús, los riesgos y peligros geológicos que predominan son los deslizamientos y caída de sedimentos. El análisis Dips indican que existen fracturas oblicuas de alto ángulo con respecto a la Falla Cajamarca, los que condicionan a los procesos de deslizamientos y caída de sedimentos. El mapa de susceptibilidad indica que tanto los deslizamientos como caída de sedimentos se dan en zonas de alta pendiente, por lo que la hipótesis se contrasta positivamente.

## **CATÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES:**

- En el distrito de Jesús, los riesgos geológicos están caracterizados por los deslizamientos como inestabilidad de taludes (FCI) con litología de las rocas calcáreas, areniscas y suelo cuaternario en un 30%, pendiente en 20%, dureza de rocas en 15% y cobertura vegetal en 5%. Adicionalmente se incluyó el factor N° 07 que consiste en cohesión, consistencia y dureza de las rocas.
- El peligro geológico en dicho distrito se da en zonas con pendientes fuertemente inclinadas (80°), tal es el caso del Centro Poblado “La Shita” y sus alrededores.
- Las zonas con más riesgos y peligros geológicos, se presentan a 2km hacia el Norte del distrito de Jesús, específicamente en “La Shita”, con presencia de roca caliza.
- Los factores condicionantes para presentar un peligro y/o riesgo son las rocas Cretácicas en un 75%, rocas areniscas en un 10% y los depósitos cuaternarios inconsolidados en un 15%.
- Se elaboró mapa de riesgos y peligros geológicos a escala 1:40000, donde se analizaron cinco estaciones, de las cuales, por análisis de estabilidad, necesitan al menos un tipo de sostenimiento para garantizar un equilibrio aceptable para poder realizar algún tipo de trabajo o construcción.
- En el distrito de Jesús, se presenta un rango de riesgo de entre Alto a Extremo de un 60%.

#### **5.2. RECOMENDACIONES:**

- **Al público en general:**

- Realizar construcciones en las zonas de riesgo bajo – moderadamente medio, puesto que cuentan con factores de seguridad mayor a 1.4.
- Ser conscientes del peligro y riesgo existente en las distintas zonas evaluadas, para de esta manera evitar incidentes a largo plazo.
- Hacer extensiva la información para el crecimiento adecuado del distrito de Jesús y alrededores (Centro Poblado “Shita”, “Loritopampa”, “Jesús”).

- **A las autoridades:**

- Colocar sostenimiento en donde se aprecia mayor riesgo geológico, con el fin de anticipar algún tipo de deslizamiento en zonas de peligro con nivel alto a extremo.
- Evitar la realización de construcciones dentro de las zonas inestables visto desde el punto geológico, esto con la finalidad de tener una construcción segura para los habitantes del Distrito de Jesús y alrededores (Centro Poblado “Shita”, “Loritopampa”, “Jesús”).

- **A los estudiantes universitarios:**

- Continuar investigando y fortaleciendo la información proporcionada, para de esta manera brindar datos fidedignos que puedan apoyar al desarrollo ciudadano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, Y. 2023. Evaluación del riesgo geológico para la adecuada expansión del borde urbano en el sector Quilque, distrito - Cusco – Cusco, 2021. Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Alva, C. 2019. Peligros geológicos en la localidad de San Marcos, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Apaza, Luis. 2021. Evaluación del riesgo geológico ante movimientos en masa en la quebrada Sicre, distrito de Huayopata, provincia de La Convención, departamento del Cusco. Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Araujo, G. 2018. Evaluación geodinámica de peligros geológicos en el cerro Ayamachay e Itapa Ccasa - Tambo. Región Ayacucho, provincia La Mar, distrito Tambo. Ayacucho. INGEMMET.
- Arias, S. 2020. Evaluación del riesgo geológico de la carretera Yaurisque - Ranraccasa - Paruro, tramo Ranraccasa - Paruro, (km 8+900 – 25+900) Paruro-Cusco. Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Bellido, C. 2018. Evaluación de peligros geológicos en el distrito de Tiabaya. Arequipa. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Carmenate, J. 2018. Zonificación de los fenómenos geológicos que generan peligros y riesgos en la ciudad de Moa. Cuba. Revista Digital Científico Tecnológica.
- Castro, M. 2018. Evaluación de riesgos geológicos de la zona urbana, Distrito de Ollachea – Carabaya. Puno. Red de Repositorios Universitarios.
- CENEPRED. 2014. Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2. Perú.
- Cruden, D.M. 1991. A simple Definition of a Landslide Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
- Cruz, O. Gómez D. 2016. Identificación de peligros geológicos en el AAHH Victoria Perú. Sector energía y minas INGEMMET, Instituto geológico, minero y metalúrgico.

- Curay, J. 2022. Evaluación de riesgos geológicos en el A.H La Molina distrito y provincia de Sullana – región Piura 2021. Universidad Nacional de Piura.
- García, J. 2018 Actividad geológica de la Falla Perales y sus peligros geológicos asociados en la región de Ixtlahuaca, Estado de México. México. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Geertsema, M. 2016. Una descripción general de los grandes deslizamientos de tierra catastróficos recientes en el norte de la Columbia Británica, Canadá.
- Gonzales de Vallejo, 2014. Parámetros de clasificación de la roca (RMR) según Bieniawski 1989. 38-70p.
- Hernández, S. 2021. Evaluación de los peligros geológicos y elaboración del mapa de susceptibilidad en la zona de Huambocancha baja. Cajamarca, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Huaripata, M. 2014. Modelo geodinámico de la Quebrada Cruz Blanca, microcuenca Cruz Blanca - Los Chilcos. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience.
- INGEMMET, 2021. Los peligros geológicos en Perú. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-11705
- Jiménez, L. 2019 Estudio del peligro geológico por proceso de remoción en masa en la cuenca de Motozintla, Chiapa, México. México. Instituto Politécnico Nacional.
- Morgenstem, N. 1997. Toward landslide risk assessment in practice. Proceeding of the international Workshop on landslide risk assessment. Honolulu, Hawaii. USA, 15-23 p.
- Ramirez, Diana. 2019. Evaluación de riesgos geológicos en Villa La Paz, distrito de Sullana – Región Piura, año 2019. Piura. Universidad Nacional de Piura.
- Solari, M. 2003. El Interior del Planeta Tierra, Fundamentos de Cristalografía y Mineralogía. Departamento de Geología, Universidad de Chile

Tavera, Hernando. 2018. Peligro sísmico. Perú, Un país altamente sísmico. Sociedad Geológica del Perú.

Varnes, J. 1978. Slope movement types and processes. In Landslides, Analysis and Control, Special Report N°176. Washington.

Vergara, L. 2017. Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca

**ANEXOS**