

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**TESIS**

**FACTORES GEOMECÁNICOS QUE INFLUYEN EN LA  
ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CONSTRUCCION DE  
LA CARRETERA COCHARCAS, RIO PAMPAS -  
CHINCHEROS - APURÍMAC**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ALEX PALOMINO OSCCO**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS

ASESOR:

ING. JUAN FRANCISCO SOTO ELGUERA

CUSCO - PERÚ  
2019

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Factores Geomecánicos que influyen en la estabilidad de taludes en la construcción de la carretera Cochavacas - río Pampas - Chincheros - Apenimac

presentado por: Alex Palomino Oscco con DNI Nro.: 40661352

presentado por: Alex Palomino Oscco con DNI Nro.: 40661352

para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero de Minas

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 7 de Noviembre de 2022

Juan Francisco Soto Oscco  
Firma  
Post firma Juan Francisco Soto Oscco  
Nro. de DNI 27922623

ORCID del Asesor 0000-0002-5029-4284

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:134980853

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis Alex Palomino O.pdf**

AUTOR

**Alex Palomino Oscco**

RECuento DE PALABRAS

**14541 Words**

RECuento DE CARACTERES

**73078 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**104 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 3, 2022 8:59 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 3, 2022 9:01 PM GMT-5****● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

## **DEDICATORIA**

A Dios; fuente de vida, sabiduría y amor, pilares fundamentales para que pueda dar un paso más hacia el éxito.

A mi familia quienes me apoyaron, con su amor infinito, sus consejos, su ayuda incondicional tanto moral como económica y a quienes espero retribuir toda la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Expresar mi sincero agradecimiento a la UNSAAC y en particular a la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINERA, de la que recibí una educación de alta calidad y prestigio, institución a la que me siento orgulloso de haber pertenecido y a la que me comprometo a continuar mi formación y dejar mi huella. Quiero expresar mi gratitud a todos los profesores que generosamente compartieron sus conocimientos y experiencia con sus alumnos.

## INTRODUCCIÓN

Debido a los constantes deslizamientos que se producen en la zona de estudio, especialmente en épocas de invierno, nos lleva a realizar un estudio detallado de la estabilidad de taludes es por ello que la presente tesis se encargara de informar al gobierno local y a la población si realmente se puede producir deslizamientos en el tramo de ejecución Cocharcas-Rio Pampas.

Los parámetros geomecánicos, determinan el tipo de fallo que se produce a lo largo de una o varias superficies, así como la capacidad de transferir un determinado volumen de material. Resulta útil clasificar los elementos que influyen en la inestabilidad de los taludes determinando cuáles son los factores condicionantes y cuáles los desencadenantes. Entre los factores condicionantes se encuentran los geológicos (relacionados con la presencia de planos y zonas de debilidad anisotrópica en el talud), los hidrológicos (relacionados con la presencia de agua en los taludes) y los geotécnicos (relacionados con la presencia de agua en los taludes). Los factores externos, conocidos como factores desencadenantes o activos, provocan la rotura del macizo rocoso.

Entonces nace la necesidad de averiguar y precisar, las causas y las medidas de mitigación necesarias para la prevención oportuna, teniendo en cuenta las zonas de riesgo y los acontecimientos naturales (slide), siendo la zona más vulnerable como el sector Cocharcas - Rio Pampas. El área de estudio presenta antecedentes de impacto en deslizamientos que recobró daños y vidas humanas, no habiendo propuestas y/o mediadas de control – prevención, recae la importancia del presente estudio de investigación de la carretera Cocharcas – Rio Pampas. Por otro lado, el análisis determinístico se basa en modelos numéricos y implica el desarrollo de los siguientes criterios: mecánica del suelo, comportamiento geodinámico de la zona, flujo de agua, geometría de la pendiente y topografía ambiental. En consecuencia, el desarrollo de estos factores geomecánicos tiene

como objetivo averiguar la susceptibilidad e inestabilidad de las pendientes en consideración, a partir de los cuales se pueden proponer mecanismos para la estabilización de las pendientes. Esto, garantizará la gestión del riesgo y, por tanto, la seguridad de las ubicaciones.

En consecuencia, se realizó el estudio de investigación utilizando el método de investigación, que comienza con la identificación y el diagnóstico geográfico, y continúa con la diferenciación y el análisis de las variables del estudio (variables dependientes e independientes). En consecuencia, en la fase inicial de la investigación se consultaron fuentes bibliográficas: informes de defensa civil., a continuación, se definió como un estudio técnico, realizado utilizando métodos propietarios para la recogida de muestras y análisis en laboratorios. De hecho, el estudio semidescrituido tiene como objetivo servir de base para posteriores investigaciones más especializadas sobre el tema.

## RESUMEN

El presente estudio da a conocer el estudio de los Factores Geomecánicos que Influye en la Estabilidad de Taludes en la Construcción de la Carretera, Cocharcas – Rio Pampas, Chincheros – Apurímac, cuyo objetivo consiste en: Determinar los factores Geomecánicos que influyen en la estabilidad de taludes en la Construcción de la Carretera Cocharcas-Rio Pampas, Chincheros-Apurímac, El resultado fue una susceptibilidad MEDIA en condiciones normales, es decir, examen de los factores internos (topografía, geología y humedad del suelo), y una susceptibilidad ALTA en caso de intervención de factores externos (lluvia y terremoto). Asimismo, se utilizó la técnica determinista para calcular el factor de seguridad de los taludes en el sector estudiado, basándose en el análisis estático y dinámico, utilizando el primero los métodos de equilibrio límite y de elementos finitos. Como resultado de estos resultados, la zona de la carretera es inestable, ya que el factor de seguridad es inferior a uno. En el análisis dinámico se utilizó el método de los elementos finitos, que coincide con los resultados del análisis estático, ya que el factor de seguridad dinámico en la zona de la carretera es inferior a 1,25, lo que indica inestabilidad. Teniendo en cuenta estos resultados, se proponen estrategias de reducción de riesgos, como la construcción de anclajes, dadas las características de los lugares de investigación. En cuanto a la metodología, se utilizará el nivel de estudio descriptivo.

### **Palabras clave:**

Factores Geomecánicos, Deslizamientos, Asentamientos, Capacidad portante,  
Coeficiente de fricción



## ABSTRACT

This thesis presents the study of the Geomechanical Factors that Influence Slope Stability in the Construction of the Road, Cocharcas - Rio Pampas, Chincheros - Apurimac, whose objective is to: Determine the Geomechanical Factors that influence slope stability in the Construction of the Cocharcas-Rio Pampas Road, Chincheros-Apurimac, The result was a MEDIUM susceptibility under normal conditions, i.e., examination of internal factors (topography, geology and soil moisture), and a HIGH susceptibility in case of intervention of external factors (rain and earthquake). The deterministic technique was also used to calculate the safety factor of the slopes in the sector studied, based on static and dynamic analysis, the former using the limit equilibrium and finite element methods. As a result of these results, the road area is unstable, since the factor of safety is less than one. In the dynamic analysis, the finite element method was used, which coincides with the results of the static analysis, since the dynamic safety factor in the road zone is less than 1.25, indicating instability. Considering these results, risk reduction strategies are proposed, such as the construction of anchorages, given the characteristics of the research sites. As for the methodology, the descriptive level of study will be used.

Key words:

Geomechanical factors, Sliding, Settlements, Bearing capacity, Coefficient of friction.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
<b>1.2.1 PROBLEMA GENERAL</b> .....	19
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO.....	19
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.....	19
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.4.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.5 HIPÓTESIS .....	21
1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL .....	21
1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICO.....	21
1.6 DISEÑO METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.6.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.6.3 VARIABLES E INDICADORES .....	22
1.6.4 <i>POBLACIÓN Y MUESTRA</i> .....	22
1.6.5 <i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS</i> .....	22

<b>1.6.5.1 TÉCNICAS</b> .....	22
<i>1.6.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</i> .....	23
<i>1.6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN</i> .....	23
1.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	25
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	27
2.1 MARCO TEORICO REFERENCIAL .....	27
2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL .....	27
2.1.2. A NIVEL NACIONAL .....	27
2.1.3 A NIVEL REGIONAL.....	28
2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	29
2.2.1 ESTABILIDAD DE TALUDES .....	29
2.2.2 EL CRITERIO DE ROTURA DE HOEK-BROWN .....	32
2.2.3 CRITERIO DE MOHR-COULOMB .....	36
2.2.4 DESLIZAMIENTOS .....	37
2.2.5 SISMICIDAD .....	39
2.2.6 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	41
CAPÍTULO III: FACTORES GEO MECÁNICOS QUE INFLUYEN LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA AMPLIACIÓN DE LA VÍA .....	43
3.1. MECANISMOS DE FALLA .....	45
3.1.1 EQUILIBRIO O DESEQUILIBRIO DE FUERZAS (FACTOR DE SEGURIDAD) .....	45
3.1.2 EL DETERIORO (MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ORIGINALES) .....	46
3.1.3 FACTORES DETONANTES (ACTIVACIÓN DEL MOVIMIENTO) .....	47
3.1.4 FALLAMIENTO.....	49
3.1.5 LA FALLA PROGRESIVA .....	49
3.2 FALLAS CON CONTROL ESTRUCTURAL .....	51
3.2.1 FALLA PLANA.....	51
3.2.2 FALLA POR CUÑA. ....	52

3.3 FALLAS SIN CONTROL ESTRUCTURAL.....	53
3.3.1 CAÍDA DE ROCAS.....	53
3.3.2 FALLA CIRCULAR.....	53
3.3.3 ÍNDICE SMR ( <i>Slope Mass Rating</i> ).....	54
3.4 ESTRATIGRAFÍA.....	54
3.4.1 GRUPO PUCARA.....	54
3.4.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	55
3.5 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS .....	55
3.5.1 GEOMECÁNICA DE LAS UNIDADES CRETÁICAS.....	55
3.5.2 GEO MECÁNICA DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	56
3.6 GEOTECNIA .....	57
3.7 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	57
3.7.1 PROPIEDADES DE LA ROCA INTACTA. ....	58
3.7.2 CLASIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO.....	60
CAPITULO IV: EVALUACIÓN SOCIAL POR EFECTOS DE AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA COCHARCAS- RIO PAMPAS.....	82
4.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SEGÚN EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA.....	82
4.2. HORIZONTE DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DE CAMINO VECINAL.....	84
4.3. BENEFICIOS SOCIALES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAYARECC – COCHARCAS - COAY Y RIO PAMPAS. ....	84
4.3.1 BENEFICIOS SOCIALES DIRECTOS.....	85
4.3.2 BENEFICIOS SOCIALES INDIRECTOS.....	88
4.3.3 EXTERNALIDADES POSITIVAS DERIVADAS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAYARECC-COCHARCAS-COAY Y RIO PAMPAS.....	89

4.4 COSTOS SOCIALES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAYARECC-COCHARCAS-COAY Y RIO PAMPAS. ....	90
4.5 LA INVERSIÓN DEL PROYECTO A PRECIOS SOCIALES.....	91
4.6 TASA SOCIAL DE DESCUENTO PERTINENTE A LA EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE UNA CARRETERA.....	93
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	96
5.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	96
5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	98
5.2.1 <i>INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS EN LA     INESTABILIDAD</i> .....	98
5.2.2 <i>ZONIFICACIÓN DE ESTABILIDAD SEGÚN EL FACTOR DE SEGURIDAD</i> .....	101
5.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	102
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	103
6.1. CONCLUSIONES.....	103
6.2. RECOMENDACIONES .....	104
BIBLIOGRAFÍA .....	105

## INDICE TABLAS

Tabla n°1 .....	22
<b>Operacionalización de variables</b> .....	22
<b>Tabla n° 2:</b> .....	25
<i>Matriz de consistencia</i> .....	25
<b>Tabla n° 3:</b> .....	31
<i>Clasificación “SUCS”</i> .....	31
<b>Tabla n°4:</b> .....	34
<i>Índice de resistencia geológica</i> .....	34
<b>Tabla n° 5</b> .....	35
<i>Estimación del GSI para macizos heterogéneos como flysch</i> .....	35
<b>Tabla 6:</b> .....	41
<i>Variables de sismicidad para obtener las componentes sísmicas horizontales y verticales</i> .....	41
<b>Tabla n° 7:</b> .....	56
<i>Propiedades Geomecánicas del Grupo Pucara</i> .....	56
<b>Tabla 8:</b> .....	57
<i>Propiedades Geomecánicas de los depósitos Fluvio Aluviales</i> .....	57
<b>Tabla 9:</b> .....	64
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 01</i> .....	64
<b>Tabla 10:</b> .....	66
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 02</i> .....	66
<b>Tabla N° 11</b> .....	67
<i>Datos para el programa Dips v6.0 del talud 02</i> .....	67
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 03</i> .....	69
<b>Tabla 12</b> .....	70
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 04</i> .....	70
<b>Tabla 13:</b> .....	71

<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 05</i> .....	71
<b>Tabla 14:</b> .....	72
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 06</i> .....	72
<b>Tabla 15</b> .....	73
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 07</i> .....	73
<b>Tabla 16:</b> .....	74
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 08</i> .....	74
<b>Tabla 17</b> .....	75
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 09</i> .....	75
<b>Tabla 18</b> .....	76
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 10</i> .....	76
<b>Tabla 19</b> .....	77
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 11</i> .....	77
<b>Tabla 20:</b> .....	78
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 12</i> .....	78
<b>Tabla 21:</b> .....	79
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 13</i> .....	79
<b>Tabla 22</b> .....	80
<i>Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 14</i> .....	80
<b>Tabla 23:</b> .....	83
<i>Metodologías de evaluación según tipo de proyecto</i> .....	83
<b>Tabla 24:</b> .....	84
<i>Horizonte de evaluación según tipo de proyecto</i> .....	84
<b>Tabla 26:</b> .....	89
<i>Beneficios Sociales Indirectos Del Proyecto De Inversión Pública</i> .....	89
<b>Tabla 27:</b> .....	90
<i>Externalidades Positivas Del Proyecto De Inversión Pública</i> .....	90

<b>Tabla 28:</b> .....	91
<i>Costos Sociales Directos Del Proyecto De Inversión Pública</i> .....	91
<b>Tabla 29</b> .....	92
<i>Inversión de proyecto</i> .....	92
<b>Tabla 31:</b> .....	97
<i>Resumen de los factores de seguridad de los taludes analizados (Talud 1-11</i> .....	97
<b>Tabla 32:</b> .....	98
<i>Resumen de los factores de seguridad de los taludes analizados (Talud 12-14</i> .....	98
<b>Tabla 33:</b> .....	102
<i>Zonificación del área de estudio según los factores de seguridad.</i> .....	102



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figure 1</b> .....	37
<i>Envolventes de Mohr - Coulomb</i> .....	37
<b>Figura 2</b> .....	38
<i>Caídos de bloques en caída libre de roca fracturada</i> .....	38
<b>Figura 3</b> .....	38
<i>Desplazamiento de rotación en una ladera. Recuperado de (Suarez, 2009)</i> .....	38
<b>Figura 4</b> .....	39
<i>Flujo de bloques de roca y residuos en la excavación de un “talud” para la construcción de una vía. Recuperado de (Suarez, 2009).</i> .....	39
<b>Figura 5</b> .....	40
<i>Zonas sísmicas en el Perú y Chinchero (Rio Pampas - Cocharcas)</i> .....	40
<b>Figura 6</b> .....	43
<i>Talud con ángulo uniforme y talud excavado de forma escalonada con berma y bancos.</i> ..	43
<b>Figura 7</b> .....	45
<i>Equilibrio o desequilibrio de fuerzas en un talud. Recuperado de (Suarez, 2009)</i> .....	45
<b>Figura 8</b> .....	46
<i>El efecto de deterioro. Recuperado de (Suarez, 2009)</i> .....	46
<b>Figura 9</b> .....	48
<i>Vista del Corte del pie del talud para el avance del corte de carretera. Fuente propia</i> .....	48
<b>Figura 10</b> .....	48
<i>Vista del Corte del pie del talud con vibraciones del rotomartillo para el avance del corte de carretera. Fuente propia</i> .....	48
<b>Figura 11</b> .....	49
<i>Evolución de un deslizamiento en la roca fracturada al profundizarse en un cauce por erosión permanente. Recuperado de (Suarez, 2009)</i> .....	49
<b>Figura 12</b> .....	50
<i>Inicio de una falla progresiva. Recuperado de (Suarez, 2009)</i> .....	50

<b>Figura 13</b> .....	51
<i>Esquema de la generación de una falla progresiva en suelos que pierden resistencia al deformarse. Recuperado de (Suarez, 2009) .....</i>	51
<b>Figura 14</b> .....	52
<i>Disposición de discontinuidades en el estereograma para un modo de falla planar .....</i>	52
<b>Figura 15</b> .....	52
<i>Disposición de discontinuidades en el estereograma para un modo de falla por cuña.....</i>	52
<b>Figura 16</b> .....	53
<i>Disposición de discontinuidades en el estereograma para un modo de falla circular .....</i>	53
<b>Figura 17</b> .....	58
<i>Polígono de frecuencias normalizado de las densidades de rocas presentes en el talud 02 .....</i>	58
<b>Figura 18</b> .....	59
<i>Polígono de frecuencias normalizado de los valores de la resistencia a la compresión uniaxial de roca intacta en laboratorio.....</i>	59
<b>Figura 19</b> .....	60
<i>Polígono de frecuencias normalizado de los valores de índice de carga puntual .....</i>	60
<b>Figura 20</b> .....	61
<i>Polígono de frecuencias normalizado de los valores de RQD .....</i>	61
<b>Figura 21</b> .....	62
<i>Polígono de frecuencias normalizada de los valores de la clasificación RMR. ....</i>	62
<b>Figura 22</b> .....	63
<i>Polígono de frecuencias normalizada de los valores de la clasificación GSI .....</i>	63
<b>Figura 23</b> .....	63
<i>Vista de los depósitos cuaternarios en el avance del corte de carretera .....</i>	63
<b>Figura 24</b> .....	65
<i>Vista de la roca caliza pertenecientes al Grupo Pucara, se observan bloques de rocas muy inestables por procesos de meteorización en el avance del corte de carretera .....</i>	65

<b>Figura 25</b> .....	67
<i>Análisis en el software Dips v6.0 del talud 02</i> .....	67
<b>Figura 26</b> .....	68
<i>Vista del depósito cuaternario que presentan bloques sub angulosos a angulosos en el corte de carretera</i> .....	68
<b>Figura 27</b> .....	70
<i>Vista del depósito cuaternario que presentan de limos y arcillas bien graduada en el corte de carretera</i> .....	70
<b>Figura 28</b> .....	71
<i>Vista del depósito cuaternario que presentan de limos y arcillas bien graduada en el corte de carretera</i> .....	71
<b>Figura 29</b> .....	72
<i>Vista del depósito cuaternario que presentan contenidos de finos en muy alto grado en el corte de carretera</i> .....	72
<b>Figura30</b> .....	73
<i>Vista del depósito cuaternario en el corte de carretera</i> .....	73
<b>Figura 31</b> .....	74
<i>Vista del depósito cuaternario en el corte de carretera</i> .....	74
<b>Figura 32</b> .....	75
<i>Vista del depósito cuaternario en el corte de carretera</i> .....	75
<b>Figura 33</b> .....	76
<i>Vista del depósito cuaternario coluvio aluvial en el corte de carretera</i> .....	76
<b>Figura34</b> .....	77
<i>Vista del depósito cuaternario coluvio aluvial en el corte de carretera</i> .....	77
<b>Figura 35</b> .....	78
<i>Vista por depósitos de calizas altamente meteorizada del Grupo Pucara en el corte de carretera</i> .....	78
<b>Figura36</b> .....	79

<i>Vista por depositos aluvial con clasos de calizas en el corte de carretera.....</i>	79
<b>Figura 37.....</b>	80
<i>Vista por depositos de roca calizas del Grupo Pucara en el corte de carretera .....</i>	80
<b>Figura38.....</b>	81
<i>Análisis en el software Dips v6.0 del talud 14. ....</i>	81
<b>Figura 39.....</b>	86
<i>Excedente del productor .....</i>	86
<b>Figura 40.....</b>	99
<i>Gráfico del factor de seguridad de los taludes en condiciones normales.....</i>	99
<b>Figura 41.....</b>	100
<i>Gráfico del factor de seguridad de los taludes en condiciones de saturación.....</i>	100
<b>Figura 42.....</b>	101
<i>Gráfico del factor de seguridad de los taludes en condiciones de sismicidad.....</i>	101

## **CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el campo de la ingeniería de minas es habitual observar cuestiones relacionadas con los factores geomecánicas de estabilidad de taludes o masas rocosas. La identificación de los factores geomecánicas será exitosa y fundamental para una investigación de estabilidad de taludes.

Las pendientes precarias son uno de los fenómenos naturales más peligrosos, que suponen un peligro para la vida y la propiedad de la población. Todos los años, estas tragedias provocan numerosos muertos, heridos y damnificados, así como importantes daños económicos. Perú es una de las naciones con más problemas de inclinación., la mayoría de ellas ubicadas en la sierra, no existen exámenes que aborden este tema, y debido a que no se registra la vulnerabilidad de las laderas ni se evalúa su factor de seguridad, este problema da lugar a avalanchas masivas a gran escala, lo que provoca enormes pérdidas.

Debido a la falta de identificación de los factores geomecánicos, se han documentado varios problemas de inclinación, principalmente en la autopista Cocharcas-Río Pampas, de los mismo no se conoce el nivel de susceptibilidad y el factor de seguridad, debido a la ausencia de estudios in situ y el uso de modelos de prevención de deslizamientos en el mencionado sector de estudio. Lamentablemente, este asunto no ha sido resuelto hasta ahora.

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A través de la ésta tesis de estudio se propone estudiar los elementos geo mecánicos que tienen influencia en la estabilidad de taludes para lograr establecer el grado de indefensión el factor de seguridad, y proponer medidas de contrarresto de avalanchas para disminuir los grados de riesgo y peligro provocados por la inestabilidad de las pendientes presentes en el sector de estudio Cocharcas - Río Pampas en la localidad de Chincheros – Apurímac

En consecuencia, este hecho merece ser abordado mediante una investigación en

profundidad, con la que se pretende responder a la siguiente pregunta:

### ***1.2.1 PROBLEMA GENERAL***

¿Cuáles son los factores geomecánicos que influyen en la estabilidad de taludes y los modelos matemáticos que establezcan al mínimo costo los beneficios sociales con la ampliación de la carretera Cocachacras – Rio Pampas Chincheros-Apurímac?

### ***1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO***

¿Cuáles son los factores geomecánicos internos y externos que influyen la estabilidad de taludes en la ampliación de la carretera Cocachacras – Rio Pampas Chincheros-Apurímac?

¿Cuál es el modelo matemático más eficiente en la estabilización de taludes que establezca con mínimos costos y que maximice la seguridad en caso de riesgos?

¿Cuál es la rentabilidad económica y social por efectos de la ampliación de la carretera Cocachacras- Rio Pampas Chincheros – Andahuaylas – Apurímac?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***1.3.1 OBJETIVOS GENERALES***

Determinar el factor de seguridad y el grado de susceptibilidad que presentan los taludes inestables en el Sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac.

### ***1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Determinar los factores geomecánicos internos que intervienen en la estabilidad de taludes del sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac.
- Determinar los factores geomecánicos externos que intervienen en la estabilidad de taludes en el Sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac.
- Identificar el modelo de estabilización de taludes más eficiente que establezca costos mínimos y maximice la seguridad en situaciones de riesgo.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***1.4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN***

La construcción de la carretera Cocharcas - Pampas - Chincheros refleja la verdad monetaria y social de una región emergente en una variedad de formas, donde una gran parte de ellos se encuentran en zonas de peligro debido a la geomorfología del distrito, que los hace susceptibles a los deslizamientos de tierra o laderas a lo largo de los meses de frío cuando el clima severo (presencia de aguaceros) hace que se produzcan avalanchas o inclinaciones.

Motivo por el cual al identificar los factores geo mecánicos en los tramos de la carretera enfoca problemas de sostenimiento de mecánica de rocas parte de la un planteamiento minero y por ende social y económico que es la etapa inicial para a lo largo de los meses fríos, cuando el clima severo (presencia de aguaceros) hace que se produzcan avalanchas o desniveles geomecánicos que impactan en la estabilidad de taludes.

Para estas situaciones específicas, el estudio de exploración se completó bajo las normas de tipo de suelo y roca, geología, con el objetivo completo de decidir los marcos de ajuste para la rectificación de las insuficiencias que causan temblores de inclinación.

### ***1.4.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN***

El estudio geomecánico es la razón del plan de dependencia de la pendiente del segmento de calle de Cocharcas rio Pampas dicho tramo es una carretera de importancia ya que unirá centros poblados que a la fecha no cuentan con el ingreso económico suficiente más aun teniendo la dificultad en transportar sus productos agropecuarios.

### ***1.4.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN***

Este proyecto de examen se sitúa en la calle del ramal Uripa - Uranmarca, en la zona de Sayarecc, que se encuentra en zonas de riesgo geomorfológico y climatológico indefenso a los aludes y adicionalmente a los desprendimientos de ladera durante los largos periodos

de noviembre a marzo, cuando el clima severo (precipitaciones) produce aludes o potencialmente desprendimientos de ladera.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### ***1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL***

- Con la realización de factores geomecánicos de un estudio detallado, factor de seguridad grado de susceptibilidad y cálculos en campo se lograra diseñar condiciones en la estabilidad de taludes, y minimizar los costos económicos y seguridad más eficiente en la ampliación de la carretera Cocharcas-Rio pampas Chincheros.

### ***1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICO***

- Conociendo los parámetros relevantes en la determinación de los factores geomecánicos internos y externos se obtendrá ajuste de la pendiente en el proyecto de ampliación de la calle Cocharcas – Rio Pampas Chincheros Apurímac.
- Se logrará determinar mediante el modelo matemático, la estabilidad de taludes con el cual se establecerá los costos mínimos, optimizando la seguridad en caso de riegos.
- Identificando Los modelos de ajuste de la inclinación más productivos acumularán menos gastos y ampliarán la seguridad del ajuste de la inclinación. Se optimizará la rentabilidad económica y social por efectos de la ampliación de la carreta Cocharcas – Rio Pampas, Andahuaylas – Apurímac.

## **1.6 DISEÑO METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***1.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN***

La presente tesis es no experimental, descriptiva, correlacional, explicativa y transversal

### ***1.6.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN***

Analíticos, deductivos y explicativos



### 1.6.3 VARIABLES E INDICADORES

Tabla n°1

#### *Operacionalización de Variables*

Variables Independientes (Causa)	Variables Dependientes (Efecto)	Indicador (Cantidad)
Factor geomecánico	Estabilidad de taludes	Propiedades intrínsecas – extrínsecas de suelos y rocas
Tipo de material Geodinámica externa	Movimiento en masa	Deslizamientos

### 1.6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### **POBLACION**

Para la postulación actual, consideramos las inclinaciones del Rio Pampas - Cocharcas, en el tramo Km 00+000 - Km 25+500.

#### **MUESTRA**

En la presente investigación se considera como muestra a los 14 taludes inestables de la carretera Rio Pampa - Cocharcas.

### 1.6.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 1.6.5.1 TÉCNICAS

Los métodos utilizados para la recopilación de datos serán los siguientes:

- Análisis documental

- Observación dirigida
- Fotografías
- Los métodos utilizados para la recogida de datos serán los siguientes.

#### **1.6.5.2 INSTRUMENTOS**

- Brújula azimutal Brunton
- Navegador GPS 60 Cx
- Fluxómetro (30m) y Wincha (30m) (5m).
- Pico geológico Estwing.
- Lápiz de carburo, protactor-Escala 1/5000.
- Mapas topográficos, mapas geológicos e imágenes de satélite.
- Cuadernos, bolígrafos y lápices, bolsas de muestra.
- Cámara digital Sony DSC-WX80

#### ***1.6.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN***

- Laptop marca Toshiba Satellite S55.
- Microsoft Office v2016 (Word, Excel, PowerPoint).
- Software AutoCAD Civil 3D 2016, AutoCAD 2015
- Software ArcGis 10.2.
- Software Slide v7.0, RocData v5.0, Dips v6.0.

#### ***1.6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN***

Los datos se procesaron utilizando el software ArcGis 10.2, que tiene la capacidad de crear mapas temáticos, así como los programas Slide v7.0, RocData v5.0 y RocData v5.0, que incluyen un análisis de las inestabilidades de los taludes para determinar su factor de

seguridad. La investigación y la comprensión de la información se completaron en el lugar de trabajo, utilizando los datos recogidos en el campo (estimaciones de temperatura, sacudidas de diseños, identificación de la litología y los suelos, e información geotécnica). Los datos se procesaron con ArcGis 10.2, que incluyó la creación de guías temáticas, así como con Slide v7.0, RocData v5.0 y RocData v5.0, que examinó las inestabilidades de los taludes para determinar su factor de seguridad.

## 1.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA.

**Tabla n° 2:**

*Matriz de consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>Problema Principal</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Independiente</b>	<b>Tipo y método de la Investigación</b> no experimental, descriptiva, correlacional, explicativa y transversal  <b>Población de estudio</b> Taludes de la Carretera Rio Pampa - Cocharcas, en el tramo Km 00+000 - Km 25+500  <b>Muestra</b> Los 14 taludes inestables de la carretera Rio Pampa – Cocharcas  <b>Unidad de análisis</b> Propiedades intrínsecas y extrínsecas de suelos y rocas
¿Cuáles son los factores geo mecánicos que influyen en la estabilidad de taludes en la construcción de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac?	Determinar el factor de seguridad y el grado de susceptibilidad que presentan los taludes inestables en el Sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac.	Con la realización de factores geomecánicos de seguridad y el grado de susceptibilidad y cálculos de campo se lograra diseñar condiciones de estabilidad de Taludes en la Construcción de la carretera Rio Pampas - Cocharcas – Chincheros – Apurímac.	Factor geomecánicos - Grado de Susceptibilidad en la roca.	
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Dependiente</b>	
¿Cuáles son los factores geo mecánicos internos más determinantes que intervienen en la estabilidad de taludes en	Determinar los factores geo mecánicos internos que intervienen en la estabilidad de taludes en el Sector de la carretera,	Los Factores Geo mecánicos internos intervienen en la estabilidad de taludes en el Sector de la carretera	Factor de seguridad en la Estabilidad de taludes en la construcción de la carretera.	

el Sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac?	Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac.	Rio Pampas - Cocharcas – Chincheros – Apurímac.		<p><b>Análisis e interpretación de datos</b></p> <p>Con el software Slide v7.0 y RocData v5.0.</p>
¿Cuáles son los factores geo mecánicos externos más determinantes que intervienen en la estabilidad de taludes en el Sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac?	Determinar los factores geo mecánicos externos que intervienen en la estabilidad de taludes en el Sector de la carretera, Cocharcas-Rio Pampas Chincheros - Apurímac.	Los Factores Geo mecánicos externos que intervienen en la estabilidad de taludes en el Sector de la carretera Rio Pampas - Cocharcas – Chincheros – Apurímac.		
¿Cuál es el modelo de estabilización de taludes más eficiente que establezca mínimos costos y maximice la seguridad para situaciones de riesgo?	Identificar el modelo de estabilización de taludes más eficiente que establezca mínimos costos y maximice la seguridad para situaciones de riesgo.	Identificando el modelo de estabilización de taludes más eficiente se establecerá mínimos costos y se maximizara la seguridad para situaciones de riesgo.		

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1 MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### ***2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL***

De acuerdo a (Segura, Badilla, & Obando, 2011). Quienes presentaron la tesis titulada Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres – Turrialba, donde el propósito de este artículo científico, publicado en la Revista Geológica de Centroamérica, fue proponer una redacción de la impotencia de las avalanchas en las cercanías entre las comunidades urbanas de Siquirres y Turrialba, explícitamente para un pasaje de diez kilómetros. La investigación se realizó mediante la comprensión de guías, información bibliográfica y el método de Mora y Vahrson (Mora et al., 1992), suplantando el mapa de alivio global por un mapa de inclinación e incluyendo una guía de stock de avalanchas en la evaluación del límite de impotencia litológica. Debido a la redacción, no se ha establecido realmente que existan zonas con baja, media y alta vulnerabilidad a los aludes.

Traducción realizada con la versión gratuita del traductor [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator), y se aconseja que las áreas con una alta susceptibilidad sean sometidas a investigaciones más extensas.

#### ***2.1.2. A NIVEL NACIONAL***

De acuerdo a (Urrutia, 2008), "Análisis de estabilidad dinámica de niveles de costa verde en el distrito de Miraflores por elementos finitos". Como exploración novedosa, se propone examinar la obstrucción de los taludes de la Costa Verde en la región de Miraflores utilizando la técnica de parte limitada y el programa GeoStudio. 2004 v6.20. En una muestra de 04 segmentos de taludes, se realiza una investigación descriptiva-explicativa. Los resultados posteriores de esta investigación de los 04 segmentos indicaron que los factores de seguridad no cayeron por debajo de uno en ninguna parte del sismo.

Adecuación de la pendiente de la costa verde en el espacio del local del barranco

(Granados, 2006), Propuesta de Grado de Ingeniería Civil., Universidad Católica del Perú. El objetivo de este emprendimiento es ayudar a la investigación de la estabilidad de los taludes como reacción al balanceo bajo condiciones sísmicas críticas en una porción representativa de 560 metros de longitud de la pendiente de la Costa Verde en la región de Barranco. Los resultados demuestran que la porción en estudio se desplomaría bajo condiciones sísmicas críticas (incrementos de velocidad del suelo más notables que 0.27g), exponiendo a peligro las vidas humanas y la propiedad privada a 20m del pie de la inclinación. De este modo, es fundamental dar respuestas para el asentamiento del talud de la Costa Verde.

(Pacheco, 2006) "Asentamiento del talud de la costa verde en el distrito de san isidro". Tesis para optar al título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica del Perú. El propósito de este estudio fue analizar el tema y proponer opciones de solución y un plan de diseño para un trozo de 500 metros de taludes de la Costa Verde en la región de San Isidro, el cual fue examinado bajo escenarios controlados.

### ***2.1.3 A NIVEL REGIONAL***

(Vilchez, 2010), autor del informe técnico Assessment of land dangers in the areas of Santa Barbara and Potocchi, region, region and district of Huancavelica. Natural Geology Area of the Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET.. Que trata acerca de la investigación realizada en las áreas de Santa Bárbara y Potocchi. Razona que la susceptibilidad ante desarrollos (riesgos geográficos) en el espacio, es elevado y está adaptado por la presencia en el sustrato de rocas de variada capacidad, su grado de rotura y variedad, al igual que la inclinación normal de la pendiente, la cubierta vegetal básicamente inválida y las precipitaciones. Su factor de bienestar frente a los deslizamientos se desconoce.

## **2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### ***2.2.1 ESTABILIDAD DE TALUDES***

La actividad simultánea de varios procesos geomecánicos influye en la inestabilidad de los taludes. Los deslizamientos, según el pensamiento actual, surgen como resultado de las diferencias en las fuerzas que actúan sobre un volumen de tierra.

Los factores que influyen en la precariedad de la inclinación pueden agruparse en dos clasificaciones generales (Ferrer, 1987). Las variables internas influyen en las distintas formas de deslizamiento, en sus procesos y en los patrones de fractura. Entre ellas se encuentran los factores inherentes asociados a las cualidades y la resistencia del material, así como las características extrínsecas asociadas a la forma del talud y al estado ambiental. Las variables externas intervienen sobre el material y alteran los estados iniciales de los taludes, provocando o iniciando rupturas como resultado de los cambios que realizan en el estado de equilibrio. (Keefer, 1984)

Según (F. de Matteis, 2003), la estabilidad se define como la resistencia de una masa de tierra a las fallas o movimientos.

La ausencia de invariabilidad es una cuestión importante a la hora de definir el factor de seguridad y un componente que a veces se pasa por alto y que podría ser crítico a la hora de diseñar o evaluar el comportamiento del sistema. (Kerguelen, 2009).

La evaluación de la inestabilidad de un talud implica una revisión durante la cual es crítico describir la oposición de la tierra, construir el perfil de inclinación, al igual que la invasión y las condiciones de las aguas subterráneas, por último, a partir de este elemento (que es recogido por el objetivo de la pendiente), establecer que la superficie de engaño básica no es realmente inamovible. Tal y como afirma (Suárez, 2012).

### ***2.2.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS***

SUCS, es un marco de ordenación de la tierra que se utiliza en la ingeniería y



geografía para aclarar la región superficial y el tamaño de las partículas de una suiedad. Este marco de solicitud puede aplicarse a la mayoría de los materiales no consolidados y se aborda con una imagen de dos letras. Cada letra se representa debajo (aparte de Pt). Para agrupar la tierra, primero debe evaluarse su tamaño de grano mediante cribado o por otros medios. También se denomina disposición ajustada de Casagrande. (Braja M, 1999).

**Tabla n° 3:***Clasificación "SUCS"*

Divisiones mayores		Símbolo del grupo	Nombre del grupo		
Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz n°200 (0.075 mm)	Grava > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4 (4.75 mm)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	<b>GW</b> <b>GP</b>	Gravas, de buen grado, mezclas de grava y arena, con un mínimo de partículas o ninguna.	
		Grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz N.º 200	<b>GM</b> <b>GC</b>	Gravas de mala calidad, combinaciones de grava-arena, con un mínimo de partículas o ninguna.	
		Arena >= 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	<b>SW</b> <b>SP</b>	Gravas que contienen limo, mezclas de grava-arena.	
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz N.º 200	<b>SM</b> <b>SC</b>	Gravas arcillosas, combinaciones de grava, arcilla, arena y arcilla.	
	Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	Limos y arcillas límite líquido < 50	Inorgánico	<b>ML</b> <b>CL</b>	Arenas con un tamaño de grano uniforme, arenas gravosas y con pocas o ninguna partícula.
			Orgánico	<b>OL</b>	Arenas mal clasificadas, arenas que contienen grava y arenas con pocas o ninguna partícula.
		Limo y arcilla límite líquido >= 50	Inorgánico	<b>MH</b> <b>CH</b>	Arenas limosas y mezclas de harina y limo.
			Orgánico	<b>OH</b>	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
	Suelos altamente orgánicos			<b>Pt</b>	Limos y arenas muy finas compuestas por materiales inorgánicos, limos limpios, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con una pequeña flexibilidad.
					Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas.
				Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas con poca flexibilidad.	
				Limos compuestos de materia inorgánica, suelos finos arenosos o limosos que contienen mica o diatomeas, y limos elásticos.	
				Arcillas inorgánicas con un alto grado de plasticidad.	
				Arcillas orgánicas con un grado de plasticidad de leve a alto.	

Nota: Recuperado de (Braja M, 1999)

### 2.2.3 EL CRITERIO DE ROTURA DE HOEK-BROWN

La base de rotura de (Hoek E. C., 2002) es en su mayor parte percibida y ha sido aplicada en todo el mundo, sólo debe ser aplicada a las masas de sacudidas en las que la configuración examinada es masiva y los cuadrados son mínimos sobre evaluados y en los que hay un número adecuado de discontinuidades en la proximidad de unos a otros, con créditos relativos de superficie es generalmente reconocida y se ha aplicado en todo el mundo, sólo debe aplicarse a las masas de sacudidas en las que el diseño analizado es inmenso y las plazas son poco sobre la evaluación, con créditos de superficie comparativos, para esperar que la conducta de rotura sea isotrópica:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \times (mb \times \sigma_3' / \sigma_{ci} + s)$$

Dónde:

$\sigma_1'$  y  $\sigma_3'$ : Esfuerzos viables mayores y menores.

$mb$ : Valor de la  $m$  constante de Hoek-Brown para el macizo rocoso.

$s$  y  $a$ : son constantes que dependen de los atributos del macizo rocoso.

$\sigma_{ci}$ : Resistencia a la compresión uniaxial de los cuadrados de piedra que componen el macizo rocoso. (Hoek E. C., 2002).

#### 2.2.2.1 ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI: GEOLOGICAL STRENGTH INDEX)

El índice GSI cuantifica el debilitamiento de los macizos en una variedad de entornos geológicos. En varios momentos, el GSI ha sido revisado para tener en cuenta los macizos débiles. La representación de la masa de piedra es clara y está controlada por la impresión visual que produce el plano del diseño de la piedra en cuanto a las escuadras y el estado de la superficie de las discontinuidades, como demuestran la dureza y el cambio de las juntas. La mezcla de estos dos imperativos da una estructura de tierra para retratar un amplio alcance de tipos de macizos rocosos.

El GSI se utiliza para determinar los límites de información para los cálculos de resistencia; no es más que una relación de observación y ciclo asociada a las categorías de diseño de ingeniería de rocas. El valor del GSI se calcula utilizando las tablas 4 y 5, que se introducen desde dos puntos distintos: la entrada horizontal se refiere al tamaño de los bloques y su instalación, composición y diseño; la entrada vertical se refiere a los estados de discontinuidad. (Hoek E. C., 2002).

Tabla n°4:

Índice de resistencia geológica

<b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA ROCAS FRACTURADAS (Hoek &amp; Marinos, 2000)</b> Estimar el valor promedio del GSI para la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades. No intentar ser muy preciso. Citar un rango de 33 a 37 es mas realistico que un GSI de 35. Note que las tablas no se aplican a las fracturas estructuralmente controladas. Cuando los planos estructurales débiles están en una orientación desfavorable con respecto de la cara excavada, estas dominarán el comportamiento de todo el macizo rocoso. La resistencia de cizalla de las superficies de la rocas son propensas a deteriorarse como el resultado de cambios en el contenido de humedad, se reducirá si hay presencia de agua. Cuando se trabaja con rocas en las categorías de débil a muy débil, se debería hacer un desplazamiento hacia la derecha. La presión del agua es tratada con análisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES				
ESTRUCTURA		MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA
		Superficies muy rugosas, inalteradas y frescas.	Superficies rugosas, ligeramente intemperizadas, con patinas de óxidos de Hierro.	Superficies lisas, moderadamente intemperizadas y/o alteradas.	Superficies lisas y cizalladas, muy intemperizadas con revestimientos o rellenos compactos o fragmentos angulares.	Superficies lisas y cizalladas, muy intemperizadas con revestimiento o rellenos arcillosos blandos.
		DECRECE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES →				
	<b>INTACTA O MASIVA</b> Especimen de roca intacta o roca in-situ masiva con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas. Esp. 100cm	90	80		N/A	N/A
	<b>BLOCOSA</b> Macizo rocoso inalterado bien trabado, definido por bloques cúbicos formados por 3 familias de discontinuidades. Esp. 30cm Esp. 10cm	70	60			
	<b>MUY BLOCOSA</b> Macizo rocoso trabado, parcialmente perturbado, definido por bloques angulares de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades.	50	40			
	<b>BLOCOSA/PERTURBADA/DEFORMADA</b> Plegada, bloques angulares de mucha familias de discontinuidades, persistencia de los planos de estratificación o esquistocidad. Esp. 3cm	30				
	<b>DESINTEGRADA</b> Pobrementemente trabada, macizo rocoso muy fracturado con mezcla de fragmentos de roca angulares y redondeados. Esp. 1cm	20				
	<b>LAMINADA/ CIZALLADA</b> Ausencia de blocosidad debido a espaciados cercanos de débil esquistocidad o planos de cizalla.	N/A	N/A			10

Nota: recuperado de (Hoek E. C., 2002).

Tabla nº 5

Estimación del GSI para macizos heterogéneos como flysch

CONDICIONES DE LAS SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES		MUY BUENA		BUENA		REGULAR		MALA		MUY MALA	
		80		70		60		50		40	
<b>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA MACIZOS ROCOSOS HETERÓGENOS COMO LOS FLYSCH (V. Marinós, 2007)</b>											
<b>COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA</b>											
<p><b>TIPO I:</b> Imperturbado, capas de areniscas de grosores de anchos a medios con lentes finos esporádicos de limolitas. En tunces superficiales o taludes donde el confinamiento es pobre, el modo de fractura tiene características cinemáticas controladas por los planos de estratificación y el GSI pierde significado.</p> <p><b>TIPO II:</b> Limolitas masivas imperturbadas (los planos de estratificación no son perceptibles) con esporádicas capas finas de areniscas.</p> <p><b>TIPO III:</b> Areniscas moderadamente perturbadas con delgados estratos de limolitas</p> <p><b>TIPO IV:</b> Macizos rocosos moderadamente perturbados con areniscas y limolitas en similares cantidades</p> <p><b>TIPO V:</b> Limolitas moderadamente perturbadas con intercalaciones de areniscas</p> <p><b>TIPO VI:</b> Limolitas moderadamente perturbadas con esporádicas intercalaciones de areniscas</p> <p><b>TIPO VII:</b> Macizos rocosos muy perturbados y plegados, que conservan su estructura con areniscas y limolitas en similar extensión</p> <p><b>TIPO VIII:</b> Macizos rocosos muy perturbados y plegados de intercalaciones de limolitas y areniscas. La estructura se conserva y la deformación-cizalla no es muy fuerte</p> <p><b>TIPO IX:</b> Macizo rocoso desintegrado que puede ser encontrado en zonas falladas y/o de alta meteorización. Se encuentran principalmente materiales delciznables con algunas limolitas deformables entre las piezas de roca</p> <p><b>TIPO X:</b> Limolitas o lutitas tectónicamente deformadas con intenso plegamiento y fallamiento con capas de areniscas en bloques y deformadas, llegando a formar una estructura caótica</p> <p><b>TIPO XI:</b> Limolitas o lutitas fuertemente cizalladas tectónicamente formando una estructura caótica con paquetes de arcilla. Las delgadas capas de areniscas son transformadas a pequeñas piezas de roca. Al extremo, el comportamiento es como un suelo</p>											
<p>Incremento si las capas de areniscas son mayores a 50cm</p>											

Nota: recuperado de (Hoek E. C., 2002).

→ Disminución a la derecha si hay deformación luego de la perturbación tectónica.

### 2.2.3 CRITERIO DE MOHR-COULOMB

La teoría de Mohr – Coulomb, es un modelo matemático que describe la reacción de los materiales frágiles, como el cemento, o del suelo, a la presión cortante y como sería la tensión normal.

Esta norma imparte el impedimento de corte a lo largo de un plano en una condición de tensión triaxial, obteniendo la proporción entre las tensiones típicas y de corte que actúan a la hora de la rotura a través de la expresión matemática.

La relación envolvente se comunica como:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

Dónde:

$\tau$ : Tensión tangencial sobre el plano de rotura.

$\sigma$ : Tensión de normal sobre el plano de rotura.

$c$ : Cohesión de la matriz rocosa

$\phi$ : Ángulos de rozamiento de la matriz rocosa

La regla puede igualmente ser expresada como un elemento de los esfuerzos principales

$$\sigma_1 \text{ y } \sigma_3: \sigma_1 = \frac{2c + \sigma_3 [\sin 2\theta + \tan \phi \cos(1 - \cos 2\theta)]}{\sin 2\theta - \tan \phi \cos(1 + \cos 2\theta)}$$

Para el plano crítico de rotura,  $\theta = 45^\circ + \phi/2$ , la expresión anterior tomará la forma:

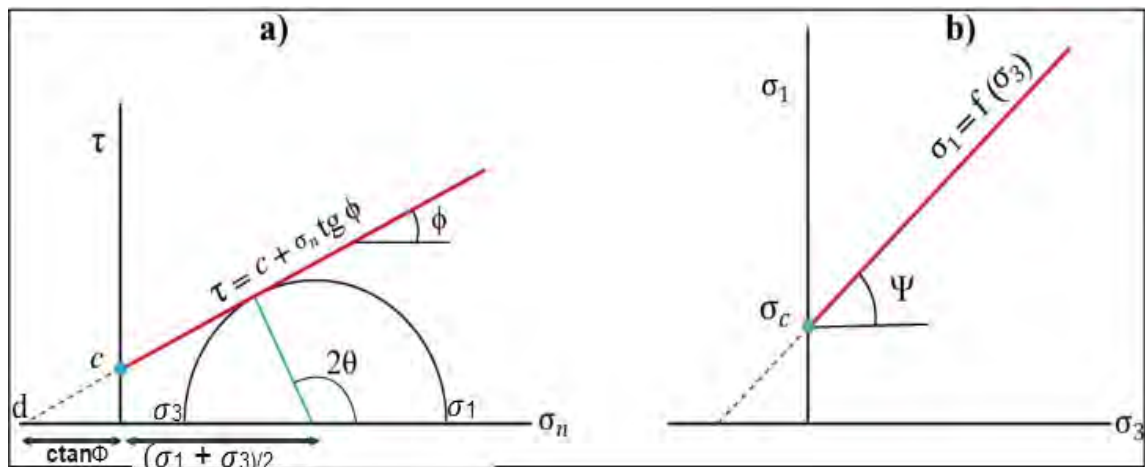
$$\sigma_1 = \frac{2c \cos \phi + \sigma_3 (1 + \sin \phi)}{(1 - \sin \phi)}$$

Si se da la condición  $\sigma_3 = 0$ ,  $\sigma_1$  será la resistencia a la compresión simple de la roca

$$\sigma_1 = \sigma_c = \frac{2c \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

El criterio también proporciona el valor de la resistencia a tracción:

$$\sigma_t = \frac{2c \cos \phi}{1 + \sin \phi}$$

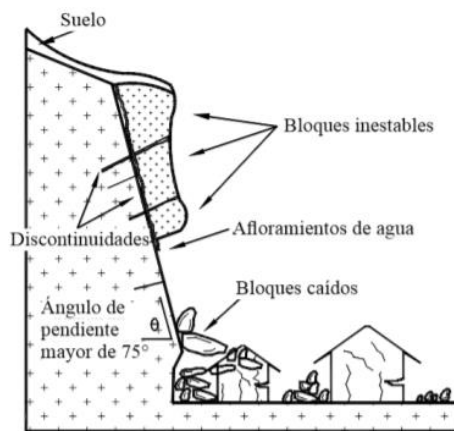
**Figura 1***Mohr – Coulomb - Envolventes*

#### 2.2.4 DESLIZAMIENTOS

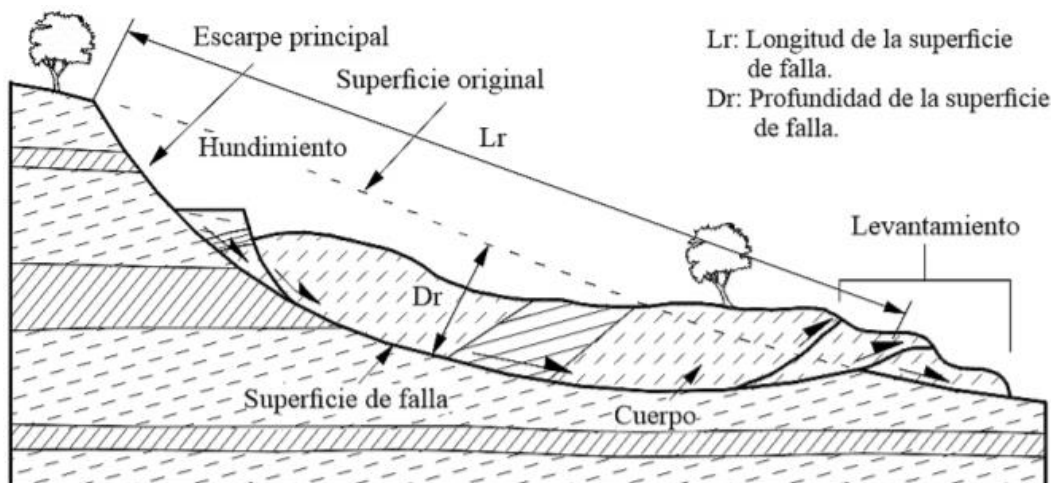
El deslizamiento es una expresión que engloba tanto los procesos de erosión como de denudación. La definición omite el concepto preciso del proceso y en su lugar incorpora procesos que resultan de la actividad de las potencias gravitacionales, acuáticas y otras. La mayor parte de los desarrollos se producen a lo largo de las superficies de los temas debido a la caída libre, los desarrollos de masa, la desintegración o las corrientes. Algunas secciones inclinadas pueden moverse en sentido descendente, mientras que otras pueden moverse en sentido ascendente. En general, la inestabilidad se caracteriza por un complejo de procesos erosivos y de denudación interconectado y regularmente mezclado. (Suárez, 2012).

**2.2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE CAÍDA.** Caída: es la división y la caída de los materiales desde la inclinación. En los droops, una masa de cualquier tamaño se elimina de una inclinación complicada a lo largo de una superficie donde el movimiento por corte no es importante. o no existe. (Suárez, 2012)



**Figura 2***Caída de roca fracturada***Desplazamiento rotacional**

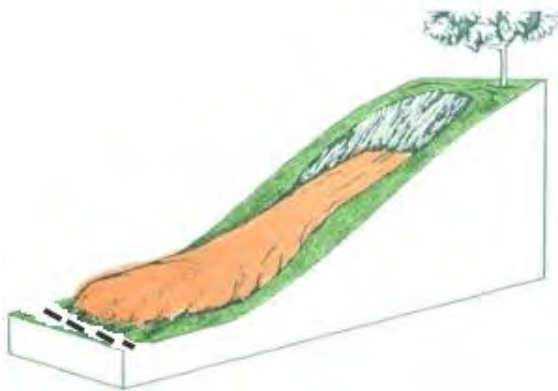
La superficie de decepción es interna hacia arriba y el movimiento es comparativo rotacional con el pivote relativo a la superficie. El punto de giro se sitúa sobre el punto de gravedad principal del desarrollo. El deslizamiento rotacional presenta una progresión de roturas concéntricas y curvas hacia el desarrollo cuando se ve en disposición. El desarrollo da un espacio de hundimiento superior y un espacio de deslizamiento inferior, que en su mayor parte hace que el material fluya bajo el pie del deslizamiento. (Suárez, 2012).

**Figura 3***Ladera en rotación. Recuperado de (Suárez, 2012)*

**Flujos:** En una "corriente", las mejoras globales de las partículas, o cuadrados, se producen en el interior de una masa o se desliza en una superficie. Las desfiguraciones relativas hacia el interior son asombrosamente enormes y fluyen de forma parecida a un líquido espeso. La corriente varía de laminar a tempestuosa. A medida que el espesor y la viscosidad aumentan, la corriente puede enviar tremendos cuadrados hacia la parte superior.

#### **Figura 4**

*Bloques de roca para la construcción de una vía. Recuperado de (Suarez, 2009).*



### **2.2.5 SISMICIDAD**

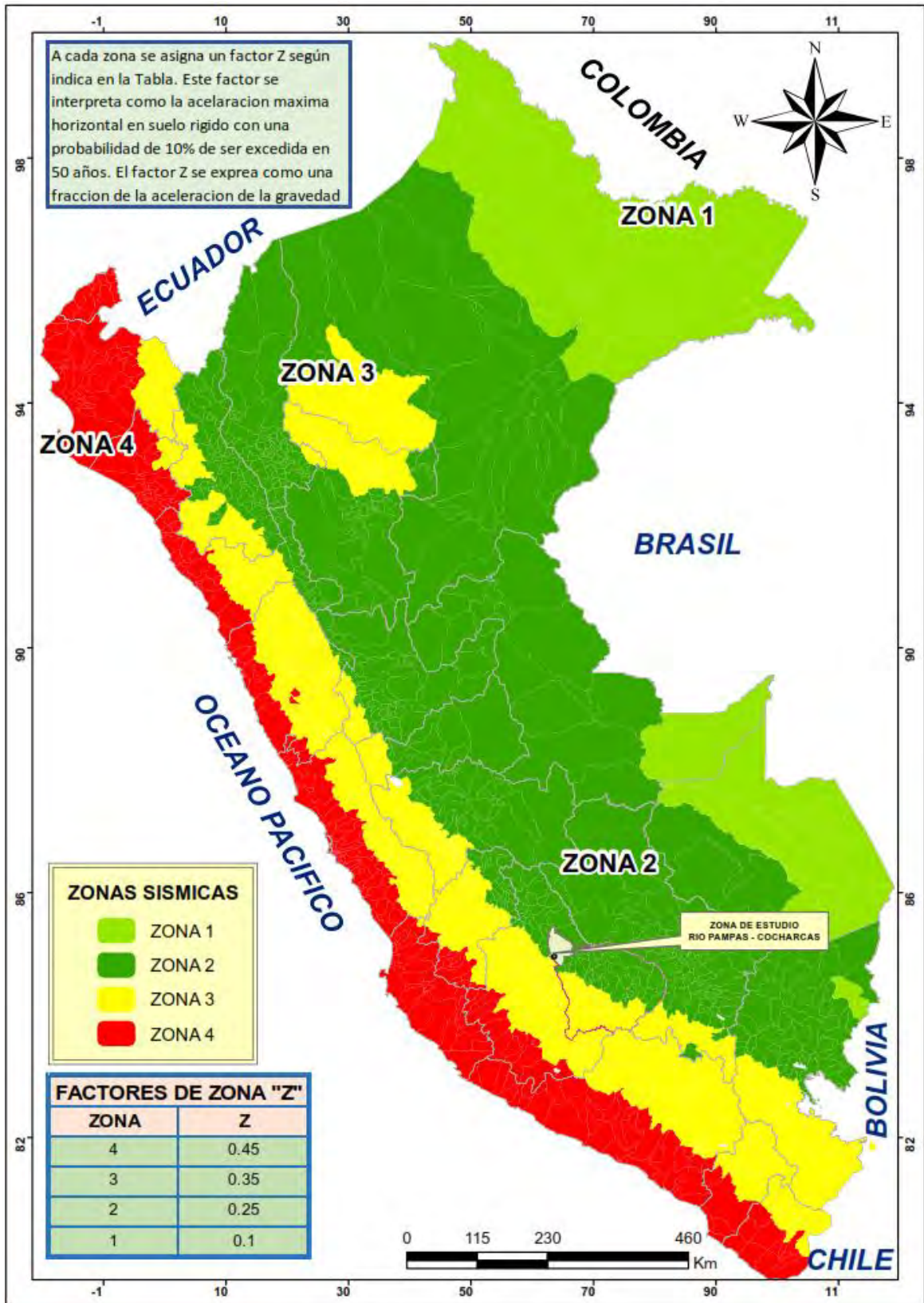
La sismicidad es la proporción de acción sísmica que se produce en una zona determinada. Un punto puede tener una sismicidad alta o baja, que se reconoce por la repetición con la que se producen los terremotos por entonces. (Zúñiga, R. 2011).

#### **2.2.5.1. ZONAS SÍSMICAS DEL PERÚ**

Se considera que el dominio público se divide en cuatro zonas. La redacción propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, los créditos globales de los desarrollos sísmicos y su debilitamiento con la distancia epicentral, al igual que los datos neotectónicos. (Norma E.030) Diseño Sismoresistente Reglamento Nacional de Edificaciones Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

**Figura 5**

*Perú y Chinchero – zonas sísmicas (Rio Pampas - Cocharcas)*



Nota Fuente Norma E.030 de técnica de Edificaciones

### 2.2.5.2 ANÁLISIS DE SISMICIDAD

Para poder realizar el análisis se requiere de varios componentes, los mismos que se muestran a continuación.

**Tabla 6:**

*Sismicidad y sus variables..*

<b>a: Zonas Sísmicas del Perú</b>	<b>b: Coeficiente de amplificación topográfica</b>	<b>c: Categoría del perfil estratigráfico</b>
1= 0.10 2= 0.25 3= 0.35 4= 0.45	1: Laderas y taludes con pendientes menores a 15°. 1.2: Laderas y taludes aislados con pendientes mayores a 15°. 1.4: Taludes y laderas con significativo menor grosor de cresta que de base, con pendientes mayores a 30°	<b>0: S1</b> (Depósitos con niveles de más de 10m de lodos/sedimentos delicados con un registro de alta plasticidad (IP>40) y alto contenido de agua. <b>S2</b> (Depósitos de suelos licuables, lodos delicados) <b>1: A</b> (Roca u otro desarrollo topográfico como la piedra, incluyendo todo lo que se considera 5 m de material más frágil en la superficie) <b>1,25: B</b> (Depósitos de arena, roca o tierra extremadamente dura, de varios metros de espesor, caracterizados por sus propiedades mecánicas ampliadas). <b>C</b> (Depósitos de arena gruesa o, roca, o barro duro con un espesor de un par de decenas a muchos metros). <b>E</b> (Un perfil de tierra conformado por una capa aluvial poco profunda. <b>1.35: D</b> (Tierra libre de unión media a no fuerte, con o sin capas de unión frágil, o de cohesión predominantemente ligera a alta).

Nota: Tabla realizada en base a la Norma E 030 del R.N.R

Los componentes sísmicos son:

Amplificación estratigráfica:  $K_h=(axbxc)/2$

Parámetros de zona:  $K_v=(axbxc)/4$

### 2.2.6 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Estabilidad:** La estabilidad es el estado de un diseño o masa de material cuando puede soportar las cargas aplicadas a lo largo de un tiempo prolongado sin que se produzcan

deformaciones o movimientos evidentes que no reboten o vuelvan a producirse cuando se elimina la fuerza. (Hoyos, 2012)

Depósitos aluviales: material depositado en depresiones y arrastradas aguas abajo por las corrientes fluviales (Davila, 2011)

Deslizamiento de tierra: Los deslizamientos se definen como "el movimiento descendente de masas de roca, escombros o tierra" (Suárez, 2012)

El factor de bienestar: Es el equilibrio de fuerzas actuantes y resistentes, siendo la más concluyente la gravedad. (Suárez, 2012)

Pendiente: Una "pendiente" o "talud", masa de tierra desnivelada. Tiene una inclinación o fluctuaciones significativas de altura. También se habla de "pendiente" cuando su actual conformación fue inducida por una interacción específica y de "talud" cuando se formó artificialmente. (Suárez, 2012)

El ángulo de fricción: es la representación numérica del coeficiente de erosión, una idea vital en la ciencia de los materiales. En los suelos granulares secos, el recurso coincide con la marca de reposo. Todas las suciedades son reticuladas. Sin embargo, los suelos arcillosos con contacto prácticamente nulo se denominan suelos duraderos:  $= 0$ . (Suárez, 2012)

Cohesión: Corte de obstrucción de una suciedad que pasa por la potencia con la que se adhieren las partículas homogéneas de un cuerpo (GEMMA, 2004)

Densidad: La relación entre la masa de un material y su volumen.

Los equivalentes decimales son Ton/m<sup>3</sup>, Kg/dm<sup>3</sup> y gramos/cm<sup>3</sup>. (2011) (Dávila).

Gravedad explícita: la gravedad explícita es la pesadez de una sustancia en un volumen determinado. El símbolo del peso explícito es  $\gamma$ . Se suele comunicar en newtons por metro cúbico (N/m<sup>3</sup>). (Davila, 2011).

### CAPÍTULO III: FACTORES GEO MECÁNICOS QUE INFLUYEN LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA AMPLIACIÓN DE LA VÍA

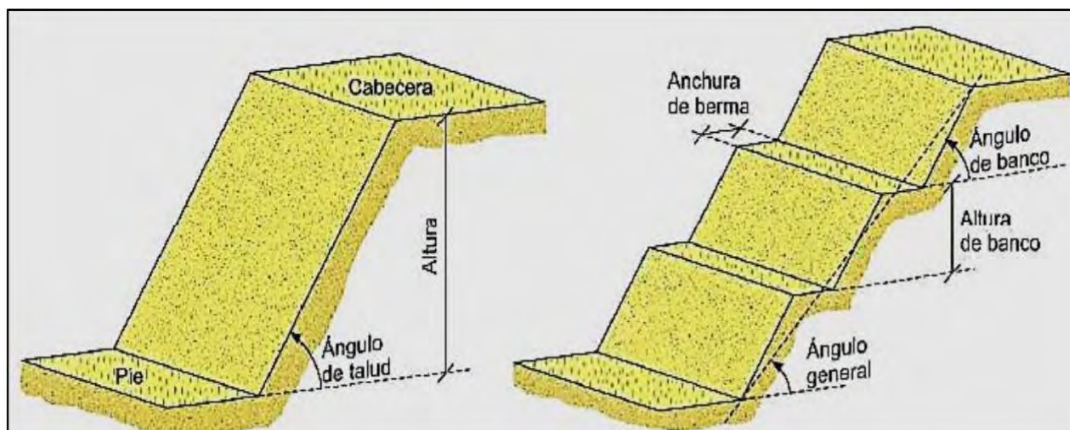
Los elementos geomecánicos que impactan la estabilidad de los taludes durante la construcción de la carretera Cocharcas-Río Pampas, Chincheros-Apurmac pueden clasificarse en dos grandes categorías (Ferrer, 1987): fuerzas geomecánicas internas y externas. Los elementos geomecánicos internos influyen en las múltiples formas de deslizamiento, en su mecánica y en los modelos de ruptura. Estos incluyen cualidades inherentes relacionadas con las propiedades y la resistencia del material.

La condición de los parámetros mencionados puede dictar si la ruptura se produce a lo largo de una o más superficies y si es concebible el movimiento cinemático de un volumen determinado de suelo o masa rocosa. La probabilidad de fallo, así como los patrones de inestabilidad de los taludes, se determinan en gran medida por consideraciones geológicas y geométricas.

Los materiales naturales están condicionados por variables geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas. Las cualidades resistivas y el comportamiento de los taludes de los suelos están determinados por la litología, la estratigrafía y las circunstancias hidrogeológicas.

#### Figura 6

*Talud excavado y con ángulo uniforme con berma y bancos.*



Además de los elementos condicionantes de la estabilidad del talud (a veces denominados pasivos), las variables desencadenantes o activas provocan el fallo cuando se cumplen una serie de criterios. Las variables externas actúan sobre la tierra, alterando sus cualidades, así como sus condiciones de equilibrio. (González & Oteo, 2002).

### **Otros Factores**

Las sobrecargas estáticas y las cargas dinámicas aplicadas a las inclinaciones modifican la circulación de las fuerzas y pueden crear condiciones inseguras. Las anteriores incorporan la pesadez de las construcciones o estructuras, así como diferentes tipos de cargas como rellenos, vertederos de restos y vehículos pesados, que, cuando se aplican en la cabeza de las inclinaciones, dan un montón que puede causar una expansión en las potencias de debilitamiento. Las cargas dinámicas son, en su mayor parte, provocadas por desarrollos sísmicos regulares o actuados, al igual que las vibraciones producidas por el impacto cerca del inclinado. El principal impacto en las masas de piedra agrietadas es el lanzamiento de discontinuidades previas, lo que provoca una deficiencia de la resistencia al cizallamiento, al igual que la individualización y la ruptura de los bloques de roca.

Las precipitaciones y el marco climático impactan en la calidad inquebrantable del slant al alterar el contenido de agua de la tierra. Los ciclos alternados de sequía y precipitaciones alteran la estructura del suelo, lo que provoca la pérdida de resistencia. Cuando algunos tipos de suelo o masas rocosas blandas se exponen a las condiciones externas como resultado de la excavación, los procesos de meteorización desempeñan gran trabajo en la disminución de sus cualidades solidarias, provocando graves cambios y desintegración. Esta ausencia de solidaridad puede provocar la ruptura del material de la superficie y, en caso de que influya en piezas pivotantes del talud, como su zapata, puede dar lugar a un fallo general, especialmente en condiciones de humedad. (González & Oteo, 2002).

### 3.1. MECANISMOS DE FALLA

La incidencia de un fallo viene determinada por un proceso en el que interviene un gran número de elementos geomecánicos en el espacio y el tiempo.

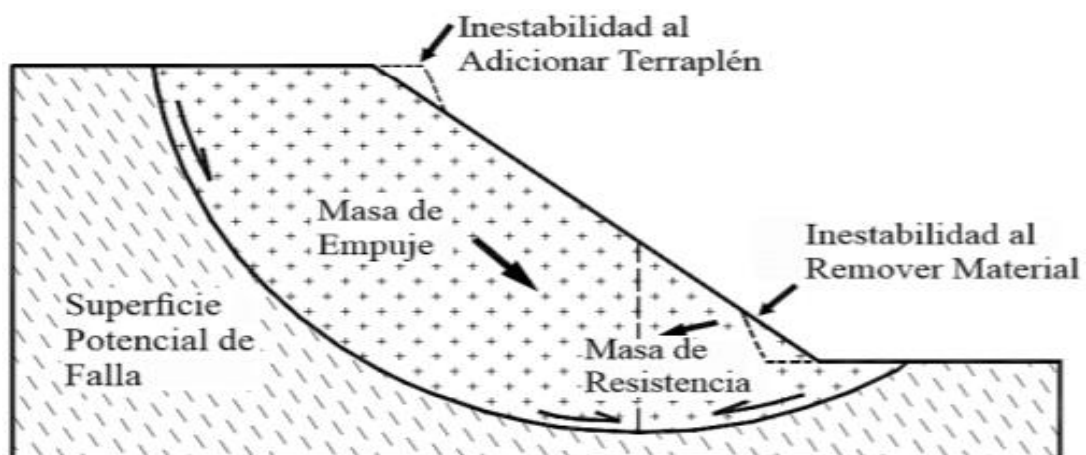
Condiciones de partida de la inclinación (indefensión) Cada inclinación tiene una disposición excepcional de elementos o atributos reales, como la altitud, la geografía, las propiedades mecánicas de los perfiles, las condiciones naturales y la cubierta vegetal. (Suárez, 2012)

#### 3.1.1 EQUILIBRIO O DESEQUILIBRIO DE FUERZAS (FACTOR DE SEGURIDAD)

En una inclinación constante, existe una armonía entre las potencias que actúan y las que se oponen, la más significativa de las cuales es la gravedad. La figura 7 muestra la mayoría que intenta crear el movimiento y las que se oponen a él. Suponiendo que se añadan cargas adicionales en el punto más alto de la pendiente o se retiran de la punta, el talud puede volverse inestable. Del mismo modo, la inestabilidad puede surgir como resultado del aumento de la inclinación de la pendiente. (Suárez, 2012)

#### Figura 7

*Talud: Desequilibrio y/o equilibrio de fuerzas. Recuperado de (Suarez, 2009)*





### 3.1.2 EL DETERIORO (MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ORIGINALES)

El deterioro es el proceso por el cual los materiales sufren cambios físicos y químicos y posteriormente se aflojan o se eliminan. El cambio de mineral, los impactos de desenrollado y el área raspada son modelos. Los efectos de la degradación pueden ser graduales o rápidos, y conducir gradualmente al fracaso.

#### Figura 8

*El efecto de deterioro. Recuperado de (Suárez, 2012)*



Si se corta un talud, como fue el caso de la construcción de la ruta Cocharcas-Río Pampas, Chincheros-Apurimac, las fuerzas de confinamiento se relajan y el talud queda expuesto al medio ambiente, lo que resulta en un cambio de equilibrio a uno de deterioro acelerado. El inicio de la rotura y el engendramiento son básicos en el debilitamiento de la superficie, lo que puede provocar desprendimientos de rocas o rupturas de inclinación. La desintegración provoca una disminución de la resistencia al cizallamiento del material, un fallo gradual debido a la expansión o al agrietamiento, la deformación por cizallamiento, la inclinación o el desmoronamiento, etc. Además, la descomposición puede producirse como

resultado de la desecación, la pérdida de cohesividad, el lavado y la eliminación de los componentes cementicios, la disolución, la erosión interna o el sifonaje.

Con el paso del tiempo, el deterioro hace necesario el mantenimiento o la construcción de obras de estabilización.

### ***3.1.3 FACTORES DETONANTES (ACTIVACIÓN DEL MOVIMIENTO)***

El desencadenamiento o la iniciación de una avalancha incluye una confusa disposición de ocasiones, algunas de las cuales se cruzan con los factores de degradación. Las avalanchas pueden desencadenarse inmediata o lentamente. En la mayoría de los casos, se produce un aumento de las tensiones de cizallamiento. Estas ansiedades se desarrollan a lo largo de la superficie débil, provocando finalmente el desarrollo. (Suárez, 2012).

Los siguientes son los factores externos más frecuentes que pueden dar lugar a la activación de un deslizamiento:

- Cizallamiento del soporte del pie del talud causado por la erosión o la actividad humana.
- Lluvias prolongadas o intensas.
- Actividad sísmica.
- Colocación de cargas en el talud.

**Figura 9**

*Vista del Corte del pie del talud para el avance del corte de carretera. Fuente propia*

**Figura 10**

*Vista del Corte del pie del talud con vibraciones del rotomartillo para el avance del corte de carretera. Fuente propia*



### 3.1.4 FALLAMIENTO

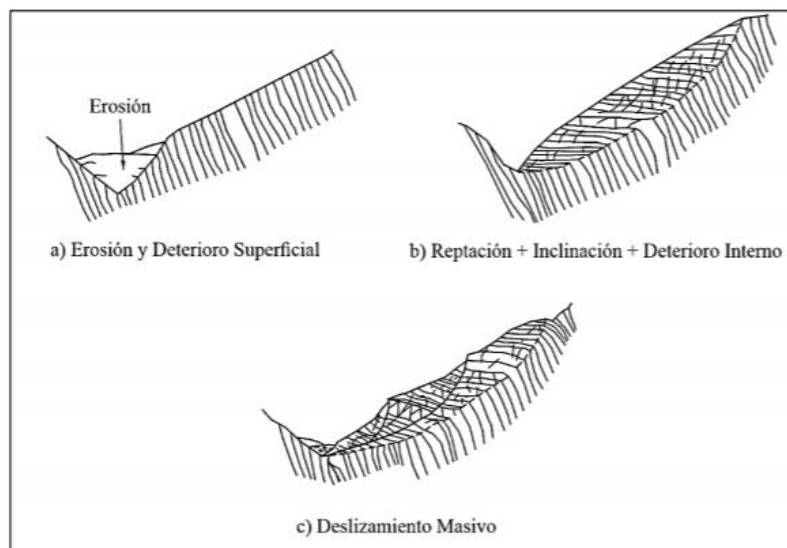
Después de que actúe el evento desencadenante, el proceso de fallo suele ser un fenómeno físico dominado por las condiciones de tensión y deformación.

A la hora de analizar un deslizamiento o de determinar los niveles de peligro y riesgo, es fundamental comprender los ciclos de transformación que lo producen, la vulnerabilidad, los procesos de desintegración y los componentes de puesta en marcha, al igual que el curso de fallo en sí. (Suárez, 2012).

#### Figura 11

*Deslizamiento en una roca fracturada cuando se profundiza en un cauce por erosión.*

*Recuperado de (Suárez, 2012).*



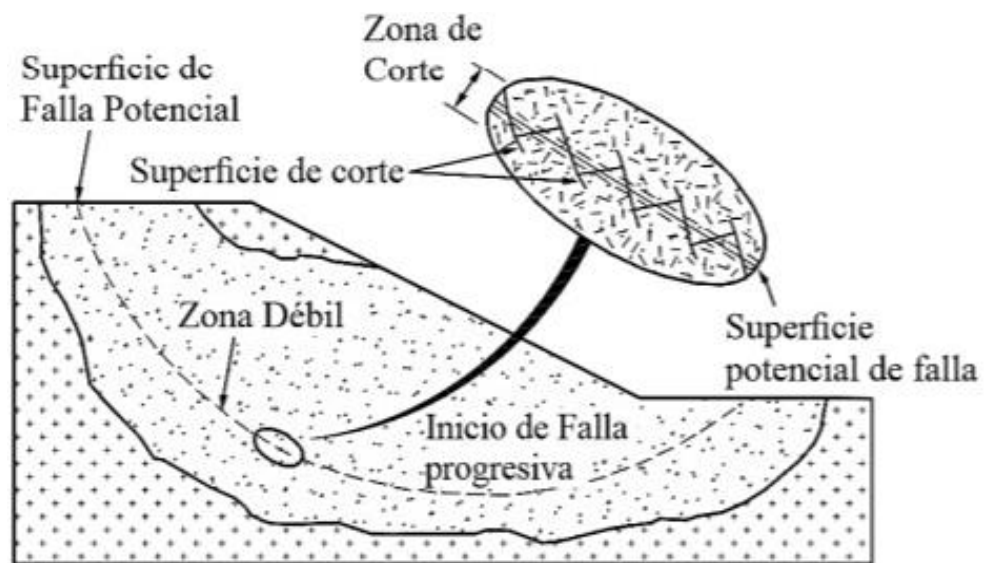
### 3.1.5 LA FALLA PROGRESIVA

Por regla general, las decepciones no se producen de forma inmediata, sino a lo largo de un periodo de tiempo que va de minutos a años. La interacción comienza con una distorsión limitada o una rotura provocada por una presión concentrada.

Estas deformaciones causadas por las tensiones dan lugar a una disminución de la resistencia.

## Figura 12

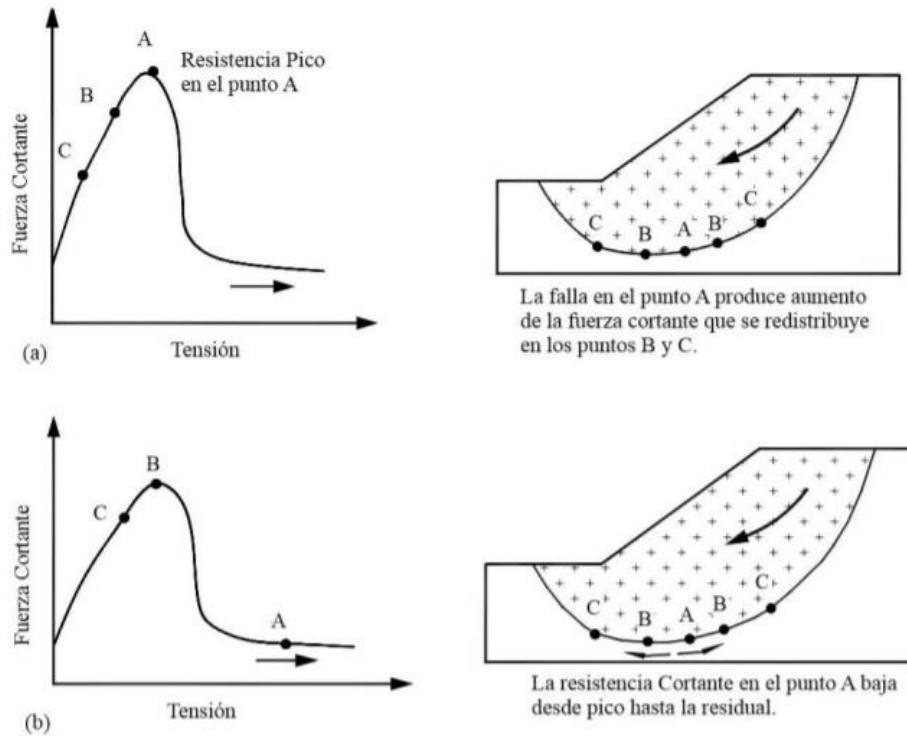
*La falla progresiva. Recuperado de (Suárez, 2012).*



Si bien estas deformaciones progresivas pueden afectar inicialmente a volúmenes discretos del talud, las distorsiones significativas se centran en una superficie de decepción, donde el material se rompe o se. Esta superficie de decepción resulta ser progresivamente larga con el tiempo. En el momento en que toda la fuerza accesible se prepara en cualquier momento en la superficie de decepción, la suciedad cae localmente. En el momento en que un punto se queda corto, la presión se reduce y la presión se comunica a los focos circundantes, que se esfuerzan por bombardear también. En el momento en que se supera la mayor fuerza en el punto A, la fuerza de cizallamiento accesible disminuye desde la solidaridad más extrema hasta la fuerza sobrante. Las tensiones asociadas a la diferencia de resistencia máxima y residual en A se transfieren a los puntos B. Esto puede dar lugar a tensiones por encima de la resistencia máxima en los puntos B y así sucesivamente, hasta e incluyendo la superficie de fallo. (Suárez, 2012)

**Figura 23**

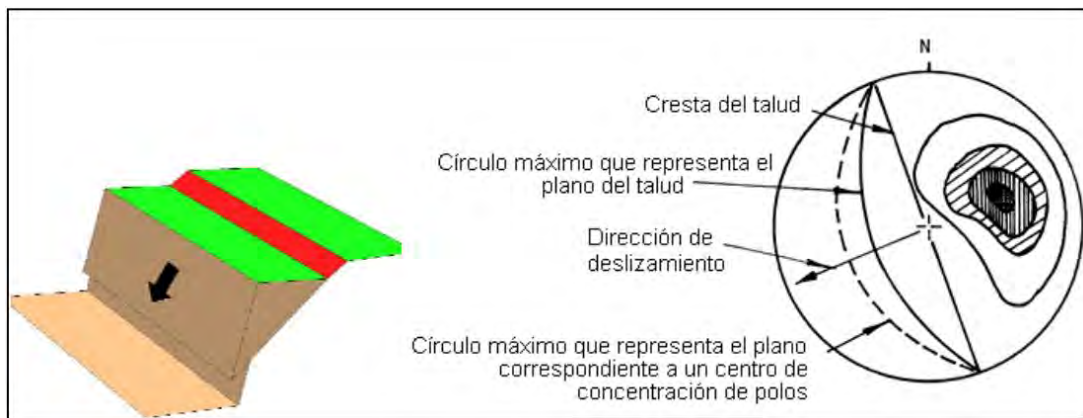
*Generación de la falla progresiva en tierras poco resistentes a deformaciones. Recuperado de (Suárez, 2012)*



### 3.2 FALLAS CON CONTROL ESTRUCTURAL.

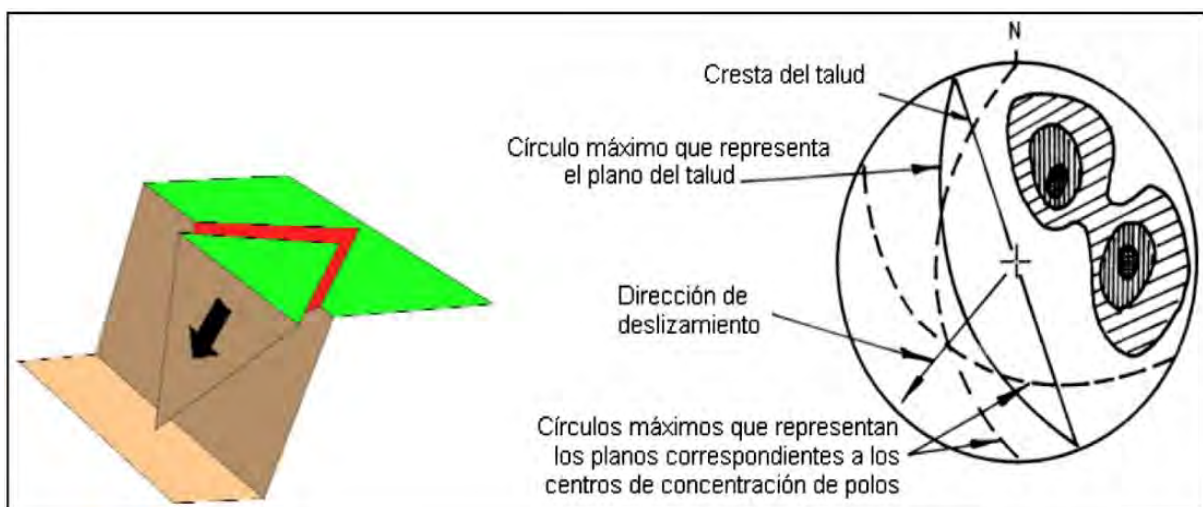
#### 3.2.1 FALLA PLANA.

Una falla planar, o ruptura planar, es aquella que ocurre a lo largo de una superficie plana solitaria. Es el tipo de grieta más sencillo que se produce cuando hay una rotura predominante en la piedra que está debidamente ajustada en relación con la pendiente. Como se ilustra en la figura 14, la representación semiesférica de esta condición en la red de Schmidt indica que el deslizamiento se anticipa cuando la trayectoria de la familia de discontinuidades es idéntica a la del talud. (Instituto Geominero Tecnológico de España, 1987) Hoek y Bray, 1977.

**Figura 34***Estereograma de discontinuidades.*

### 3.2.2 FALLA POR CUÑA.

La decepción en cuña es un particular deslizamiento que está controlado por la presencia de al menos dos discontinuidades (delineación, esquistosidad, diaclasa, emisión, etc.) Este tipo de deslizamiento se da más de vez en cuando en masas de piedra segura con discontinuidades comprobadas. Este tipo de decepción es sin duda el más sucesivo en las inclinaciones de excavación de rocas y es fácilmente visible en las canteras. (Ramírez & Alejano, 2004) Hoek y Bray, 1981.

**Figura 45***Estereograma de discontinuidades para una falla por cuña.*

Cuando el plano inclinado y las discontinuidades se trazan en proyección estereográfica, el curso medio de las situaciones en las que es concebible la decepción de la cuña se muestra en la figura 15, donde se observan dos grupos de discontinuidades con cursos diagonales respecto a la inclinación, estando el curso de la inclinación entre los dos grupos de discontinuidades. El curso de deslizamiento es donde se cruzan los dos grupos de discontinuidades y debe estar menos dispuesto que la inclinación. (España, 1987)

### 3.3 FALLAS SIN CONTROL ESTRUCTURAL.

#### 3.3.1 CAÍDA DE ROCAS.

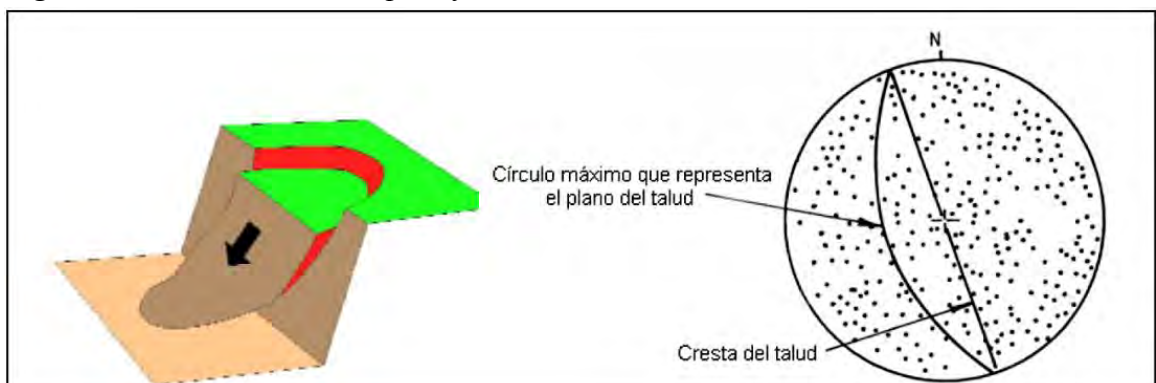
Se movilizan por una perturbación menor, cambiando su condición de reposo a movimiento y rodando ladera abajo hasta que se detienen. Debido a que su predicción es extremadamente difícil, se recurre con frecuencia a métodos de contención de caída de rocas más que a la modelización de fallas; por ello, los modelos de simulación de desprendimiento de rocas relativamente flojos pueden producir previsiones precisas de las trayectorias de desprendimiento de rocas. (Ramírez & Alejano, 2004)

#### 3.3.2 FALLA CIRCULAR.

También conocida como rotura rotativa, está causada por numerosos conjuntos de fallas con cursos y manteos variables que dejan la roca extensamente fracturada y sin cohesión. Cuando no se puede definir las discontinuidades causantes de la inestabilidad, se utiliza esta aproximación de fractura (España, 1987).

#### Figura 56

*Estereograma de discontinuidades para falla circular*





### 3.3.3 ÍNDICE SMR (*Slope Mass Rating*).

La Clasificación de la Masa del Talud en Roca (SMR) es un sistema de clasificación geomecánica que se utiliza frecuentemente para describir los taludes en roca sobre roca. El índice de inclinación de la piedra (SMR) se determina duplicando la proporción esencial de la masa de la piedra (RMR) por algunos factores de modificación que dependen del paralelismo de las discontinuidades de la inclinación, el punto de las discontinuidades, el punto global entre las discontinuidades y la inclinación, y la estrategia de excavación utilizada (Ramírez Oyanguren y Alejano Monge, 2007). Romana (1997) propuso la agrupación de SMR para inclinaciones dependientes de la caracterización de RMR. El registro se determina a partir del RMR mediante la caracterización de factores de cambio dependientes de la dirección de la rotura y del método de remoción; el primero es el resultado de los subfactores F1, F2 y F3. (Gonzales, 2015).

$$SRM = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

La desventaja de este método y su omisión en este trabajo es que, como metodología empírica, supone que un valor de SMR más alto indica una mayor estabilidad.

La desventaja de este método y su omisión en este trabajo es que, como metodología empírica, asume que cuanto mayor es el valor de SMR, más estable es el talud.

## 3.4 ESTRATIGRAFÍA

### 3.4.1 GRUPO PUCARA

Está formado por calizas y areniscas, algunas de las cuales son bituminosas, y a menudo contiene abundantes chert, tiene un espesor de 150 metros. Desde la base hasta la cima, la litología se compone de calizas y areniscas dolomíticas en estratos que varían en grosor de fino a grueso, de coloración variada de gris claro a oscuro, y que incluyen fauna de braquiópodos y turrítelas mal conservadas. Intercaladas con calizas grisáceas de modesto grosor se encuentran areniscas esquistosas algo limoníticas que se vuelven ligeramente

calcáreas. De color gris a pardo-amarillento, las areniscas esquistosas y limoníticas contienen ammonites ind., *Astarte andicola* y *Terebratula* sp. A las calizas grises de estratos finos les siguen estratos gruesos de calizas gris azuladas que son algo sustanciales.

Esta reunión aborda la sedimentación nerítica en la zona, con clastos solidificados por un entramado calcáreo y quizás disipados.

### ***3.4.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS***

**3.4.2.1 Depósito Fluvio Aluvial.** Los depósitos aluviales fluviales se forman como resultado de la erosión de las secuencias cretácicas. Están formados por limos y arcillas limosas depositadas horizontalmente con niveles que pueden seguirse durante varios kilómetros; representan períodos climáticos de intensidad variable. Estos depósitos están compuestos en su mayoría por conglomerados, arenas y arcillas con espesores superiores a los diez metros, estratificados lenticularmente y, en algunos casos, laminados. Se depositaron a lo largo del Cuaternario Pleistoceno y se extienden por una gran parte de la cuenca pampeana, incluyendo la localidad de Cocharcas.

## **3.5 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS**

Los taludes investigados están formados por depósitos fluviales aluviales y rocas del Grupo Pucara.

Aplicación de las unidades geológicas:

- Criterio de Mohr-Coulomb para las pendientes del suelo.
- Criterio Hoek-Brown generalizado para taludes de roca.

### ***3.5.1 GEOMECÁNICA DE LAS UNIDADES CRETÁICAS***

Para obtener los parámetros geo mecánicos del Grupo Pucara se empleó el software RocData v5.0, aplicando el criterio de Hoek-Brown para rocas.

Tabla n° 7:

Grupo Pucara y sus Propiedades Geomecánicas

PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL GRUPO PUCARA					
Tipo de macizo	Homogéneo	Parámetros de Salida			
Tipo de roca	Caliza	<b>Criterio Hoek-Brown</b>	<b>mb</b>	0.487048	
Densidad seca	2450 Kg/m <sup>3</sup>		<b>s</b>	0.00034533	
Densidad sat.	2560 Kg/m <sup>3</sup>		<b>a</b>	0.508086	
Alt. Prom. Del Talud	50 m	<b>MohrCoulomb Fit</b>	<b>c</b>	0.269578	Mpa
Datos de Entrada (Clasificación Hoek-Brown)			<b>Φ</b>	38.1844°	
<b>Sigci (σ)</b>	35 MPa	<b>Parámetros del macizo rocoso</b>	<b>sigt</b>	-0.0548158	Mpa
<b>GSI</b>	45		<b>sigc</b>	0.609808	Mpa
<b>mi</b>	10		<b>sigcm</b>	3.15497	Mpa
<b>D</b>	0.7		<b>Erm</b>	1917.33	Mpa
<b>Ei</b>	24500	<b>Failure Envelope Range</b>	<b>Sig3max(σ3)</b>	0.960386	Mpa
<b>MR</b>	700				

Nota Recuperado de (Hoek 2002)

### 3.5.2 GEO MECÁNICA DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Se empleó el software RocData v5.0, usando el Criterio de Mohr-Coulomb para suelos para obtener los parámetros geomecánicos.

**Tabla 8:***Depósitos Fluvio Aluviales y sus Propiedades Geomecánicas*

<b>PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DE LOS DEPÓSITOS FLUVIO ALUVIALES</b>					
<b>Datos Generales</b>		<b>Clasificación de Mohr-Coulomb</b>			
Clasificación	GC>CH	Cohesión	$c$	24	kPa
SUCS					
Densidad Seca	2100Kg/m <sup>3</sup>	Ángulo de Fricción	$\Phi$	40	Grados
Densidad Saturada	2600 kg/m <sup>3</sup>	Esfuerzo Tensional	$\sigma_t$	-0.5	kPa
Altura Promedio del Talud	50 m	Resistencia Compresiva Uniaxial	$\sigma_c$	102.936	kPa
		Alpha	$\alpha$	77.7324	Grados

Nota Recuperado de (Hoek E. C., 2002)

### 3.6 GEOTECNIA

La calle Río Pampa - Cocharcas, segmento Km 00+000 - Km 25+500, fue creada y diseccionada en 14 vertientes, caracterizando la conducta de las piedras y sus elementos geomecánicos y topográficos, utilizando los factores litología, estimaciones de inclinación (inclinación, estatura, ancho de balance, azimut y hundimiento) y factores de puesta en marcha, para adquirir el factor de seguridad, utilizando el software Slide v7.0.

### 3.7 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.

Trató en determinar las propiedades mecánicas de la piedra total encontradoa en el talud de la calle Cocharcas - Río Pampas, por lo que se hicieron ensayos de laboratorio con diferentes ejemplares de piedra. Las calidades se establecieron a partir de la información de campo de las estaciones geotécnicas, seis de las cuales estaban situadas en la cara del talud y las otras dos en la base.

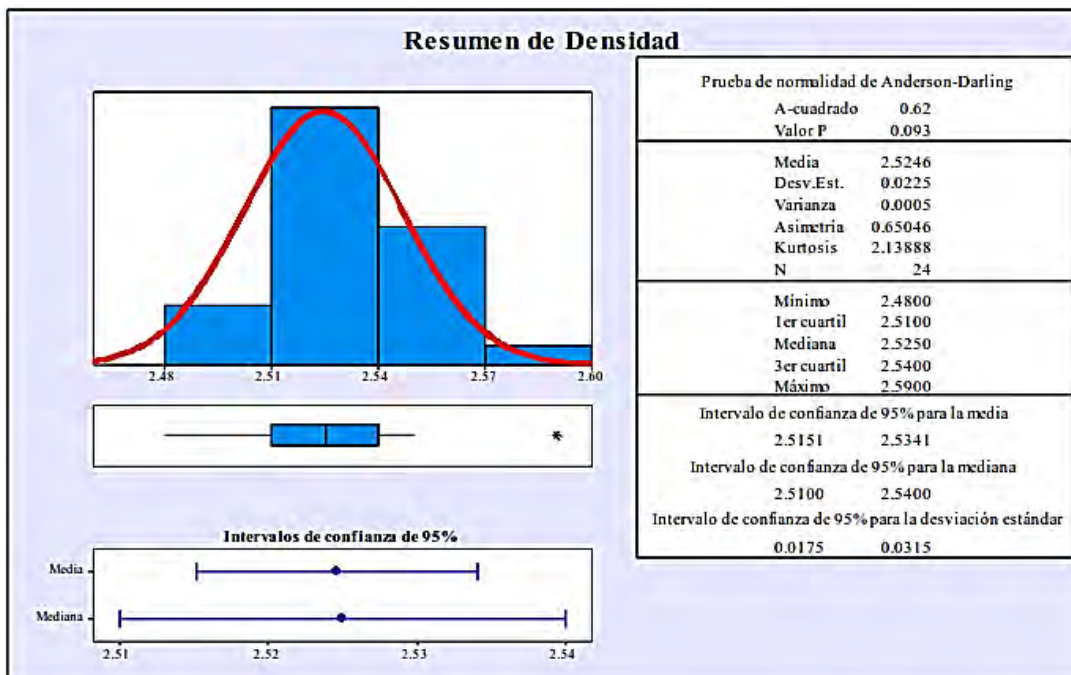
### 3.7.1 PROPIEDADES DE LA ROCA INTACTA.

#### Densidad.

Los valores de densidad se determinaron mediante pruebas de laboratorio; los resultados se muestran en la Figura 17 como un polígono normalizado.

**Figura 67**

*Frecuencias de las densidades de rocas en el talud 02*



Nota Elaboración Propia.

La obtención de un valor P inferior a 0,1 demuestra que nuestras lecturas de espesor no siguen una dispersión típica, con un espesor normal de 2,5246 kg/cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 0,0225, lo que demuestra que la información obtenida tuvo pocos cambios, lo que es razonable para los estudios de laboratorio.

#### Resistencia

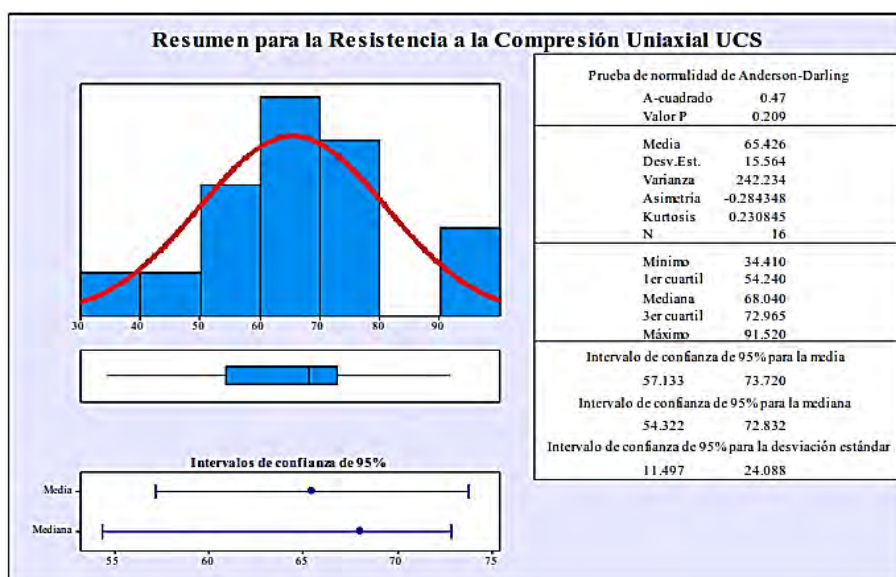
Para cuantificar la resistencia de las rocas, se realizaron dieciséis pruebas de presión directa o uniaxial y ocho pruebas de carga puntual en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas.

## Resistencia a la compresión uniaxial

Se usó una prensa hidráulica manual con una capacidad de 2000 KN, que se muestra en el Anexo 1. Las pruebas se realizaron de acuerdo con todos los procedimientos de laboratorio y protocolos de trabajo de ASTM e ISRM. ISRM.

### Figura 18

*Frecuencias de los valores de la resistencia a la compresión uniaxial de roca.*



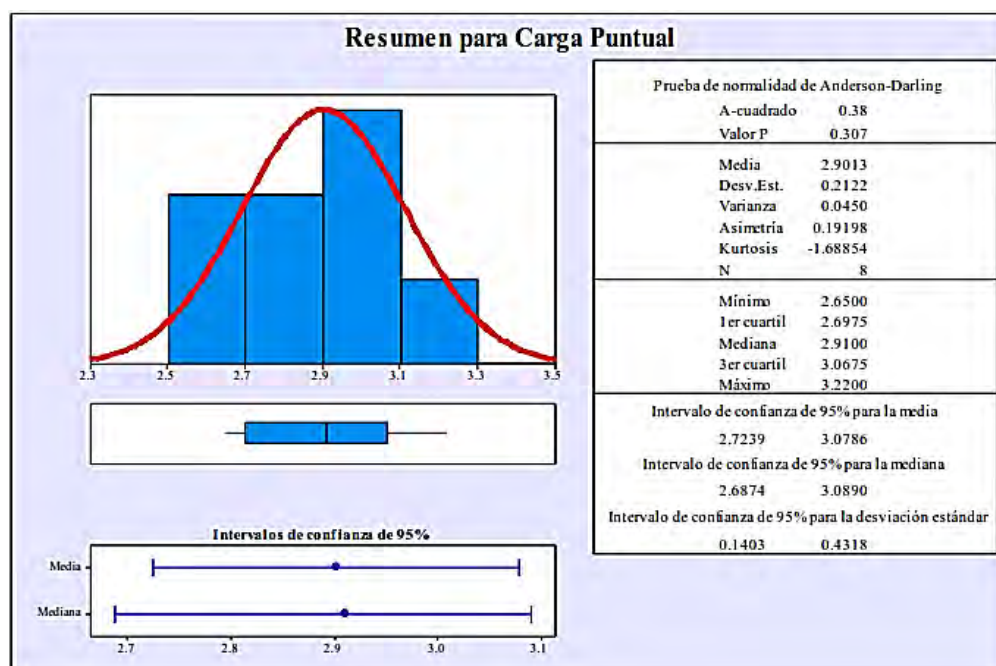
Se muestran en la figura 18, un polígono de recurrencia normalizado. La obtención de una estimación de P superior a 0,1 demuestra que nuestras estimaciones de protección de la presión básica se ajustan a una dispersión ordinaria, con una protección normal de la presión básica de 65,426 MPa, lo que indica que existe una variabilidad considerable en laboratorio. Valores, lo que implica que la matriz muestra una variación en la resistencia en ciertas áreas. Consideramos que esta piedra es dura según el valor promedio.

## Ensayos de carga puntual

Se utilizó una prensa hidrostática manual con un límite de 5000 bar, que se muestra en el Anexo 1. Las pruebas se realizaron de acuerdo con todos los sistemas y convenciones de las instalaciones de investigación apoyadas por la ASTM y la ISRM.

**Figura 79**

*Valores de índice de carga puntual y frecuencias*



En la figura 19 se ve una estima P más destacada que 0,1 demuestra que nuestras estimaciones de carga puntual están normalizadas, con un archivo de carga puntual normal de 2,9013 MPa. Por lo tanto, creemos que esta piedra tiene una resistencia normal, con una desviación estándar adecuada de 0,2122.

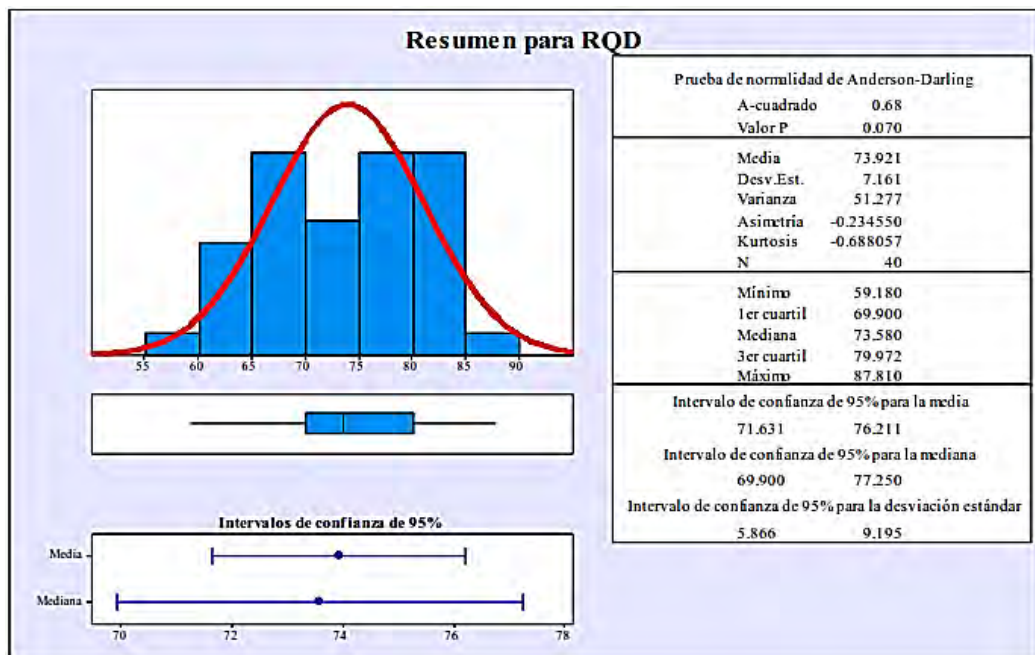
### **3.7.2 CLASIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO.**

#### **CALIDAD DE ROCA E ÍNDICE DE DESIGNACIÓN**

Los resultados de la conexión entre los medidores GSI y RMR para las estaciones geomecánicas del Apéndice 1 se muestran en la figura 22 como un polígono de repetición normalizado. Un indicador P más notable que 0,1 muestra que nuestros indicadores GSI se ajustan a un curso regular, con un GSI típico de 73,921 por ciento es un valor relativamente alto.

**Figura 20**

*Valores de RQD y frecuencias.*



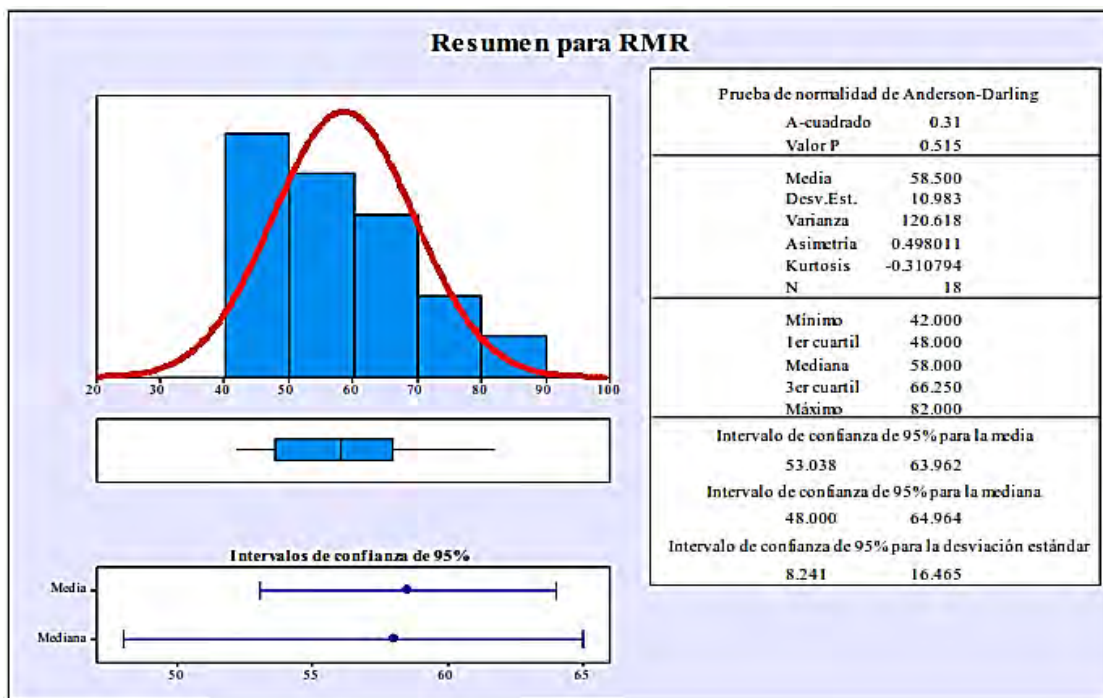
## CLASIFICACIÓN RMR.

Las estimaciones del GSI se determinaron como para el RMR utilizando la ecuación de Hoek (2005):  $GSI = RMR - 5$ . Las consecuencias de la relación entre las estimaciones del GSI y la RMR para las estaciones geomecánicas del Apéndice 1 se muestran en la Figura 22 como un polígono de recurrencia normalizado. Una estimación P superior a 0,1 demuestra que nuestras estimaciones de GSI se ajustan a una circulación típica, con un GSI normal de que indica una distribución muy variable.



**Figura 21**

*Valores de la clasificación RMR y frecuencias.*

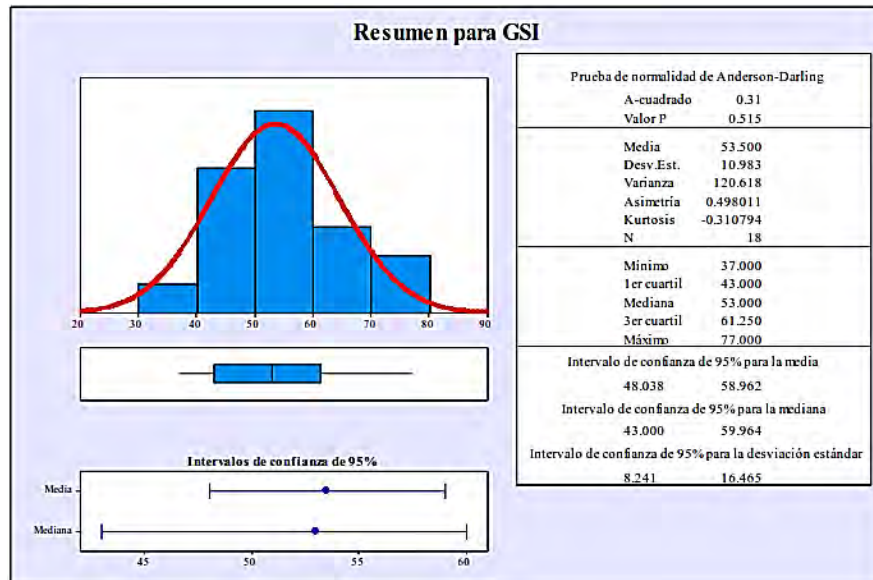


### CLASIFICACIÓN POR EL MÉTODO ÍNDICE GSI.

Las estimaciones del GSI se determinaron como para el RMR utilizando la ecuación de Hoek (2005):  $GSI = RMR - 5$ . Las consecuencias de la relación entre las estimaciones del GSI y la RMR para las estaciones geomecánicas del Apéndice 1 se muestran en la Figura 22 como un polígono de recurrencia normalizado. Una estimación P superior a 0,1 demuestra que nuestras estimaciones de GSI se ajustan a una circulación típica, con un GSI normal de 53,500.

**Figura 8**

*Polígono de frecuencias normalizada de los valores de la clasificación GSI*

**TALUD 01**

El talud se encuentra en la progresiva E: 163458, N: 20180419 formados por almacenes deluviales y aluviales, pero sobre todo por almacenes coluviales-aluviales, desmoronados por procesos geodinámicos externos., y particularmente inestables durante las temporadas de lluvias.

**Figura 93**

*Vista de los depósitos cuaternarios en el avance del corte de carretera*



**Tabla 9:***Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 01*

<b>GEOMETRÍA DEL TALUD</b>			<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>		
<b>Altura</b>	11.76 m		<b>Condiciones</b>	<b>Método de Calculo</b>	
<b>Longitud del Pie</b>	17.70 m		<b>Aplicadas al</b>	Spencer	GLE/Morgenstern- Sarma
<b>Pendiente del talud</b>	74°		<b>Talud</b>	Price	
<b>Dirección del talud</b>	N 145°		<b>Normal</b>	1.065	1.072 1.065
<b>UBICACIÓN</b>			<b>Saturación</b>	0.299	0.286 0.303
			<b>Total</b>		
<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>	<b>Sismicidad</b>	0.784	0.797 0.732
20180419	163458		<b>Máxima</b>		

Nota: elaboración propia

**TALUD 02**

El talud se encuentra en la progresiva E: 160947, N: 20180620, constituido por calizas mudstone del Grupo Pucara, tiene una fuerte resistencia a la intemperie debido a sus finas capas de lutitas y una moderada resistencia a la compresión uniaxial; su GSI es 40. Este segmento contiene pendientes con bloques rocosos extremadamente inestables.

**Figura 24**

*Vista de la roca caliza pertenecientes al Grupo Pucara, se observan bloques de rocas muy inestables por procesos de meteorización en el avance del corte de carretera*



**Tabla 10:**

*Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud 02*

Nota: Elaboración propi

<b>GEOMETRÍA DEL TALUD</b>			<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>			
<b>Altura</b>		39.24 m	<b>Condiciones</b>		<b>Método de Calculo</b>	
<b>Longitud del pie</b>		12 m	<b>Aplicadas al Talud</b>	Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
<b>Pendiente del talud</b>		62°				
<b>Dirección del talud</b>		169°	<b>Normal</b>	1.341	1.316	1.310
<b>UBICACIÓN</b>			<b>Saturación Total</b>	0.237	0.238	0.227
<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>	<b>Sismicidad</b>	0.980	0.899	0.908
160947	20180620		<b>Máxima</b>			

Tabla N° 11

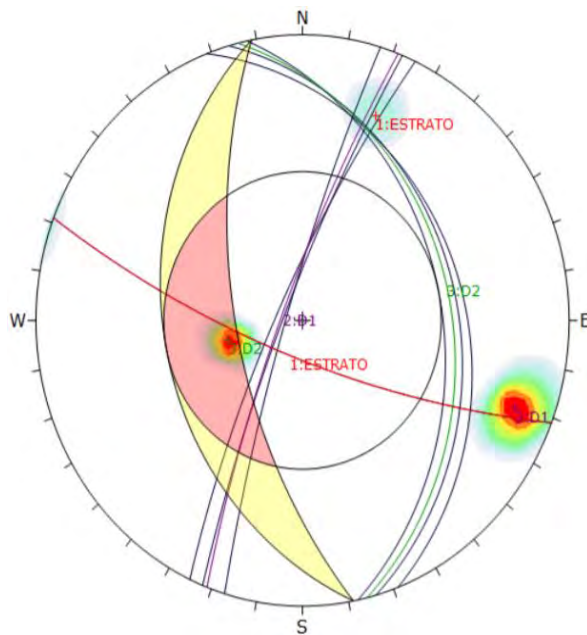
Datos para el programa del talud 02

Nota: Elaboración propia

Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip		62	
Slope Dip Direction		259	
Friction Angle		35°	
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	0	21	0.00

Figura 105

Análisis en el software del talud 0



Plot Mode	Pole Vectors	DISCONTINUIDADES	DIP	DIP DIRECTION	Color	Dip	Dip Direction	Label
Vector	7 (7)	ESTRATO	75	201				
Count	Entries)	D1	82	292				
Hemisphere	Lower	D1	79	295				
Projection	Equal Angle	D1	83	287				
		D2	30	74				
		D2	35	78				
		D2	28	69				
User Planes								
1	<span style="color: red;">■</span>	75	201	ESTRATO				
2	<span style="color: purple;">■</span>	81	291	D1				
3	<span style="color: green;">■</span>	32	76	D2				

### TALUD 03

El talud se encuentra en la progresiva E: 152053, N: 20180518, se compone de almacenes coluviales-aluviales formados por clastos sub-rojos e inadecuadamente dispuestos, con bloques y sedimentos arcillosos en cantidades más destacadas. Tal y como indica la caracterización del SUCS, la tierra de este talud es del tipo GC>MH.

#### Figura 26

*Vista del depósito cuaternario que presentan bloques sub angulosos a angulosos en el corte de carretera*



**Tabla 11:***Factor de seguridad del Talud 03*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	6 m	Condiciones	Spencer	Método de Calculo GLE/Morgenstern- Price	Sarma	
Longitud del pie	5 m	Aplicadas al Talud				
Pendiente del talud	62°					
Dirección del talud	169°	Normal	1.021	1.024	1.024	
UBICACIÓN		Saturación Total	0.338	0.331	0.375	
Norte	Este	Cota	Sismicidad Máxima	0.721	0.712	0.711
152053	20180518					

Nota: Elaboración propia

**TALUD 04**

Este talud está ubicado en la progresiva E: 171141, N: 20180515, y está mayoritariamente compuesto por depósitos coluvial-aluviales compuestos por clastos subangulares, bloques presentes mal categorizados, gravas y un alto contenido de limo y arcilla. El suelo en esta pendiente está clasificado como GC> MH por el SUCS..



**Figura 27**

*Vista del depósito cuaternario que presentan de limos y arcillas bien graduada en el corte de carretera*

**Tabla 12**

*Factor de seguridad del Talud 04*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD		
Altura	6 m	Condiciones		Método de Calculo	
Longitud del pie	5 m	Aplicadas al	Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
Pendiente del talud	62°	Talud			
Dirección del talud	169°	Normal	1.049	1.052	1.048
UBICACIÓN		Saturación	0.290	0.275	0.383
		Total			
Norte	Este	Cota	Sismicidad	0.770	0.737
171141	20180515		Máxima		0.720

Nota: Elaboración propia

### **TALUD 05**

El talud se encuentra en la progresiva E: 155918, N: 20180518, Se compone de depósitos coluviales-aluviales formados por clastos subangulares y poco ordenados.; se componen principalmente de bloques pedregosos y limos arcillosos con un bajo grado de fluidez. El suelo en esta pendiente está clasificado como GC> MH por el SUCS.

## Figura 118

*Vista del deposito cuaternario que presentan de limos y arcillas bien graduada en el corte de carretera*



**Tabla 13:**

*Factor de seguridad del Talud 05*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	16 m	Condiciones		Método de Calculo		
Longitud del pie	15 m	Aplicadas al	Spencer	GLE/Morgenstern-		Sarma
Pendiente del talud	72°	Talud		Price		
Dirección del talud	135°	Normal	1.026	1.034	1.022	
UBICACIÓN			Saturación	0.193	0.190	
Norte	Este	Cota	Total	0.807	0.730	
155918	20180518		Sismicidad		0.704	
			Máxima			

Nota: Elaboración propia

## TALUD 06

Este talud está ubicado en la progresiva E: 122209, N: 20180529, y Está compuesto por depósitos coluviales-aluviales caracterizados por clastos subangulares, mala categorización, y alto contenido de finos. El suelo de esta pendiente está clasificado como GC> CL por el SUCS.

### Figura 129

*Vista del depósito cuaternario que presentan contenidos de finos en muy alto grado en el corte de carretera*



**Tabla 24:**

*Factor de seguridad del Talud 06.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD		
Altura	12.71	Condiciones Aplicadas al Talud	Método de Calculo		
	m		Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
Longitud del pie	15 m	Normal			
Pendiente del talud	80°		Saturación Total	0.127	0.127
Dirección del talud	110°	Sismicidad Máxima			
UBICACIÓN					
Norte	Este	Cota			
122209	20180529				

Nota: Elaboración propia

## TALUD 07

El talud está en la progresiva E: 111226, N: 20180628, y Está compuesto por depósitos coluvial-aluviales con mala clasificación de los clastos; contiene bloques pedregosos de más de 10 cm de diámetro, una alta proporción de arcillas de baja plasticidad y una baja proporción de limo. El suelo de esta pendiente está clasificado como GC> CL por el SUCS.

### Figura30

*Vista del depósito cuaternario en el corte de carretera*



**Tabla 15**

*Factor de seguridad del Talud 07.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	10.45	Condiciones Aplicadas al Talud	Método de Calculo	Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarman
	m					
Longitud del pie	13 m	Normal	1.034	1.033	1.177	
Pendiente del talud	85°					
Dirección del talud	81°	Saturación Total	0.091	0.091	0.091	
UBICACIÓN						
Norte	Este	Sismicidad Máxima	0.680	0.683	0.685	
111226	20180628					

Nota: Elaboración propia

## TALUD 08

El talud se encuentra en la progresiva E: 100338, N: 20180418, Se compone de depósitos coluviales-aluviales formados por clastos subangulares. y pobremente categorizados; como resultado del tránsito limitado, tienen una mayor proporción de bloques y limos arcillosos. El suelo en esta pendiente está clasificado como GC> MH por el SUCS.

### Figura 131

*Vista del depósito cuaternario en el corte de carretera*



**Tabla 36:**

*factor de seguridad del Talud 08.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	4.35	Condiciones Aplicadas al Talud	Método de Calculo	Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
	m					
Longitud del pie	11 m	Normal	1.377	1.372	1.372	
Pendiente del talud	80°					
Dirección del talud	115°	Saturación Total	0.927	0.904	0.934	
UBICACIÓN						
Norte	Este	Cota	1.234	1.233	1.238	
100338	20180418					Sismicidad Máxima

Nota: Elaboración propia

## TALUD 09

Este talud está ubicado en la progresiva E: 110957, N: 20180628, Se compone principalmente de d Almacenes aluviales formados por cuadrados y partículas; sus clastos están ajustados y dispuestos. El suelo de esta pendiente está clasificado como GC> CH por el SUCS.

### Figura 142

*Vista del depósito cuaternario en el corte de carretera*



**Tabla 47**

*factor de seguridad del Talud 09.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	3.75 m	Condiciones Aplicadas al Talud	Spencer	Método de Calculo		
Longitud del pie	13 m			GLE/Morgenstern-Price	Sarma	
Pendiente del talud	80°					
Dirección del talud	125°	Normal	1.981	1.975	1.983	
UBICACIÓN		Saturación Total	1.302	1.308	1.327	
Norte	Este	Cota	Sismicidad Máxima	1.584	1.584	1.587
110957	20180628					

Nota: Elaboración propia

## TALUD 10

Este talud se encuentra en la progresiva E: 152053, N: 20180518, Está compuesto por depósitos coluviales-aluviales que incluyen clastos de piedra caliza en una matriz de arcilla. La pendiente está muy desgastada, principalmente por causas climáticas. El suelo está clasificado como GC> MH por el SUCS.

### Figura 153

*Vista del depósito cuaternario coluvio aluvial en el corte de carretera*



**Tabla 18**

*Factor de seguridad del Talud 10.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD		
Altura	8 m	Condiciones		Método de Calculo	
Longitud del pie	12 m	Aplicadas al	Spencer	GLE/Morgenstern-	Sarma
Pendiente del talud	55°	Talud		Price	
Dirección del talud	45°	Normal	1.448	1.449	1.446
UBICACIÓN		Saturación	0.938	0.934	0.996
		Total			
Norte	Este	Cota	Sismicidad	1.175	1.74
152053	20180518		Máxima		1.174

Nota: Elaboración propia

## TALUD 11

Este talud se encuentra en la progresiva E: 155918, N: 20180518, Está compuesto por depósitos coluviales-aluviales con finos clastos compuestos principalmente por limos arcillosos; sus clastos son subangulares y mal categorizados; el suelo está clasificado como GC> MH por la Clasificación SUCS. En la ladera hay una intensa meteorización, que desestabiliza los clastos de la ladera, provocando la caída de los escombros.

### Figura34

*Vista del depósito cuaternario coluvio aluvial en el corte de carretera*



**Tabla 19**

*factor de seguridad del Talud 11.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD		
Altura	13.62	Condiciones Aplicadas al Talud	Método de Calculo		
	m		Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
Longitud del pie	18 m	Normal	1.124	1.132	1.123
Pendiente del talud	67°		Saturación	0.394	0.389
Dirección del talud	119°	Total			
UBICACIÓN		Sismicidad	0.858	0.800	1.789
Norte	Este	Máxima			
155918	20180518				

Nota: Elaboración propia



## TALUD 12

El talud se encuentra en la progresiva E: 150858, N: 20180511, c compuesto por calizas de Pariatambo que son propensas a la intemperie por factores ambientales, tiene una menor resistencia a la compresión uniaxial, con un GSI de 35. Se vuelve más inestable durante los períodos de lluvia debido a la fractura del macizo rocoso, lo que resulta en desprendimientos de rocas. y escombros.

### Figura 165

*Vista por depósitos de calizas altamente meteorizada del Grupo Pucara en el corte de carretera*



**Tabla 20:**

*factor de seguridad del Talud 12.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD		
Altura	10.57	m	Condiciones Aplicadas al Talud	Método de Calculo	
Longitud del pie	9.63			Spencer	GLE/Morgenstern-Price
Pendiente del talud	79°				
Dirección del talud	65°		Normal	2.118	2.117
UBICACIÓN			Saturación	0.234	0.215
Norte	Este	Cota	Total		
150858	20180511		Sismicidad Máxima	1.500	1.499

Nota: Elaboración propia

### TALUD 13

El talud se encuentra en la progresiva E: 083056, N: 20180622, Se compone de almacenes aluviales formados por clastos calcáreos instalados en un entramado de tierra limosa, sub-ajustado y ordenado; igualmente contiene bloques en el segmento superior del talud. Se ha considerado como una especie de tierra GC > CH de acuerdo con la clasificación SUCS.

#### Figura36

*Vista por depositos aluvial con clasos de calizas en el corte de carretera*



**Tabla 51:**

*factor de seguridad del Talud 13.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD		
Altura	8.55 m	Condiciones	Método de Calculo		
Longitud del pie	15 m	Aplicadas al	Spencer	GLE/Morgenstern-	Sarma
Pendiente del talud	87°	Talud		Price	
Dirección del talud	97°	Normal	1.111	1.110	1.281
UBICACIÓN		Saturación	0.138	0.133	0.239
		Total			
Norte	Este	Cota	Sismicidad	1.763	0.762
083056	20180622		Máxima		0.765

Nota: Elaboración propia

## TALUD 14

El talud se encuentra en la progresiva E: 094755, N: 20180602, La pendiente está apenas desgastada, ya que está compuesta por gruesos estratos de piedra caliza de Pucara Group altamente duradera. Tiene un GSI de 55. Debido a varias variables como el agua o las vibraciones generadas por los vehículos que pasan en la vía, la El agrietamiento de la masa de piedra puede debilitar las piezas de piedra, haciendo que se rompan.

### Figura 37

*Vista por depositos de roca calizas del Grupo Pucara en el corte de carretera*



**Tabla 22**

*factor de seguridad del Talud 14.*

GEOMETRÍA DEL TALUD			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	15.91	Condiciones Aplicadas al Talud	Spencer	Método de Calculo		
Longitud del pie	13m			Normal	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
Pendiente del talud	82°					
Dirección del talud	110°					
UBICACIÓN			Saturación	2.358	2.360	2.354
			Total	1.446	1.448	1.457
Norte	Este	Cota	Sismicidad	1.485	1.486	1.480
094755	20180602		Máxima			

Nota: Elaboración propia

Figura38

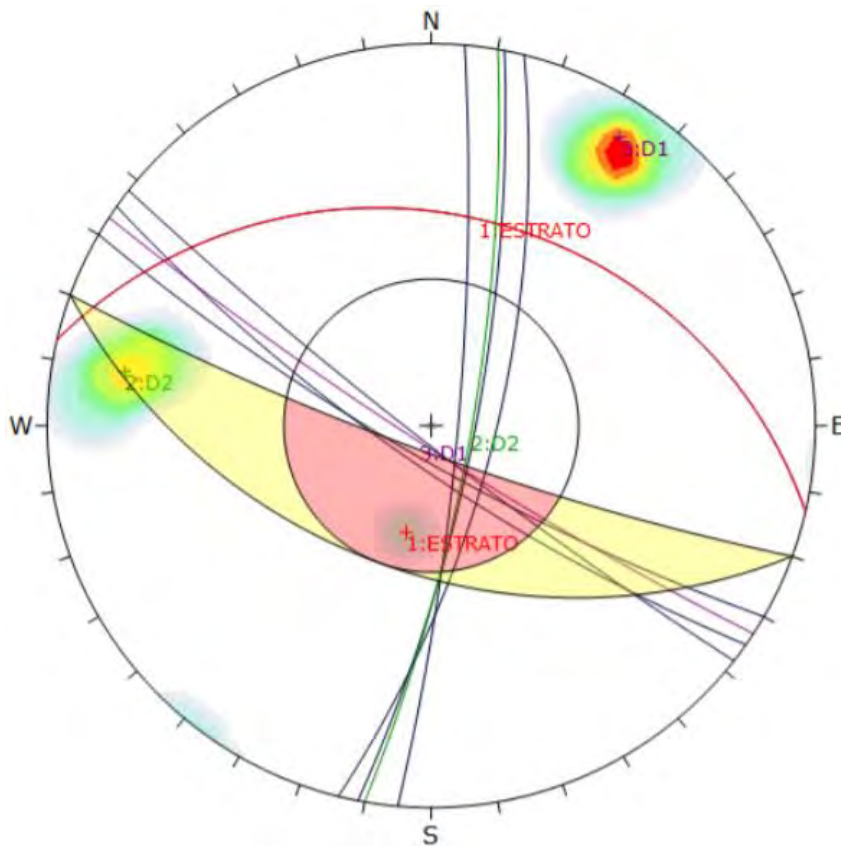
Software Dips v6.0 del talud 14.

Kinematic Analysis		Wedge Sliding		
Slope Dip		62		
Slope Direction	Dip	259		
Friction Angle		35°		
	Critical	Total	%	
Wedge Sliding		0	21	0.00

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	Red	75	201	ESTRATO
2	Purple	81	291	D1
3	Green	32	76	D2

DISCONTINUIDADES	DIP	DIP DIRECTION
ESTRATO	75	201
D1	82	292
D1	79	295
D1	83	287
D2	30	74
D2	35	78
D2	28	69

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	7 (7 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	7 (7 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle



## **CAPITULO IV: EVALUACIÓN SOCIAL POR EFECTOS DE AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA COCHARCAS- RIO PAMPAS**

La evaluación social permitirá medir los efectos directos, efectos indirectos, externalidades positivas y externalidades negativas que genere la inversión pública dirigida a la mejora de las calles Sayarecc-Cocharcas-Coay y Río Pampas. Los intereses del área pública en el marco de las calles deben tener esencialmente una evaluación social debido a que el efecto que produce es sobre la economía en general y por esta razón los costos sociales se utilizan para cuantificar el valor genuino de los activos para la sociedad en general y no los costos de mercado, que son costos privados. y que no reflejan el valor real debido a distorsiones, imperfecciones y rigideces de la economía.

### **4.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SEGÚN EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA**

La evaluación social nos permitirá escoger el acomodo o no de ayudar a una intercesión pública a través de la correlación de la progresión de activos a costes sociales del interés en la mejora de la calle local con proyecto y sin proyecto. Există tehnicile de evaluare pentru zonul vehicului care sunt controlate de mandatul Invierte, de exemplu, ca o ameliorare fãrã a SNIP. Es imprescindible utilizar una técnica suficiente para este tipo de proyecto de especulación abierta cuyo objetivo es ofrecer: "Estados satisfactorios de transpirabilidad en la calle y admisión a los sectores comerciales cercanos". y regionales de la población de Sayarecc-Cocharcas-Coay y Río Pampas del distrito de Cocharcas". Como se trata de una intervención pública en creación de infraestructura económica, los beneficios sociales directos están centrados en dinamizar el aparato productivo de la zona, integrando zonas productoras con mercados. En cambio los beneficios sociales indirectos están localizados en otros sectores no productivos como educación, salud etc.

**Tabla 23:***Metodologías de evaluación:**Anexo SNIP 10 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión**Pública Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01**Anexo Modificado por RD 003-2014-EF/63.01.*

Tipo PIP	Beneficios sociales	Metodología/Indicador
Creación de Carreteras.	Excedente del productor.	Análisis Beneficio Costo.  VANS: Valor Actual Neto Social.
Recuperación de Carreteras.	Ahorros en el sistema de transporte.	Análisis Beneficio Costo.  VANS: Valor Actual Neto Social.
Recuperación de carreteras vecinales a nivel de afirmado y sin	Beneficios cualitativos.	ACE: Análisis Costo Efectividad.
Mejoramiento de carreteras.	Beneficios tráfico normal y tráfico desviado: ahorros en el sistema de transportes.  Beneficios tráfico generado: ahorros en el sistema de transportes o excedente del productor en el caso de vías en corredores con potencial productivo.	Análisis Beneficio Costo.  VANS: Valor Actual Neto Social. TIRS: Tasa Interna de Retorno Social.
Mejoramiento de caminos vecinales a nivel de afirmado y sin afirmar con tráfico hasta 50vhi./día y costo de inversión máximo a precios de mercado por km hasta US\$ 45,000 en Costa/Sierra y hasta US\$ 60,000 en Selva.	Beneficios cualitativos.	ACE: Análisis Costo Efectividad.  Costo Social por Beneficio.

Fuente: Anexo SNIP 10 Parámetros de Evaluación.

## 4.2. HORIZONTE DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DE CAMINO VECINAL

El periodo de evaluación de un proyecto de inversión pública depende del tipo de PIP, el tiempo de ejecución es generalmente de un año y el periodo de operación varía de 10 a 20 años.

**Tabla 24:**

*Horizonte de evaluación*

Tipo de PIP	Período de beneficios a considerar
Carreteras con Tratamiento Superficial Bicapa - TSB	15 años
Carreteras asfaltadas	20 años
Carreteras a nivel de Afirmado y Sin Afirmar	10 años
Carreteras a nivel de Pavimentos con soluciones básicas	10 años
Carreteras Pavimentadas (flexible y rígido)	20 años
Puentes aislados	20 años
Agua potable y alcantarillado	20 años
Electrificación	20 años

Nota Recuperado Anexo SNIP 10 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión

Tomando en cuenta el cuadro anterior y para definir el caso específico del PIP Mejora de la calle local en la zona de Cocharcas, el horizonte de valoración es de 10 años ya que se trata de una calle despejada, es decir, el tiempo de ventajas a considerar es de 10 años y el tiempo de ejecución de la obra es de 300 días calendario.

## 4.3. BENEFICIOS SOCIALES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAYARECC – COCHARCAS - COAY Y RIO PAMPAS.

Para medir los beneficios sociales es necesario primero identificar, luego medir para poder valorar tanto los beneficios sociales directos, como los indirectos y las externalidades positivas.

### ***4.3.1 BENEFICIOS SOCIALES DIRECTOS***

De acuerdo al manual para proyectos de inversión pública en el sector transportes se consideran los que se presentan a continuación, pero no necesariamente podrían encajar perfectamente en este proyecto de inversión e incluso podríamos incrementar otros beneficios de acuerdo a la naturaleza del proyecto:

- Ahorro de recursos
- Ahorros de tiempos
- Ahorro en el mantenimiento
- Excedente del productor.

Analizando los beneficios sociales directos identificados para este proyecto, se puede inferir que los ahorros de tiempos de los usuarios no son significativos, porque se trata de mejorar afirmando una vía de solo 25 kilómetros. No se trata de trabajos de infraestructura que acortan distancias, como por ejemplo, un túnel, cuyo ahorro en tiempo de viaje es significativo y se traduce en un beneficio económico para los usuarios valorados utilizando el valor social del tiempo.

#### **a) Operación de Vehículos y Ahorro de recursos**

De acuerdo a la Directiva del Sistema de Inversión Pública el ahorro de Costo de Operación Vehicular a precios económicos para la región de la sierra, en una topografía accidentada, para una superficie afirmada y en un estado malo de conservación el costo modular de operación para buses es de US\$ 1.049-vehículo-Km. (Anexo 10 SNIP). Según indicadores, la frecuencia de viajes es de 6 buses (3 de ida y 3 de vuelta), la distancia es de 25.5 Km., el tipo de cambio es de S/. 3.35 y con una proyección durante el horizonte de operación de 10 años de 0.8 %.



### b) Mantenimiento de la infraestructura y Ahorro de recursos

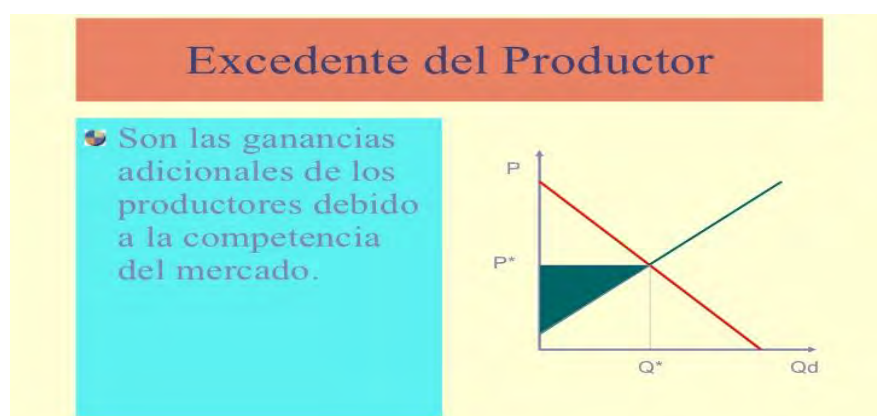
La mejora de la calle cercana ahorrará activos en el mantenimiento de los cimientos al contrastar el gasto de mantenimiento de la oferta mejorada sin la tarea y el gasto de mantenimiento con la empresa. Durante el horizonte de trabajo de la tarea, se deben completar un montón de ejercicios de escalado de trabajo para mantener la calle, el marco de residuos, el control de la vegetación, la señalización y la circunstancia actual de la calle, es decir, un mantenimiento rutinario, varias veces al año. Según norma el otro mantenimiento es el periódico y se realiza cada 3 o 4 años. En este proyecto específico de mejoramiento se realizarán 2 actividades de mantenimiento rutinario con uso intensivo de mano de obra.

### C) Excedente Del Productor.

El impacto económico más importante de la creación de infraestructura económica como carreteras, puentes, energía eléctrica etc., es el de dinamizar el aparato productivo de bienes y servicios de la zona de influencia y estos impactos económicos son medidos por un instrumento importante en economía que es el excedente del productor.

### Figura 17

*Excedente del productor*



El exceso de fabricantes permite estimar las ventajas sociales creadas por los proyectos de emprendimiento abierto en el desarrollo, la restauración o la mejora de las calles a través de los beneficios adicionales de los fabricantes debido a la rivalidad del

mercado. Las intervenciones públicas en infraestructura económica como carreteras, puentes, túneles permiten integrar los centros de producción a los mercados y esta integración incrementa el flujo vehicular para el transporte de bienes y servicios generando mayor competencia en las zonas de influencia de la ejecución del proyecto.(cuadro 24-A excedente del productor)

Se tiene dentro de las áreas de cultivo las de la parte baja, donde se tiene la producción de granos y frutales, entre las cuales tenemos el de mayor importancia la maíz, seguido de leguminosas que son huevo de paloma, pallar, canario, panamito, camanejo y otras variedades. Entre los árboles frutales tenemos: lúcuma, Chirimoya, Paltos, Pacae, Tuna y otras. En la parte alta se tiene el maíz amiláceo; cereal como el trigo, cebada, avena.

Los beneficiarios del proyecto cuentan con terrenos comunales en las partes altas donde se cultiva tubérculos como la papa, olluco, oca; cereales como el trigo, cebada, quinua en poca escala, arvejas, haba y otros.

Existen limitaciones de integración hacia un mercado de consumo de sus productos agrícolas, así como las costumbres ancestrales practicadas en la zona, las cuales registran condiciones de trueque en el intercambio de productos, siendo los equivalentes los siguientes:

### **Producción pecuaria**

Existe producción pecuaria en escala moderada como: caprinos, equinos, porcino y animales menores. Estos productos se comercializan hacia los mercados de mayor consumo como son Ayacucho, Andahuaylas; o en su defecto estos animales son vendidos a los compradores que llegan hasta el domicilio de los comuneros.

De acuerdo a las normas presentadas en el anexo 10 SNIP, se utiliza como instrumento de evaluación social el excedente del productor en caso de nuevas carreteras,

entonces para este proyecto de inversión pública no corresponde utilizar el excedente del productor., porque se trata de mejoramiento del camino vecinal.

Tabla 65: Beneficios Sociales Directos Del Proyecto De Inversión Pública

AÑO	AHORRO DE EN LA OPERACIÓN DE VEHÍCULOS	AHORRO DE RECURSOS EN EL MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA	EXCEDENTE DEL PRODUCTOR
2020	196,247.71	58,500	3 025,434
2021	197,817.69	58,500	3 166,324
2022	199,400.23	58,500	3 312,146
2023	200,995.44	203,300	3 463,071
2024	202,603.40	58,500	3 619,278
2025	204,224.22	58,500	3 780,953
2026	205,858.02	58,500	3 948,286
2027	207,504.88	203,300	4 121,476
2028	209,164.92	58,500	4 300,728
2029	210,838.24	58,500	4 486,253

Elaboración propia

#### **4.3.2 BENEFICIOS SOCIALES INDIRECTOS**

En el caso de los beneficios sociales indirectos es necesario precisar dentro del proceso de evaluación la parte de valoración a nivel de factibilidad, por cuanto las aproximaciones no permiten hallar indicadores que se ajusten a la naturaleza del proyecto de inversión pública. De acuerdo al manual antes indicado se puede considerar los siguientes beneficios sociales indirectos:

- Beneficios de la recaudación de accidentes.
- Mejoras en el medio ambiente.

**Tabla 76:***Beneficios Sociales Indirectos Del Proyecto De Inversión Pública*

AÑO	BENEFICIOS DERIVADOS DE LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES	MEJORAS EN EL MEDIO AMBIENTE
2020	254,800	60,235
2021	254,800	60,235
2022	254,800	60,235
2023	254,800	60,235
2024	254,800	60,235
2025	254,800	60,235
2026	254,800	60,235
2027	254,800	60,235
2028	254,800	60,235
2029	254,800	60,235

FUENTE: Elaboración propia

***4.3.3 EXTERNALIDADES POSITIVAS DERIVADAS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAYARECC-COCHARCAS-COAY Y RIO PAMPAS.***

Se entiende por externalidad los efectos que produce un proyecto en un mercado y que no están incorporados en la relación beneficio/costo. Estas externalidades pueden ser positivas o negativas, dependiendo si generan beneficios externos o costos externos en la economía en su conjunto. Cuando hablamos de externalidades positivas, nos referimos al efecto que genera el sector transportes en el producto bruto interno, a través de la creación y mejoramiento de la infraestructura económica, como por ejemplo, la construcción de carreteras de diferentes tipos, el mejoramiento de carreteras, la construcción de puentes, la

construcción de túneles que permiten integrar los centros de producción a los mercados. El sector transportes es un sector básico para el crecimiento de la economía. En el caso específico del proyecto Mejoramiento Del Camino Vecinal Sayarecc – Cocharcas – Coay – Rio Pampas, Del Distrito De Cocharcas – Chincheros – Apurímac, se trata de un tramo corto (25.5 Km.) y no es una carretera nueva, por lo tanto, la externalidad positiva, es decir, el beneficio social externo es pequeño.

**Tabla 87:**

*Externalidades Positivas Del Proyecto De Inversión Pública*

AÑO	EXTERNALIDADES POSITIVAS
2020	55,320
2021	55,320
2022	55,320
2023	55,320
2024	55,320
2025	55,320
2026	55,320
2027	55,320
2028	55,320
2029	55,320

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.4 COSTOS SOCIALES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAYARECC-COCHARCAS- COAY Y RIO PAMPAS.**

Dentro de los costos sociales para un proyecto de La mejora sólo considera los costes de actividad y mantenimiento durante el horizonte de trabajo de la empresa, los gastos no son a costes de mercado, sino a costes sociales y son gastos sociales inmediatos.

Durante el periodo de funcionamiento de la empresa, hay que realizar una serie de trabajos serios para mantener la calle, el marco de residuos, el control de la vegetación, la señalización y el clima de la calle, es decir, un mantenimiento rutinario, varias veces al año.

Según norma el otro mantenimiento es el periódico y se realiza cada 3 o 4 años. En este proyecto específico de mejoramiento de camino vecinal se realizarán 2 actividades de mantenimiento rutinario con uso intensivo de mano de obra y cada 3 años un mantenimiento periódico.

**Tabla 28:**

*Costos Sociales Directos Del Proyecto De Inversión Pública*

AÑO	MANTENIMIENTO RUTINARIO	MANTENIMIENTO PERIÓDICO	TOTAL DE COSTOS SOCIALES DIRECTOS
2020	116,200		116,200
2021	116,200		116,200
2022	116,200	364,500	480,700
2023	116,200		116,200
2024	116,200		116,200
2025	116,200	364,500	480,700
2026	116,200		116,200
2027	116,200		116,200
2028	116,200	364,500	480,700
2029	116,200		116,200

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.5 LA INVERSIÓN DEL PROYECTO A PRECIOS SOCIALES**

El costo del proyecto ha sido elaborado considerando que el proyecto se ejecutará bajo la modalidad de concurso oferta; el monto total asciende a S/. 13, 804,513.49 Trece Millones Ochocientos Cuatro Mil Quinientos Trece Y 49/100 Soles, incluye: (costo directo, gastos generales e impuestos de ley).

**Tabla 29***Inversión de proyecto*

<b>Costo Directo</b>	<b>9,596,997.74</b>
Gastos Generales 10%	959,699.77
Utilidad 5%	479,849.89
Sub Total	11,036,547.40
IGV 18%	1,986,578.53
Total Presupuesto	13,023,125.93
Supervisión 6%	781,387.56
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>13,804,513.49</b>

Nota Fuente Elaboración propia

La inversión de precios de mercado que se considera en el periodo de ejecución asciende a S/.13 804,513.49, este monto no representa el valor real de la utilización de este recurso, porque existe discrepancia entre los valores privados y los valores sociales debido a una serie de distorsiones e imperfecciones que se presentan en la economía. El primer paso para corregir los precios de mercado a precios sociales es eliminar los impuestos, porque se trata de una distorsión de la economía al considerarse solo como una transferencia de recursos.

INVERSIÓN	= COSTO TOTAL	IMPUESTOS
INVERSIÓN	= 13 804,513.49	1 986,578.53
INVERSIÓN	= S/. 11 817,934.96	

El factor de corrección para la inversión es de 0.75

INVERSIÓN A PRECIOS SOCIALES	=	FACTOR DE CORRECCIÓN	X	A	INVERSIÓN PRECIOS DE MERCADO
INVERSIÓN a p. s.	=	0.75	X		11 817,934.96

INVERSION A PRECIOS SOCIALES = S/. 8 863,451.22

#### **4.6 TASA SOCIAL DE DESCUENTO PERTINENTE A LA EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE UNA CARRETERA.**

La tasa de descuento social es un límite público que refleja el gasto ocasionado por la sociedad cuando el área pública utiliza activos de la economía para financiar proyectos de inversión en la creación de infraestructura económica e infraestructura social que corresponden al estado desarrollarlas. La creación de Capital Social Físico en el país le permite desarrollar al estado una política expansiva que le permita inducir al sector privado a invertir en la zona de creación.

La tasa social de descuento se utiliza para actualizar los flujos de fondos futuros que origina el proyecto mejoramiento de una carretera durante su horizonte de operación, es decir, compara los beneficios sociales que genera este proyecto con la inversión en el periodo pre operativo más los costos de operación y mantenimiento.

Si la evaluación del proyecto se realiza a precios reales o a precios corrientes se utiliza la Tasa de Descuento General de la economía que es equivalente a 9 %



**Tabla 30: Flujo De Caja Social**

Nota Fuente Elaboración propia

<b>CONCEPTO</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL a precios sociales</b>	8 863,451										
<b>I.- BENEFICIOS SOCIALES</b>		<b>3 595,217</b>	<b>3 737,677</b>	<b>3 885,081</b>	<b>4 182,401</b>	<b>4 195,416</b>	<b>4 358,712</b>	<b>4 527,679</b>	<b>4 847,316</b>	<b>4 883,428</b>	<b>5 070,626</b>
<b>A) BENEFICIOS DIRECTOS</b>		3 280,182	3 422,642	3 570,046	3 867,366	3 880,381	4 043,677	4 212,644	4 532,281	4 568,393	4 755,591
-Ahorro de recursos en la operación de vehículos.		196,248	197,818	199,400	200,995	202.603	204,224	205,858	207,505	209,165	210,838
-Ahorro de recursos en el mantenimiento de la infraestructura		58,500	58,500	58,500	203,300	58,500	58,500	58,500	203,300	58,500	58,500
-Excedente del productor		3 025,434	3 166,324	3 312,146	3 463,071	3 619,278	3 780,953	3 948,286	4 121,476	4 300,728	4 486,253
<b>B) BENEFICIOS INDIRECTOS</b>		315,035	315,035	315,035	315,035	315,035	315,035	315,035	315,035	315,035	315,035
-Beneficios derivados de la reducción de accidentes		254,800	254,800	254,800	254,800	254,800	254,800	254,800	254,800	254,800	254,800
-Mejoras en el medio ambiente		60,235	60,235	60,235	60,235	60,235	60,235	60,235	60,235	60,235	60,235
<b>C) EXTERNALIDADES POSITIVAS</b>		55,320	55,320	55,320	55,320	55,320	55,320	55,320	55,320	55,320	55,320
<b>II.- COSTOS SOCIALES</b>		<b>116,200</b>	<b>116,200</b>	<b>480,700</b>	<b>116,200</b>	<b>116,200</b>	<b>480,700</b>	<b>116,200</b>	<b>116,200</b>	<b>480,700</b>	<b>116,200</b>
<b>FLUJO DE CAJA SOCIAL</b>		<b>3 479,017</b>	<b>3 621,477</b>	<b>3 404,381</b>	<b>4 066,201</b>	<b>4 079,216</b>	<b>3 878,012</b>	<b>4 411,479</b>	<b>4 731,116</b>	<b>4 402,728</b>	<b>4 954,426</b>

Para estimar la rentabilidad social del proyecto de inversión pública: Mejoramiento del camino vecinal Sayarecc – Cocharcas – Coay – Rio Pampas, del distrito de Cocharcas – Chincheros – Apurimac

Se utilizará la metodología Beneficio/Costo, a partir de la comprensión de los beneficios sociales con los costos sociales que se presentan en el cuadro N° 4.7 FLUJO DE CAJA SOCIAL.

La Tasa Interna Social (TIRES) es de 41 %, cifra superior a la Tasa de Descuento General para la economía que es del 9 % y que representa el costo social de los recursos utilizados por el estado y que son generados a través de los impuestos.

El Valor Actual Neto a costos sociales o también llamado Valor Actual Neto a costos de competencia (NPVEN) es de S/. 15, 373,339 y refleja la actualización del Flujo de Caja Social utilizando el ritmo de rebaja significativo del 9%, que es la Tasa de Descuento Social General. El NPVEN es positivo y refleja que una vez recuperado el emprendimiento y los costos de actividad y mantenimiento, el emprendimiento tendrá un VAN positivo., el PIP genera un beneficio social adicional de S/. 15 373,339. Como se puede observar, los indicadores no son muy altos, porque no se trata de una carretera nueva asfaltada, de varios carriles y que soporta una frecuencia alta de vehículos; sino, de un mejoramiento de un camino vecinal y en un trecho corto.

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

La información de las 14 inclinaciones exploradas se investigó utilizando la programación Slide v7.0 (Limit Equilibrium), no se establecieron realmente las variables de seguridad en las inclinaciones del suelo y la roca para distinguir las regiones inestables en la Ro. Pampas: estanques inclinados a las avalanchas. Se utilizó la norma Mohr-Coulomb para las inclinaciones de suelo, mientras que la base Hoek-Brown sumada se utilizó para las inclinaciones de roca. Las inclinaciones se examinaron en condiciones típicas, con materiales completamente sumergidos y acción sísmica. Para las condiciones ordinarias, la litología, la geografía, las cargas estáticas y las propiedades de los factores geomecánicos de los; Para la revisión en la programación Slide v7.0 se utilizaron las estrategias Spencer, GLE/Morgenstern-Price y Sarma, que son las filosofías de examen más sólidas y complejas, sostenidas por dispositivos de programación que hacen un examen exhaustivo. Los enfoques suelen ser iterativos y cada uno tiene un nivel de precisión distinto (Suárez, J. 2009). Las tablas 24 y 25 resumen las pendientes obtenidas.

Tabla 91:

Taludes analizados y de factores de seguridad

FACTOR DE SEGURIDAD					
TALUD	UNIDAD GEOLOGICA	CONDICIÓN	MÉTODO		
			Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
1-1'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.065	1.072	1.065
		Saturación Total	0.299	0.286	0.303
		Sismicidad Máxima	0.784	0.797	0.732
2-2'	Calizas (Ki-pa)	Normal	1.341	1.316	1.310
		Saturación Total	0.237	0.238	0.227
		Sismicidad Máxima	0.980	0.899	0.908
3-3'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.021	1.024	1.024
		Saturación Total	0.338	0.331	0.375
		Sismicidad Máxima	0.721	0.712	0.711
4-4'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.049	1.052	1.048
		Saturación Total	0.290	0.275	0.383
		Sismicidad Máxima	0.770	0.737	0.720
5-5'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.026	1.034	1.022
		Saturación Total	0.193	0.193	0.190
		Sismicidad Máxima	0.807	0.730	0.704
6-6'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.025	1.016	1.072
		Saturación Total	0.127	0.127	0.121
		Sismicidad Máxima	0.667	0.675	0.672
7-7'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.034	1.033	1.177
		Saturación Total	0.091	0.091	0.091
		Sismicidad Máxima	0.680	0.683	0.685
8-8'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.377	1.372	1.372
		Saturación Total	0.927	0.904	0.934
		Sismicidad Máxima	1.234	1.233	1.238
9-9'	Depósitos Aluviales (Qh-al)	Normal	1.981	1.975	1.983
		Saturación Total	1.302	1.308	1.327
		Sismicidad Máxima	1.584	1.584	1.587
10-10'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.448	1.449	1.446
		Saturación Total	0.938	0.934	0.996
		Sismicidad Máxima	1.175	1.174	1.174
11-11'	Depósitos Coluvioaluviales (Qh-co/al)	Normal	1.124	1.132	1.123
		Saturación Total	0.394	0.389	0.425
		Sismicidad Máxima	0.858	0.800	0.789

Nota: Elaboración propia

**Tabla 102:**

*Factores de seguridad de los taludes.*

FACTOR DE SEGURIDAD					
TALUD	UNIDAD GEOLÓGICA	CONDICIÓN	MÉTODO		
			Spencer	GLE/Morgenstern-Price	Sarma
12-12'	Calizas (Ki-pa)	Normal	2.118	2.117	2.114
		Saturación Total	0.234	0.215	0.233
		Sismicidad Máxima	1.500	1.499	1.436
13-13'	Depósitos Aluviales (Qh-al)	Normal	1.111	1.110	1.281
		Saturación Total	0.138	0.133	0.239
		Sismicidad Máxima	0.763	0.762	0.765
14-14'	Calizas (Ks-p)	Normal	2.358	2.360	2.354
		Saturación Total	1.446	1.448	1.457
		Sismicidad Máxima	1.485	1.486	1.480

Nota: Elaboración propia

## 5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

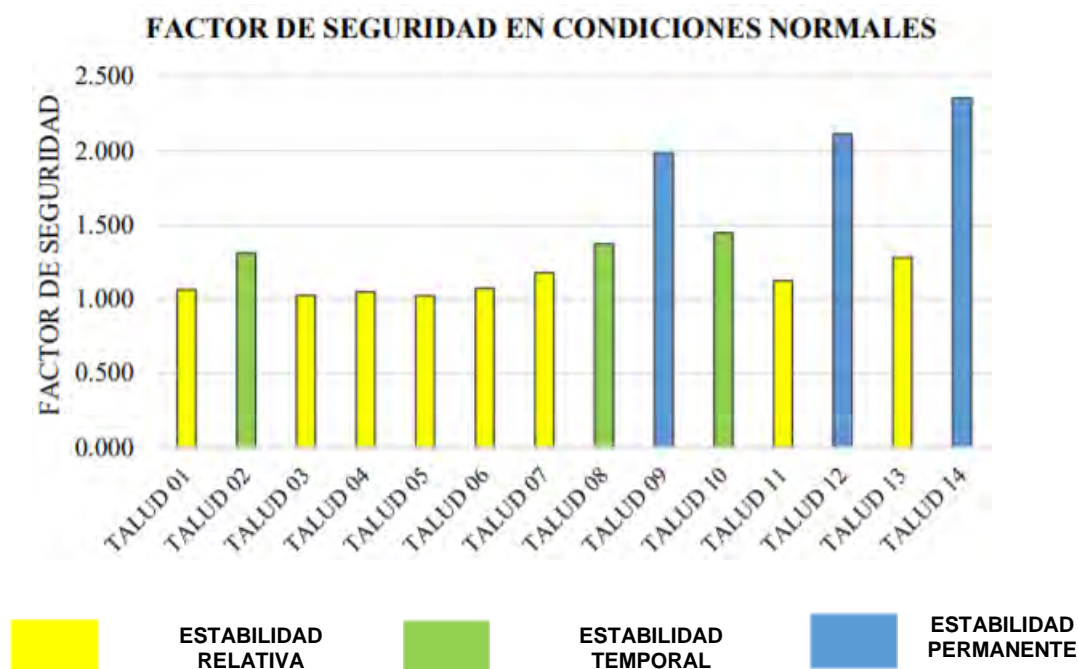
### 5.2.1 INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS- GEOTÉCNICOS EN LA INESTABILIDAD

En la región de investigación, Las inclinaciones más inestables son las de los almacenes cuaternarios, que son suelos gruesos con abundantes suciedades y finos limosos, con frecuencia excepcionalmente evaluados o con una granulometría espasmódica; muestran endeblez en las condiciones aplicadas 03. Si bien las pendientes rocosas son más estables en su estado natural, cambian cuando los materiales están saturados o sujetos a actividad sísmica. Sin embargo, la resistencia también depende de las cualidades físicas de la y la topografía tanto en el suelo como en las pendientes rocosas. Estos elementos, cuando se combinan con consideraciones geológicas y geotécnicas, tienen un efecto sobre los resultados finales de los exámenes en las tres situaciones probadas.); El elemento de seguridad del método Sarma se utilizará para examinar los resultados de esta investigación. En condiciones típicas, las pendientes 01, 03, 04, 05, 06, 07, 11 y 13 exhiben una estabilidad relativa; sus factores de seguridad oscilan entre 1,00 y 1,29; están hechas de almacenes cuaternarios; están situadas geomorfológicamente en territorio con inclinaciones que van de 25 a 45 grados; y fueron analizadas utilizando la regla de Mohr-Coulomb.Coulomb.

Los taludes 02, 08, 10 y 14 muestran una dependencia transitoria; la parte de seguridad de estos taludes está en el rango de 1,30 y 1,48; el talud 02 está hecho de caliza del Grupo Pucara, mientras que los taludes 08, 10 y 15 están hechos de almacenes cuaternarios y están situados en inclinaciones que van de 15 a 25grados. Las pendientes 09, 12 y 14 son permanentemente estables, con un factor de seguridad de entre 1,50 y 2,99; los taludes 12 y 14 están compuestos por piedra caliza del Grupo Pucara.

**Figura 40**

*Factor de seguridad de taludes normales*

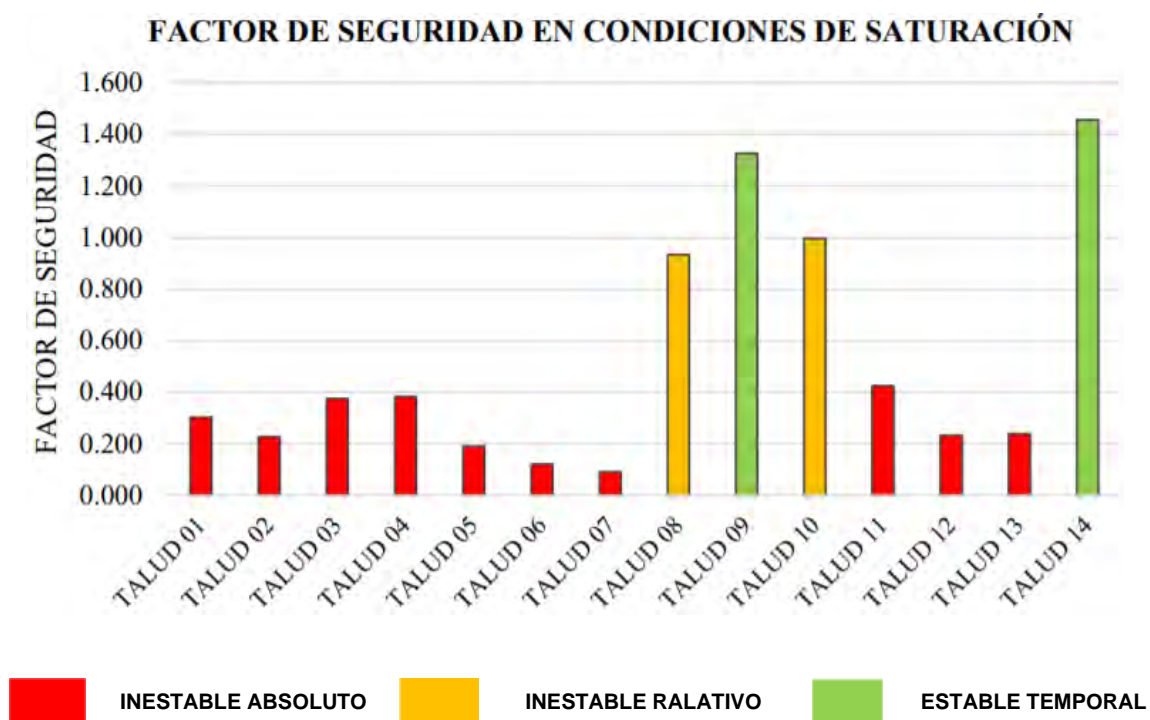


En condiciones de inmersión, las inclinaciones 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 11, 12, 13 presentan una precariedad absoluta; el elemento de seguridad pasa de 0,00 a 0,89; el sistema de deformación en las inclinaciones (superficie de deslizamiento) es un estallido rotacional; la tembladera de las inclinaciones 02 y 12, de piedra caliza, se ve afectada por el cálculo de la inclinación. Las correderas 08, 10 y 14 muestran un peligro relativo, con un elemento de seguridad de 0,90 a 0,99. Las inclinaciones 09 y 14 muestran una fuerza breve, con la

superficie de la falla en el talud 14 ubicada en la base del talud cerca de depósitos coluviales-aluviales.

**Figura 41**

*Factor de seguridad de taludes en saturación.*



Los siguientes elementos se consideran al evaluar las condiciones sísmicas:

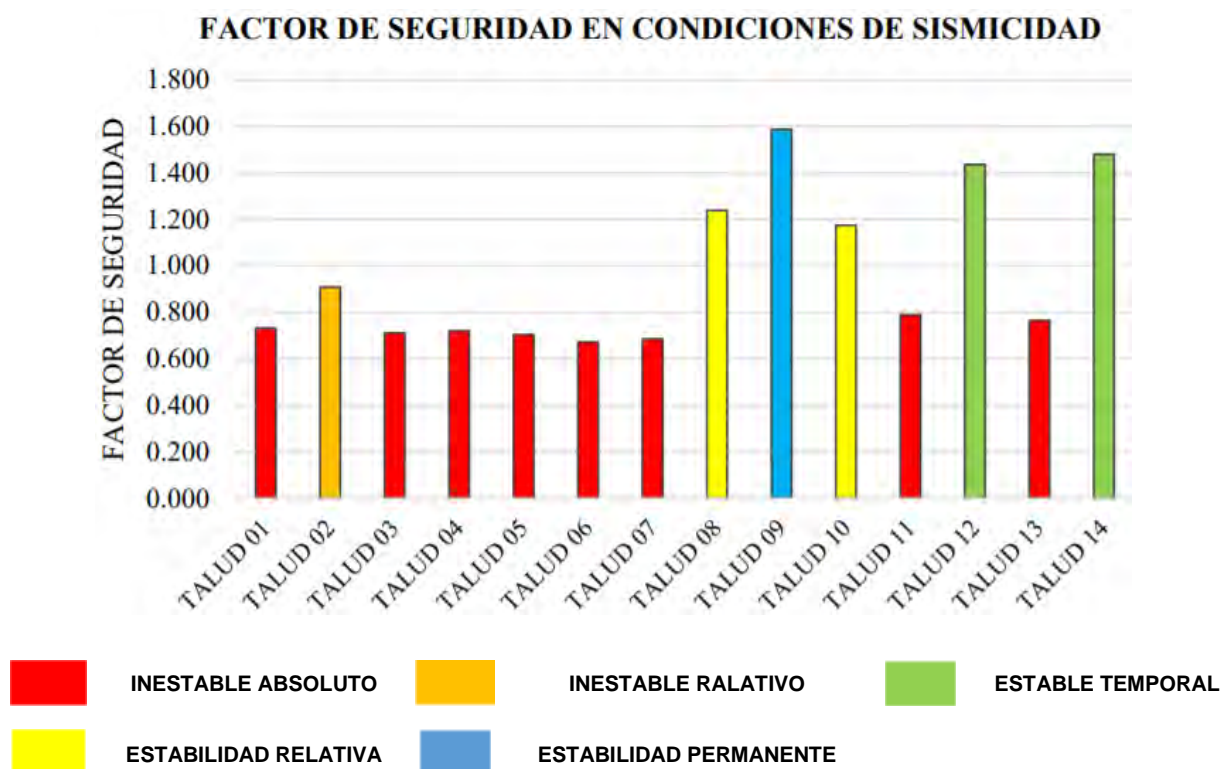
- Tres zonas sísmicas; aceleración máxima de 0.3-0.4 gal = 0.35 gal (promedio)
- Categorización de perfiles estratigráficos: B (1,25, suelos duros, cohesión media a alta)
- Amplificación estratigráfica "Kh" = 0,263
- Parámetros de zona "Kv" = 0.132

Las inclinaciones 01, 03, 04, 05, 06, 07, 11 y 13 muestran una precariedad absoluta bajo condiciones sísmicas debido a su disposición de almacenes cuaternarios y a sus propiedades topográficas, geotécnicas y matemáticas. La inclinación 02, formada por calizas del Grupo Pucara, muestra una relativa inseguridad, dictada básicamente por la geografía de la inclinación. Las inclinaciones 08 y 10 muestran una relativa solidez debido a la geografía

del talud y a las propiedades geomecánicas de las suiedades que crean los taludes. Las inclinaciones 12 y 14 muestran una solidez transitoria y están formadas por piedra caliza del Grupo Pucara; sus propiedades geomecánicas influyen en su estabilidad.

**Figura 182**

*Factor de seguridad de taludes en sismicidad.*



### **5.2.2 ZONIFICACIÓN DE ESTABILIDAD SEGÚN EL FACTOR DE SEGURIDAD**

Para pendientes temporales, el factor de seguridad debería ser de aproximadamente 1,3, aunque se pueden utilizar valores más bajos. La sonicación en la región de investigación de la carretera Ro Pampas - Cocharcas fue clasificada usando las técnicas Spencer, GLE / Morgenstern-Price y Sarma y los factores de seguridad de taludes estimados usando las condiciones 03 y las técnicas Spencer, GLE / Morgenstern-Price y Sarma. . Esto se logró mediante la aplicación del esquema de clasificación indicado en la tabla.



**Tabla 113:***Factores de seguridad y Zonificación del área.*

FACTOR DE SEGURIDAD	
RANGO	ESTADO DEL TALUD
0.00 - 0.89	Inestable Absoluto
0.90 - 0.99	Inestable Relativo
1.00 - 1.29	Estable Relativo
1.30 - 1.49	Estable Temporalmente
1.50 - 2.99	Estable Permanentemente
3.00 - 15.00	Estable Absoluto
Fuente: Hoek, E. 2007	

Nota: recuperado de (Hoek, 2002).

### 5.3 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La precariedad de la pendiente de la calle Ro Pampas - Cocharcas - Chincheros - Apurímac está afectada por factores geomecánicos, geotécnicos del terreno, matemáticos y de replanteo. Rocas de racimo. Son afectadas por expertos geodinámicos externos que disuelven los suelos y sacuden, provocando la ruptura y denudación del material, disminuyendo su solidaridad y cambiando sus propiedades geomecánicas. Los elementos geométricos que afectan la pendiente, como la altura, la pendiente y la posición topográfica, contribuyen a la inestabilidad de la pendiente.

## CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

En primer lugar, los procesos geodinámicos externos e internos han ajustado las propiedades geomecánicas del talud, afectando la tembloridad del mismo, la cual se incrementa con las variables de inmersión y los disparos de sismicidad.

En segundo lugar, los deslizamientos inspeccionados de la calle Ro Pampas - Cocharcas - Chincheros - Apurimac están generalmente constituidos por depósitos aluviales, coluviales-aluviales y deluviales cuaternarios de calizas del Grupo Pucará, y se ubican en pendientes pronunciadas ( $15^\circ - 25^\circ$ ) y empinadas ( $> 45^\circ$ ).

Tercero, el componente de seguridad identificado durante la investigación varía según los entornos en los que se utiliza (normal. Debido a estos factores (saturación y sismicidad), las pendientes se clasifican en absoluta inestable, relativa inestable, temporal estable o permanente estable.

Cuarto, las pendientes 01, 03, 04, 05, 06, 07, 11 y 13 exhiben una estabilidad relativa en condiciones típicas; su elemento de seguridad oscila entre 1,00 y 1,29. En condiciones de saturación, las pendientes 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, así como las pendientes 11, 12 y 13, presentan una inestabilidad total, con un elemento de seguridad que va de 0,00 a 0,89; las pendientes 10 y 14 son normalmente moderadamente estables, con una variable de seguridad que va de 0,90 a 0,99. Las pendientes 01, 03, 04, 05, 06, 07, 11 y 13 se clasifican como absolutamente inestables en condiciones sísmicas, mientras que la pendiente 02 se clasifica como relativa inestable; las pendientes restantes son estables..

## 6.2. RECOMENDACIONES

Primero, durante las épocas de lluvias, las pendientes se vuelven más inestables, en particular las compuestas por depósitos cuaternarios, por lo que se estudian continuamente las zonas generalmente propensas a las avalanchas durante la estación seca, con obras de alivio, por ejemplo, coronación de canales litúrgicos, en las marcas reconocidas de mayor vulnerabilidad.

En segundo lugar, se prescribe la realización de pruebas geomecánicas más explícitas de los suelos y de los declives en bruto para obtener resultados más precisos, como en este estudio para la tesis actual, se emplearon estimaciones empíricas de datos de campo y luego se procesaron en software como RocData y Slide. Slide y RocData.

Tercero, se recomiendan trabajos de estabilidad en los arroyos, ya que se ha observado abundante material suelto por deslizamientos y procesos de meteorización, así como el factor antrópico, en los canales, y este material es susceptible de ser transportado en forma de huaycos durante períodos de lluvias excepcionales, que afectan directamente a la carretera..

## BIBLIOGRAFÍA

- Almaguer, Y. (2005). *Evaluación De La Susceptibilidad Del Terreno A La Rotura Por Desarrollo De Deslizamientos En El Yacimiento Punta Gorda*. *Revista Minería y Geología*. Recuperado el 19 de diciembre de 2013, de <http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/viewFile/1>.
- Badillo, E. J. (2005). *Fundamento de la Mecánica de Suelos*. México: Noriega Editores.
- Braja M, D. (1999). *Fundamentos de Ingenieria Geotécnia*. Mexico: Thomson Editores.
- Brown, H., E, C., & Carranza-Torres, C. C. (2002). *El criterio de Rotura de Hoek - Brown*, Minnesota, EE.UU Obtenido . E.E.U.U.
- Comunicaciones., M. d. (2013). *Estudio Complementario de estabilidad de Taludes y Aduacion del expediente técnico de la carretera Tingo Maria – Aguayttia, Tramo 1.2: Km 15+200 – Km 51+551. P.10*. Recuperado el 08 de noviembre de 2013, de Perú: [http://gis.proviasnac.gob.pe/pte\\_pumahuasi-](http://gis.proviasnac.gob.pe/pte_pumahuasi-).
- Davila, J. (2011). *Diccionario Geológico*. . Lima: INGEMMET.
- España, I. T. (1987). *ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS POR desprendimientos en Jiraba de Ludientes*. Madrid.
- F. de Matteis, Á. *Geología y Geotecnia. tesis pregrado*. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Obteni, ARGENTINA.
- GEMMA, G. (2004). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de*. Lima. LIMA.
- Gonzales, L. (2015). *INGENIERÍA GEOLÓGICA en terrenos volcánicos, métodos, técnicas y experiencias en las Islas Canarias*. Madrid: Luis Enrique Hernandez.

- González, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Editorial Isabel Capella.
- Granados, A. Estabilización del talud de la Costa Verde en la zona del distrito de Barranco.  
*tesis pregrado*. Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima.
- Hoek, E. C. (2002). *El criterio de rotura de Hoek-Brown*. Minnesota, EE.UU. Minesota.
- Hoek, E. C.-T. (2002). *El criterio de rotura de Hoek-Brown*. Minnesota,, EE.UU. Obtenido de <https://www.rocscience.com/documents/pdfs/uploads/7713.pdf>. EEUU.
- Hoyos, F. (2012). *Geotecnia Diccionario Básico (Primera ed.)*. Medellín.
- Campos, O. A. (Inestabilidad de Laderas. Elementos BUAP, 84.). 2011.
- Keefer, D. (1984). *Geol.Soc Am. Bull.*
- Kerguelen, A. Análisis Probabilístico de Estabilidad de Taludes. *Tesis de postgrado*.  
Uniandes, COLOMBIA.
- Pacheco, A. Estabilización del talud de la Costa Verde en la zona del dsitrito de San Isidro.  
*Tesis pregrado*. Universidad Pontificia Católica del Perú, Lima.
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de rocas : fundamentos e ingeniería de taludes*. Madrid.
- Segura, G., Badilla, E., & Obando, L. (2011). SUSCEPTIBILIDAD AL  
DESLIZAMIENTO EN EL CORREDOR Siquirres - Turrialba. *Revista Geológica de América Central*, 21.
- Suarez, J. (2009). *Analisis Geotecnico*. Bucaramanga, Colombia : Publicaciones UIS.  
COLOMBIA.
- Suárez, J. (2012). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. Bucaramanga.

Urrutia, P. Análisis dinámico de estabilidad por elementos finitos de los taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores. *tesis pregrado*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Vallejo, L. &. (2004). *Ingeniería Geológica. Madrid, España: Pearson Educacion*.  
MADRID.

Vilchez, M. (2010). *Inspección de peligros geológicos en los sectores de Santa Bárbara y Potocchi*. Lima: Ingemmet.