

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD OCASIONADO POR
AMENAZAS NATURALES CON LA FINALIDAD DE MEJORAR
LA TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA CONQUE –
TAMBO, PROVINCIA DE YAROWILCA - HUÁNUCO 2018”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

JHOEL MICHAEL SABINO GARCÍA

ASESOR:

ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA

**HUÁNUCO – PERÚ
2019**

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme vida, salud y sabiduría para seguir adelante y permitirme llegar a este punto de la vida de poder realizar este proyecto.

A MIS PADRES

Que sin ellos no hubiera logrado una meta más en vida. Mamá y Papá, gracias por estar a mi lado en esta etapa de mi vida, el apoyo moral y entusiasmo que me brindan para seguir adelante en mis propósitos.

A MIS HERMANOS

Por estar siempre a mi lado, con su apoyo incondicional y animarme a seguir persiguiendo mis metas en este arduo camino de la vida.

RESUMEN

Actualmente en las zonas rurales del Perú, muchas carreteras son de característica de trocha, estas no están adecuadas para soportar las variedades de peligros de fenómeno natural que existen en nuestro país. Por lo que podemos decir que muchos sectores las carreteras son vulnerables a los peligros o amenazas que el fenómeno natural ocasiona. Esto como problema trae que los vehículos no puedan transitar con fluidez, el comercio se ve afectado, etc.

Todo ello tiene un impacto negativo en el crecimiento económico de la población. por esta razón es necesario, incorporar la vulnerabilidad de la carretera, para ello las comunidades están inmersas en un entorno cambiante y dinámico, que incluye no solo las condiciones económicas y sociales sino también físicas (sismos, inundaciones, lluvias intensas, deslizamientos, sequías entre otros), cuando una comunidad es afectado por un peligro, se genera la interrupción parcial o total del servicio públicos, gasto en rehabilitación, pérdidas económicas, físicas y sociales para los usuarios.

Para ello se determina la vulnerabilidad ocasionado por amenazas naturales para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque – Tambo, con lo que se puede concluir que el peligro de la geodinámica externa que se calculó con la matriz Saaty y la metodología de CENEPRED teniendo como factor de evaluación la frecuencia de eventos extremos, factor desencadenante la precipitación y de factor condicionante geología, geomorfología, suelo y pendiente para le evaluación de flujo de detritos. Se obtuvo en los 600m de la carretera de Conque – Tambo el nivel de PELIGROSIDAD MUY ALTO por la activación de la quebrada.

Palabras claves: vulnerabilidad, amenazas, transitabilidad, condicionante y desencadenante

SUMMARY

Currently in rural areas of Peru, many roads are characteristic of a trail, these are not suitable to withstand the varieties of natural phenomenon hazards that exist in our country. So we can say that many sectors of the roads are vulnerable to the dangers or threats that the natural phenomenon causes. This as a problem brings that vehicles cannot move smoothly, trade is affected, etc.

All this has a negative impact on the economic growth of the population. For this reason, it is necessary to incorporate the vulnerability of the road, for this the communities are immersed in a changing and dynamic environment, which includes not only economic and social conditions but also physical conditions (earthquakes, floods, heavy rains, landslides, droughts between others), when a community is affected by a danger, the partial or total interruption of public services, rehabilitation expenses, economic, physical and social losses for users is generated.

For this purpose, the vulnerability caused by natural threats is determined to improve the possibility of the Conque - Tambo highway, with which it can be concluded that the danger of external geodynamics that was calculated with the Saaty matrix and the CENEPRED methodology having as a factor of evaluation of the frequency of extreme events, precipitation triggering factor and geology, geomorphology, soil and slope conditioning factor for the evaluation of detritus flow. The VERY HIGH HAZARDOUS level was obtained in 600m of the Conque - Tambo road due to the activation of the ravine.

Keywords: vulnerability, threats, passability, conditioning and trigger

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
SUMMARY	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Antecedentes relacionados al tema	2
1.2 Investigación bibliográfica.....	5
1.2.1 Riesgo	5
1.2.2 Características físicas de la cuenca	7
1.2.3 Fundamentos teóricos geológicos	8
1.2.4 Clasificación de los procesos de remoción en masa	10
1.2.5 Clasificación de los procesos de remoción en masa de acuerdo al mecanismo de movimiento	11
1.2.6 Metodología de Pavimento Rígido AASHTO 93	20
1.2.7 Tipos de pavimento de concreto	22
1.3 Definición de términos básicos:.....	29
1.4 Objetivos.....	33
1.4.1 Objetivo general:.....	33
1.4.2 Objetivos específicos:	33
1.5 Hipótesis	33
1.5.1 Hipótesis general:.....	33
1.5.2 Hipótesis específicas:	33
1.6 Variables	34
1.7 Operación de variables.....	35
1.8 Población.....	36
1.9 Muestra	36
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO	37
2.1 Nivel y tipo de investigación:	37
2.2 Diseño de la investigación:	37
2.3 Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos:	38
2.4 Procesamiento y presentación de datos:.....	38
CAPITULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39

3.1 Ubicación geográfica	39
3.2 Accesibilidad.....	40
3.3 Altitud	41
3.4 Clima.....	41
3.5 Recursos naturales	42
3.6 Estudio de tráfico	42
3.7 Características geométricas de la carretera.	44
3.8 Estudio de hidrología e hidráulica	45
3.9 Estudio de suelos.....	47
3.10 Estudio de geología y geotecnia.....	47
3.11 Aspecto geológico y geomorfológico de evaluación	49
3.12 Pendiente.....	54
3.13 Determinar los niveles de peligrosidad.....	56
3.13.1 Parámetro de evaluación	58
3.13.2 Factor desencadenante	60
3.13.3 Factores condicionantes	62
3.13.4 Niveles de peligro	68
3.14 Transitabilidad	71
3.14.1 Metodología de diseño de Pavimento rígido MTC.....	71
3.14.2 Metodología de diseño de pavimento rígido AASHTO 93.....	79
3.15 Alternativa de solución	80
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Clasificación De Cuencas Según Su Tamaño	7
Cuadro N° 2: Operación De Variables	35
Cuadro N° 3: Altitud Y Coordenadas UTM De La Carretera	40
Cuadro N° 4: Accesibilidad A La Carretera En Estudio	40
Cuadro N° 5: Cuadro De Definición De Estaciones.....	42
Cuadro N° 6: Cálculo Del Índice Medio Diario Semanal (IMDS)	43
Cuadro N° 7: Proyección Del Índice Medio Diario Anual (Imdan)	44
Cuadro N° 8: Cálculo Del Índice Vehicular Acumulado En 5 Años	44
Cuadro N° 9: Estaciones Pluviométricas En La Zona Del Estudio.	46
Cuadro N° 10: Periodo De Retorno, Según Obra De Arte	46
Cuadro N° 11: Rocas Metamórficas	48
Cuadro N° 12: Procesos Geodinámicas Identificados En El Tramo	49
Cuadro N° 13: Clasificación De Materiales De Corte	49
Cuadro N° 14: Matriz De Comparación De Pares Del Parámetro Frecuencia	58
Cuadro N° 15: Matriz De Normalización De Pares Del Parámetro Frecuencia	59
Cuadro N° 16: Matriz De Comparación De Pares Del Parámetro Precipitación	60
Cuadro N° 17: Matriz De Normalización De Pares Del Parámetro Precipitación	60
Cuadro N° 18: Matriz De Comparación De Pares De Los Factores Condicionantes.....	62
Cuadro N° 19: Matriz De Normalización De Pares De Los Factores Condicionantes ..	62
Cuadro N° 20: Matriz De Comparación De Pares Del Parámetro Geológico	63
Cuadro N° 21: Matriz De Normalización De Pares Del Parámetro Geológico.....	63
Cuadro N° 22: Matriz De Comparación De Pares Del Parámetro Geomorfológico	64
Cuadro N° 23: Matriz De Normalización De Pares Del Parámetro Geomorfológico	64
Cuadro N° 24: Matriz De Comparación De Pares Del Parámetro Suelo	65
Cuadro N° 25: Matriz De Normalización De Pares Del Parámetro Suelo	66
Cuadro N° 26: Matriz De Comparación De Pares Del Parámetro Pendiente	67
Cuadro N° 27: Matriz De Normalización De Pares Del Parámetro Pendiente	67
Cuadro N° 28: Cálculo De Los Factores Desencadenantes	68
Cuadro N° 29: Cálculo De Los Factores Condicionantes	68
Cuadro N° 30: Cálculo De Parámetro De Evaluación	69
Cuadro N° 31: Niveles De Peligrosidad	69
Cuadro N° 32: Tipo De Tráfico Pesado.....	71

Cuadro N° 33: Índice De Serviciabilidad	72
Cuadro N° 34: Confiabilidad	73
Cuadro N° 35: Correlación De CBR	74
Cuadro N° 36: Valores De Resistencia Del Concreto	74
Cuadro N° 37: Condición Del Drenaje	75
Cuadro N° 38: Coeficiente De Drenaje	75
Cuadro N° 39: Transmisión De Carga	75
Cuadro N° 40: Cuadro De Estructura De Pavimento Rígido	77
Cuadro N° 41: Juntas Recomendadas	78

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: Mapa Geológico	51
Mapa N° 2: Mapa Geomorfológico	52
Mapa N° 3: Mapa Hidrogeológico	53
Mapa N° 4: Mapa De Pendientes	55
Mapa N° 5: Mapa De Infraestructura Expuesta.....	57
Mapa N° 6: Mapa De Precipitaciones	61
Mapa N° 7: Mapa De Peligro	70

ÍNDICE DE FIGURA

Figura N° 1: Derrumbes Y Caídas De Bloques	11
Figura N° 2: Volcamiento O Basculamiento	13
Figura N° 3: Reptación De Suelos	14
Figura N° 4: Deslizamientos Peliculares O Superficiales	15
Figura N° 5: Deslizamientos Rotacionales O Circulares.....	16
Figura N° 6: Deslizamiento Traslacionales	17
Figura N° 7: Deslizamientos Complejos.	18
Figura N° 8: Deslizamiento Compuesto	18
Figura N° 9: Esquema Del Comportamiento De Pavimentos	20
Figura N° 10: Pavimento De Concreto Simple Sin Pasadores	23
Figura N° 11: Pavimento De Concreto Simple Con Pasadores	24
Figura N° 12: Pavimento De Concreto Reforzado	24
Figura N° 13: Pavimento Con Refuerzo Continuo	25
Figura N° 14: Tipos De Juntas De Contracción	26
Figura N° 15: Tipos De Juntas De Construcción	27
Figura N° 16: Tipos De Juntas De Expansión	27
Figura N° 17: Área De Estudio Carretera Conque - Tambo	36
Figura N° 18: Ubicación Geográfica	39
Figura N° 19: Vista Del Km 0+000, Poblado De Conque	41
Figura N° 20: Vista Del Km 2+100, Poblado De Tambo	41
Figura N° 21: Ubicación Del Conteo De Tráfico – Plantel Técnico	43
Figura N° 22: Estructura Del Pavimento Rígido – Método MTC	78
Figura N° 23: Estructura Del Pavimento Flexible – Método AASHTO 93	80

INTRODUCCIÓN

Nuestro país está expuesto a la ocurrencia de fenómenos naturales tales como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, movimiento en masas, temperaturas bajas y erosión del suelo, esto ocurre debido a que nuestro país se encuentra en el cinturón de fuego del océano pacífico, a sus características geográficas, hidrometeorológicas, geológicas, etc. Debido a estos peligros o amenaza que pueden ocurrir se debe elaborar un plan de solución a dicho problema.

La carretera Conque - Tambo brinda una regular transitabilidad a una población de 1800 habitantes distribuidos en 500 familias, que trasladan sus cultivos de Papa, camote y en menores proporciones son la Cebada y trigo; independientemente de la actividad agrícola a que se dedican. Todas estas actividades agropecuarias se desarrollan en secano, una sola cosecha al año, dado que en dichos lugares no se cuenta con canales de riego, lo cual es necesario contar con una carretera en buen estado y libre de riesgo a deslizamiento por taludes inestables.

Por ser una zona agrícola y ganadera, necesitan una vía en óptimas condiciones para poder sacar la producción y llevarla al mercado local y posteriormente regional para su comercialización en mejores condiciones de precios, es por ello que ante la ocurrencia de deslizamientos o movimiento de masa producto de un quebrada, es necesario tomar medidas de prevención para mitigar las posibles pérdidas que estos podrían ocasionar, una de estas medidas es cuantificar el riesgo a que ocurra un evento de deslizamiento, con metodologías existentes y generar una simplificada.

En esta presente tesis vamos a analizar la vulnerabilidad de la carretera vecinal que une las ciudades de Conque y Tambo en la provincia de Yarowilca, Huánuco. Se identificó un problema que es la transitabilidad, los vehículos tienen problemas de circular por esa carretera. Se identificará el fenómeno natural que hace origen a esto.

Para el desarrollo de la tesis se plantearon los siguientes capítulos:

Capítulo I Marco Teórico: Se consignan los antecedentes o trabajos de investigación afines, bibliografía, hipótesis, variables, objetivos y población.

Capítulo II Marco Metodológico: Tipo, método y diseño de la investigación

Capítulo III Discusión de Resultados: Desarrolla el cálculo obtenido por la tesis, modelo matemático, gráficos, mapas, etc.

Capítulo IV Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes relacionados al tema

Valeriano Nina, F (2015), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería de Minas, que tuvo como objetivo general Realizar una caracterización geotécnica e identificar los modos de falla estructural en el talud de roca del Cerro Espinal Juliaca, lo cual concluye que las características geotécnicas presentes en el talud del Cerro Espinal están condicionadas a las características geológicas, estructurales y de macizo rocoso. En el presente trabajo se generalizo todo el talud de corte, en cuanto a la litología, alteración, parámetros estructurales, resistencia a la compresión simple, ángulo de fricción básico, presencia de agua, etc. Estas características fueron medidas e identificadas en el campo. Debido a que todo el talud se encuentra en una roca muy competente y con un grado de fracturamiento regular analizamos los modos de falla estructural típicos en el talud con la ayuda de las proyecciones estereográficas del software Dips v.6.0. Para finalizar con el análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite para un modo de falla por vuelco con la ayuda del software RocTopple v.1.0.

Pozo Garcia, R (2014), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Maestro en Ingeniería Geotecnia, que tuvo como objetivo general Estudiar la aplicación del Método de Elementos Finitos con representación explícita de las discontinuidades, denominado J-MEF, como una alternativa de análisis numérico de la rotura de macizos rocosos, considerando la variación del mecanismo de rotura con la profundidad de la excavación, lo cual concluye que Debido a la mejoras de modelos numéricos tales como el método de reducción de los parámetros de resistencia al corte (SSR), los procedimientos automatizados para la generación de redes de fracturas, las formulaciones numéricas del comportamiento conjunto roca intacta - discontinuidades, y el amplio desarrollo de programas de cómputo, es posible realizar el análisis numérico de macizos rocosos que tome en cuenta el cambio del mecanismo de rotura cuando se considera un incremento de la altura del talud.

Toro Irureta, J (2014), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería Civil, que tuvo como objetivo general evaluar la

inestabilidad de los taludes en la carretera Las Pirias - Cruce Lambayeque, San Ignacio, lo cual concluye que Los factores que afectan la inestabilidad de taludes en promedio los más incidentes: Angula de fricción. (ϕ) = 12.71°, Cohesión (c) = 27.46 kPa , Peso específico $\gamma = 27,34$ kN/m³. Y los parámetros hidrogeológicos. A si como la pendiente del talud (grado de inclinación), altura y longitud en promedio: Altura= 22.21 m, Pendiente =62.98° y Longitud= 18.75 m. De los cuales en función del tipo de suelo (CL en la mayoría), dicha geometría de los taludes inestables no son la correcta. Como también no se cuenta con medidas de protección en los 8 taludes inestables y drenaje adecuado de los ocho taludes inestables.

Mendoza Loayza, J (2016), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería Civil, que tuvo como objetivo general realizar los cálculos de factores de seguridad y determinar los parámetros de diseño de taludes de suelos de más de 100 metros de altura empleando el análisis de equilibrio límite en condiciones estáticas y pseudoestáticas, lo cual concluye que El presente trabajo de tesis tuvo como principal objetivo la determinación de los parámetros de diseño de taludes de más de cien metros de altura ubicados en la Mina Antapaccay, en la región Cusco. Los taludes eran conformados únicamente por suelos y para cumplir con el objetivo de este trabajo, inicialmente, se tuvo que estudiar la estratigrafía de la zona en donde se ubica el proyecto. A continuación, se obtuvieron los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en la zona a partir de los ensayos proporcionados por la Gerencia de Geotecnia de la mina. Entre los materiales presentes se encontraron arcillas, arenas, arenas limosas y arenas arcillosas. Además, en los estratos también se encontraban inmensos bolones envueltos por los materiales antes mencionados. Seguidamente, se determinó las 2 secciones de taludes para la tercera fase de minado, fase en la que la potencia de los taludes es máxima.

Sackschewski Chapman, C (2017), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería Geológica, que tuvo como objetivo general Brindar soluciones geotécnicamente seguras, eficaces y económicamente viables que garanticen la estabilidad de los taludes de la carretera Canta – Huayllay en los sectores con problemas de ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa de riesgo medio a elevado entre las progresivas del Km 102 al Km 110, lo cual

concluye que Los problemas de inestabilidad de taludes en los sectores del km 102 al km 110 fueron ocasionados por la ejecución de cortes inadecuados para los materiales que conforman el terreno, las condiciones desfavorables de las discontinuidades, y la influencia de las filtraciones de agua hacia las laderas y taludes.

Herrera Peinado, R.(2014), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería Civil, que tuvo como objetivo general Formular un modelo de gestión de riesgos de acuerdo al PMBOK en proyectos de construcción en el área de infraestructura vial en sitios remotos del Norte de Santander., lo cual concluye que el análisis cuantitativo y cualitativo de los riesgos identificados sirvió para priorizar los riesgos más relevantes de acuerdo al PMBOK, mostrando que los proyectos de construcción desarrollados en sitios remotos, se ven más expuestos a diversos factores de riesgos, que los proyectos desarrollados en zonas urbanas, debido a la falta de vías, seguridad, análisis de la situación real, de estudios previos y falta de cultura de las comunidades.

Ortega Cortez, G. (2014), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería Civil, que tuvo como objetivo general, Diseñar una propuesta de Plan de Gestión de Riesgos y Desastres ante deslizamientos, sismos e incendios para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, lo cual concluye que las principales vulnerabilidades identificadas en la PUCESE están relacionadas a amenazas de sismos, incendios y deslizamientos, debido a su ubicación geográfica y carencia de un PGR.

Frias Betancur, J. (2013), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Maestría en Ingeniería Geotecnia, que tuvo como objetivo Identificar vulnerabilidades geotécnicas de la infraestructura carretera primaria colombiana frente al cambio climático y a partir de esto plantear lineamientos útiles con miras a la adaptación de la misma, enmarcados en los planteamientos del Plan de Adaptación de la Red Vial Primaria Colombiana, lo cual concluye los impactos del cambio climático son diversos y afectan en todas las áreas el desarrollo social y económico de la humanidad; a la fecha se cuenta con una gran cantidad de estudios

relacionados, especialmente en lo concerniente a las áreas de agricultura, ecosistemas y modificación de las fuentes de agua.

Clavijo Barros, B. (2012), publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de gestión de riesgos y emergencia, que tuvo como objetivo general Desarrollar Líneas Estratégicas de Reducción de Riesgos de desastres de origen natural y antrópico para la parroquia de Nanegalito, en el Distrito Metropolitano de Quito, en el año 2015, mediante el análisis de amenazas naturales y antrópicas, vulnerabilidades de la cabecera parroquial y sus barrios rurales, así como el nivel de organización del Gobierno local , lo cual concluye con la geodinámica alta en la zona de estudio, pone a la cabecera parroquial así como a sus barrios rurales en una posición muy sensible y vulnerable al momento de presentarse un evento de magnitud considerable por estar ubicada en la falla del mismo nombre, lo que pone en el tapete el gran riesgo que existe por el tipo de viviendas construidas sin asistencia profesional predominantes en la zona de impacto.

De Jesus Noriega, O & Gutierrez Rojas, Y. (2011), Publica un artículo de vulnerabilidad que tiene como objetivo determinar cuál de los tres sectores en que se dividió la cuenca baja del río Gaira presenta mayores riesgos a inundaciones, soportado en los indicadores seleccionados para medir la vulnerabilidad, lo cual concluye que en la cuenca baja del río Gaira predomina un tipo de vulnerabilidad global Alta, debido a que su valor fue de 2.78, producto de una valoración de 69.59%., ubicándose en el índice de caracterización alta.

1.2 Investigación bibliográfica

1.2.1 Riesgo

Es la exposición a la amenaza y las condiciones en que se encuentra una comunidad. Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.

A continuación, se presentan conceptos acerca del riesgo en una zona.

Amenazas de origen Hidrometeorológicos:

Según el SENAMHI en su página web, esta amenaza es un factor externo y son clasificados como amenazas naturales, en tanto el hombre no interviene en su ocurrencia y tampoco hay condiciones para evitar que se presenten dichos fenómenos. En el Perú se producen intensas lluvias, granizadas, desbordes e inundaciones, temperaturas extremas, sequías, etc. Estas amenazas pueden alterar la geodinámica de nuestro territorio y producirse: deslizamientos, huaycos y aluviones.

Vulnerabilidad

Según el SENAMHI en su página web, la vulnerabilidad es el factor interno de una comunidad expuesta a una amenaza y que puede ser afectada y depende de varios factores:

- El grado de exposición (zona de huaycos, ribera de los ríos, terrenos con fallas geológicas, etc.).
- El grado de incorporación en la cultura y los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas.
- La calidad del diseño de la construcción de las viviendas y las áreas libres de evacuación.
- El grado de organización de la sociedad y la orientación de las instituciones de la comunidad, del Estado y de las organizaciones no gubernamentales.
- Capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias.

Desastre

Es Producida por una amenaza que un momento dado era potencial y por causas humanas. Estos sucesos causan alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y su ambiente, excediendo la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, de tal manera que en su recuperación requiera de ayuda externa.

Análisis del Riesgo

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, define el análisis del riesgo como el procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres. El Análisis de Riesgo facilita la determinación del nivel del riesgo y la toma de decisiones.

1.2.2 Características físicas de la cuenca

a) Área de la cuenca

Es el área plana en proyección horizontal, encerrada por la divisoria. Investigaciones hidrológicas diversas han puesto de manifiesto que existe diferencia entre una cuenca pequeña y una grande. En una cuenca pequeña la cantidad y distribución del escurrimiento son influenciadas principalmente por el clima, geomorfología, condiciones físicas del suelo y la cobertura, etc; en cambio para cuencas grandes el control del hombre, así como el efecto de almacenamiento en la cuenca determina que la estimación del escurrimiento sea más compleja (Villon, 2011).

Según Ven Te Chow, una cuenca pequeña puede ser definida como aquella que es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración y en la cual predominan las características físicas del suelo sobre las del cauce principal. Menciona además que una cuenca pequeña puede bordear entre 4 a 130 km².

Como referencia se puede utilizar la siguiente clasificación:

Cuadro N° 1: Clasificación de cuencas según su tamaño

Tamaño de la cuenca (km²)	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: Villon, 2011

b) Forma de la cuenca

La forma de la cuenca definitivamente afecta las características del hidrograma de descargas, principalmente en los eventos de máximas avenidas. Generalmente los escurrimientos máximos de una cuenca de forma casi circular serán de duración más corta y de descarga pico mayor que una cuenca estrecha y alargada considerando que ambas soportan la misma precipitación sobre una misma área.

Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (Cc)

Definido por Gravelius en 1914. El coeficiente de compacidad se define como el cociente adimensional entre el perímetro de la cuenca (P) y la circunferencia (Pc) de un círculo con área igual al tamaño (A) de la cuenca.

$$Cc = \frac{P}{Pc} = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

El coeficiente de compacidad tendrá como límite inferior la unidad, indicando entonces que la cuenca es circular y conforme su valor crece indicará una mayor distorsión en su forma, es decir se volverá más alargada o asimétrica (Villon, 2011).

Relación de elongación

Se define como el cociente adimensional entre el diámetro (D) de un círculo que tiene igual área (A) que la cuenca y la longitud (Lc) de la misma. La longitud Lc se define como la más grande dimensión de la cuenca, a lo largo de una línea recta desde la salida hasta la divisoria, paralela al cauce principal.

1.2.3 Fundamentos teóricos geológicos

Una parte de la terminología empleada en Geomorfología se deriva de la literatura en inglés, razón por la cual la traducción de algunos términos al español o castellano crea en algunas ocasiones confusión. En el caso particular

de los procesos de remoción en masa (mass movement processes), el grado de confusión se incrementa aún más, debido a la falta de consenso que existe entre la comunidad científica sobre el uso de la terminología relacionada con este tipo de procesos (Alcántara, 2000). Aun en la literatura en inglés se usan diferentes términos, además del ya mencionado mass movement, para designar a estos procesos, tales como mass wasting y landslides

Los procesos de remoción en masa involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas, bajo la influencia de la gravedad y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido (Brunsden, 1979). Términos como procesos gravitacionales, procesos de ladera y movimientos de ladera son empleados en la literatura científica en español, correcta y ampliamente como sinónimos de los procesos de remoción en masa, sin embargo existen discrepancias en cuanto a los tipos de procesos que deben incluirse dentro de este término por lo que cada autor o cada escuela opta por una clasificación propia (Ladd, 1935; Sharpe, 1938; Ward, 1945; Varnes, 1958 y 1978; Hutchinson, 1968; Zaruba y Menci, 1969; Crozier, 1973; Coates, 1977; Brunsden, 1979; Selby, 1993, entre otros). La combinación de la variedad de movimientos de ladera existentes en la naturaleza, por un lado, y la gran cantidad de expertos en la materia, por otro, brinda sin lugar a dudas, pocas opciones en la elaboración de una clasificación universal (Alcántara, 2000). La palabra deslizamiento surge de la traducción del término en inglés landslide, que se emplea en gran medida como proceso de remoción en masa; sin embargo, la traducción al español de este término no está relacionada con el significado de la palabra real en inglés (Alcántara, 2000).

Un deslizamiento (slide), como su nombre indica, es el movimiento de materiales componentes de la ladera sobre un plano o superficie de deslizamiento, razón por la cual el empleo de la palabra deslizamiento, para referirse a cualquier tipo de proceso de remoción en masa es incorrecto. Para ello debe usarse el término “deslizamiento de terreno” (landslide), mientras que “deslizamiento” debe reservarse para uno de sus tipos (en inglés, slide).

1.2.4 Clasificación de los procesos de remoción en masa

Algunos autores (Hutchinson, 1968; Skempton y Hutchinson, 1969; Varnes, 1978; entre otros), han propuesto clasificaciones de procesos de remoción en masa. Entre los criterios para realizar esas clasificaciones están: el contenido de agua, la velocidad del movimiento, la profundidad de la superficie de ruptura, el tipo de ruptura, estado de la actividad y el tipo de movimiento (INETER, 2005).

A continuación, se muestran ejemplos de varios tipos de clasificación: a)

Por el grado de actividad

- Inactivo: No presenta movimientos actualmente.
- Poco activo: Presenta poco movimiento.
- Activo: Presenta movimientos actualmente, con movimientos primarios y reactivaciones.

b) Por la velocidad de propagación de materiales

- Extremadamente rápido: $>5 \text{ m / s}$
- Rápido: $> 1.5 \text{ m / día a } 5 \text{ m / s}$
- Moderado: $1.5 \text{ m / mes a } 1.5 \text{ m / día}$
- Lento: $1.5 \text{ m / año a } 1.5 \text{ m / mes}$
- Muy lento: $< 1.5 \text{ m / año}$

c) Por la profundidad de la superficie de rotura

- Superficial: entre 0 y 2 m.
- Semi-profundo: entre 2 y 10 m.
- Profundo: mayor de 10 m.

d) Por el mecanismo de movimiento

- Derrumbes.
- Caídas de bloques.
- Basculamiento o volcamiento.
- Reptación.
- Deslizamientos.
- Flujos o coladas de detritos o tierra.

1.2.5 Clasificación de los procesos de remoción en masa de acuerdo al mecanismo de movimiento

La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada internacionalmente, se basa en el mecanismo del movimiento, misma que incluye a los deslizamientos, los cuales se analizarán por ser el objeto de la presente tesis, esta clasificación es ofrecida a partir de la propuesta elaborada por Varnes (1978) y por Hutchinson (1988).

Derrumbes y caída de bloques (rockfall)

Fenómenos que presentan una ruptura brusca y caída más o menos libre y a gran velocidad de un bloque o una masa rocosa en seco. Gran parte del transporte se da en el medio aéreo, pero también existe un componente de salto y rodamiento. La zona de origen corresponde prioritariamente a acantilados rocosos o laderas de fuerte pendiente, donde la roca está fracturada y alterada. Los volúmenes implicados suelen ser de hasta 100 000 m³. Tienen un alto componente de sorpresa, pues rara vez presentan signos precursores o anunciadores (o estos son difíciles de detectar) y, muy a menudo, son desencadenados por factores exógenos (sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones, árboles sobre el macizo rocoso, etc.). La velocidad del movimiento es elevada, hasta 40 m/s.



Figura N° 1: derrumbes y caídas de bloques

Fuente: www.usgs.gov

Avalanchas de rocas / de detritos (rock / debris avalanche)

Fenómenos que presentan una ruptura brusca y caída más o menos libre y a gran velocidad de una masa rocosa en seco. Gran parte del transporte se da en el medio aéreo, pero también existe un componente de salto y rodamiento. Se considera un evento catastrófico, temporalmente instantáneo y de muy alta recurrencia.

El volumen de material movilizado suele ser muy superior a los 100 000 m³, generalmente uno o varios millones m³ de roca. La velocidad del movimiento suele ser muy elevada (>40 m/s).

Volcamiento o basculamiento (topple, toppling, rock topple)

Es el doblamiento de la parte superior de estratos o niveles de rocas afectadas por disyunciones. Es causado por acción de la gravedad terrestre o de procesos tectónicos distensivos. Existen dos variantes: el doblamiento plástico (en rocas metamórficas y, en menor medida, en pelíticas) y el doblamiento rígido, que podría ser llamado, más apropiadamente, basculamiento.

El material afectado son formaciones sedimentarias y metamórficas, por lo general de fuerte buzamiento y en vertientes contrarias, siendo los esquistos los más sensibles a este doblamiento por los planos de esquistosidad o plegamiento. El tipo de alabeamiento rígido se puede dar en columnas de basalto o formaciones similares con profundidades de hasta algunas centenas de metros.

Las causas que le originan es la deformación paulatina en dirección de la pendiente de paquetes estratificados, o afectados por disyunciones, con el mecanismo de deformación asociado a pivoteo o basculamiento de las cabezas de estratos teniendo como eje de rotación un punto en la base del paquete rocoso.

Generalmente el alabamiento evoluciona hacia deslizamientos al formarse una superficie de ruptura a lo largo de la línea de charnela o doblamiento



Figura N° 2: volcamiento o basculamiento

Fuente: www.usgs.gov

Reptación de suelos (soil creep) o deflucción

Es el desplazamiento lento, prácticamente imperceptible, que afecta a los materiales menos cohesivos de la cubierta de suelo (edáfica), es decir, los materiales poco consolidados (particularmente en terrenos de cultivo). Afecta los suelos hasta una profundidad promedio de 1 m. Es un fenómeno prácticamente invisible, por lo que puede ser reconocido solo en cortes o a través de signos indirectos.

Presenta velocidades de pocos milímetros hasta más o menos un centímetro por año; decreciente en profundidad. Para zonas tropicales húmedas, con cubierta vegetal bien desarrollada, se ha demostrado que las velocidades promedio son de apenas 1-2 mm/año. En zonas semiáridas con poca cubierta vegetal, la velocidad varía entre 5 y 10 mm/año.

En climas tropicales está sobre todo condicionado por la granulometría, que a su vez condiciona la cohesión del suelo, y por las variaciones en el grado de saturación del suelo (presión intersticial y fuerzas de percolación).

El mecanismo aparentemente se trata de un movimiento cíclico pendiente abajo, prácticamente grano a grano del material terroso, de cohesión media a baja, sobre pendientes iguales o superiores a los 20°.

Sus efectos son desarreglos menores (inclinación y apertura de grietas en muros y postes de cimentación, torceduras en los troncos de los arboles, discontinuidades en el manto vegetal bajo, etc.).



Figura N° 3: reptación de suelos

Fuente: www.usgs.gov

Tipos de Deslizamientos (slides)

Estos procesos son de mayor velocidad que la reptación y muestran también mayor variedad, de ahí que existan varios tipos que se exponen a continuación, basados bien en su geometría (traslacionales, planares), o en su grado de complejidad (complejo, compuestos).

Deslizamientos peliculares o superficiales

Presentan una superficie de deslizamiento y provoca cambios notables de la estructura del suelo. Es un fenómeno abundante en laderas empinadas con amplias (pero no muy profundas) cubiertas eluviales y regolíticas, utilizadas para agricultura (cultivos anuales de surco) y/o pastoreo del ganado (ganadería extensiva).

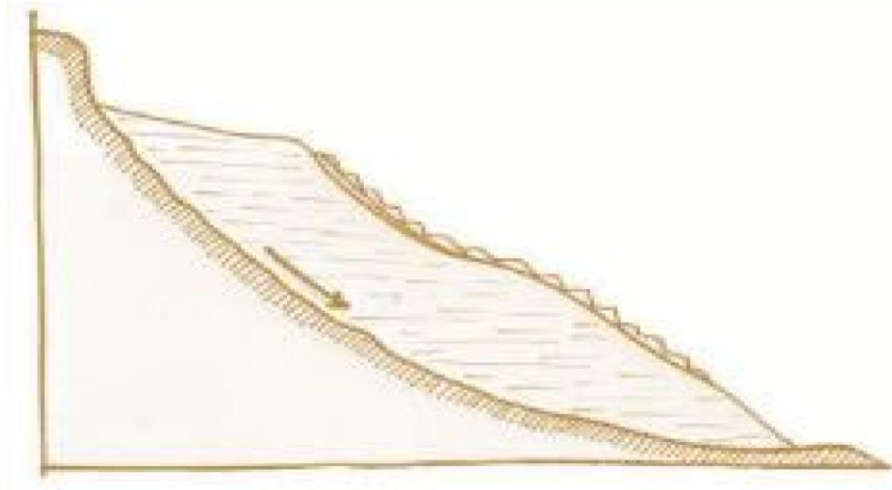


Figura N° 4: Deslizamientos peliculares o superficiales

Fuente: www.usgs.gov

La principal característica de estos deslizamientos es la morfología de cáscara de naranja, lo que se conoce como “caminos de vaca”, con ondulaciones pequeñas que corresponden a pequeños deslizamientos rotacionales, con diámetro promedio (profundidad máxima) de hasta 1-2 m. Esta forma de cáscara de naranja forma escalones que son aprovechados por el ganado y la gente, evolucionando hacia una forma de escalones en trama enrejada o en rombos, que, en algunos casos, progresivamente se desploman, formándose gradas en las laderas, desapareciendo estas posteriormente, en otros casos son removidos de forma abrupta.

El material afectado son horizontes terrosos, cubierta de suelo, depósitos eluviales y coluviales finos, preferentemente sobre pendientes iguales o mayores a los 20° con profundidades promedio de 1-2 m. Involucra volúmenes pequeños de material y velocidades de 1 a 2 cm/año en promedio.

Deslizamientos rotacionales o circulares (slump)

Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie de ruptura en forma curva (que coincide con la de transporte) sobre la cual se mueve una masa. En su fase inicial, existe poca distorsión de los materiales. En algunos casos, a medida que la masa se desplaza, los

materiales se dislocan progresivamente y el mecanismo de inestabilidad deviene complejo.

Eventualmente se da en terrenos homogéneos, isotrópicos, cohesivos. Su ocurrencia en la naturaleza es rara en estado puro o efímera, pues rápidamente evoluciona hacia mecanismos combinados. Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. Las velocidades de propagación de la masa deslizada pueden ser también muy variables.

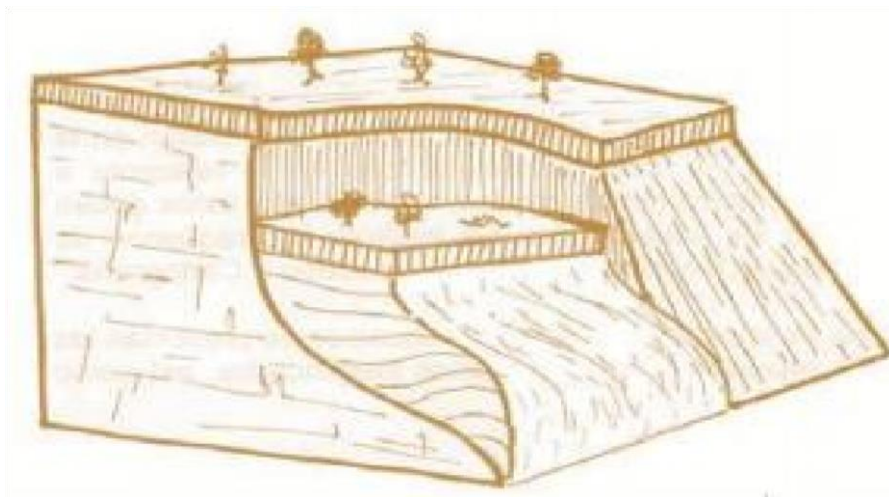


Figura N° 5: Deslizamientos rotacionales o circulares

Fuente: www.usgs.gov

Deslizamientos traslacionales o planares (dip slope)

Movimiento lento o rápido de una masa de suelo o roca, a lo largo de una superficie de deslizamiento recta o planar. Se originan en zonas que presentan superficies de discontinuidad, de niveles poco competentes; también en bloques tabulares o paquetes de estratos dentro de estructuras conformes de estratificación o esquistosidad; sobre capas poco competentes o niveles de alteración; sobre planos de fallas o sistemas de diaclasas conformes (a favor de la pendiente).

El material afectado es rocoso, estratificado o diaclasado, formando placas o paquetes cuyas bases quedan desprovistas de soporte, ya sea por erosión natural o por cortes artificiales en un talud (es tal vez el problema geodinámico más comúnmente desencadenado por la intervención humana, cuando se hacen cortes para carreteras, canales, etc.).

Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. La velocidad de propagación de la masa desplazada puede ser también muy variable.

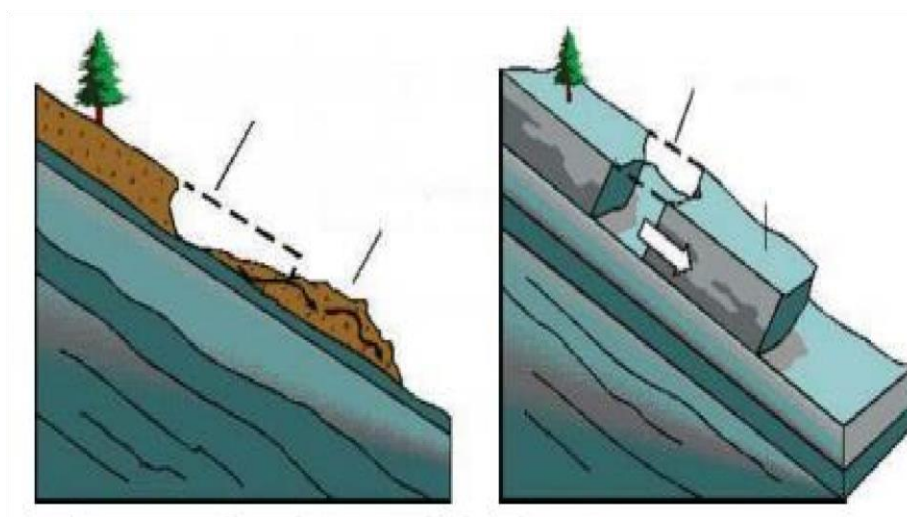


Figura N° 6: deslizamiento traslacionales

Fuente: www.usgs.gov

Deslizamientos complejos

Se aplica a grandes deslizamientos donde aparecen mecanismos combinados, debido a una larga evolución. Por lo general se trata de deslizamientos de edad milenaria, de gran talla y de evolución muy lenta, con periódicos episodios de aceleración. Puede decirse que son deslizamientos permanentes, regidos por la acción de los esfuerzos residuales posteriores a la fase de ruptura.

Pueden llegar a cubrir varios kilómetros cuadrados de superficie, involucrando cientos y hasta miles de millones de metros cúbicos de masa en movimiento y hasta algunas centenas de metros de profundidad.

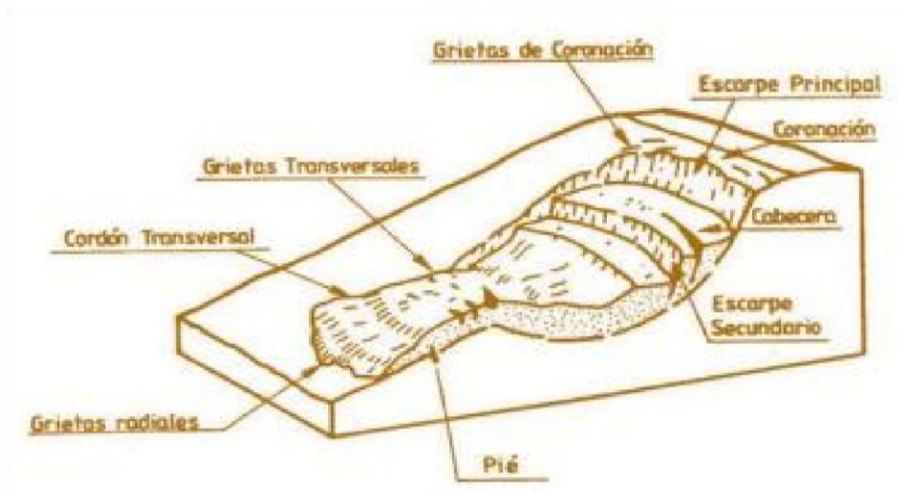


Figura N° 7: Deslizamientos complejos.

Fuente: www.usgs.gov

Deslizamientos compuestos

Cuando un movimiento de ladera presenta más de un mecanismo de movilización de los materiales en diferentes lugares de la masa en movimiento.

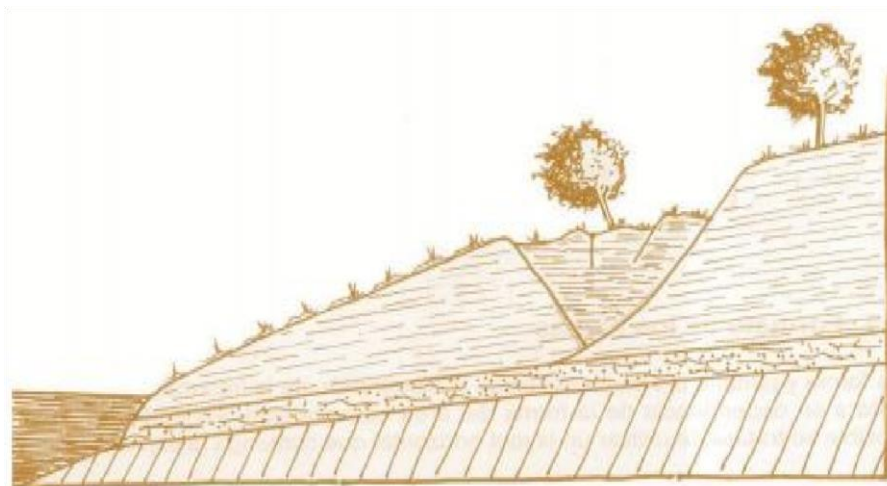


Figura N° 8: Deslizamiento compuesto

Fuente: www.usgs.gov

Coladas o flujos (flows)

Son masas de material sin cohesión, que fluyen como un fluido viscoso al sobrepasar su límite líquido, pueden formarse en cualquier material poco consolidado (inclusive puede llegar a afectar los niveles superiores de roca alterada o intemperizada) y hasta en rocas, especialmente pelíticas y esquistosas más o menos descompuestas. Se pueden desplazar grandes distancias.

Son fenómenos básicamente estacionales, es decir, frecuentes en temporada de lluvias, aunque son numerosos los casos relacionados con roturas de conductos de agua, depósitos de agua, o por efecto de la aceleración de deslizamientos, por trastornos en el régimen hidrogeológico e, inclusive, por sacudida sísmica (licuación de arenas). Según su composición se dividen en flujos de lodo, de tierra y de detritos.

Flujo de lodo (mud flow)

Suele involucrar volúmenes variables de material fino con alto contenido de limos y arcillas. Las velocidades de desplazamiento igualmente pueden ser variables y suelen estar relacionadas con factores como la pendiente de la ladera y la cantidad de agua involucrada en la movilización del material.

Flujo de tierra (earth flow)

Suelen presentar grandes volúmenes de material terroso con menos de 2 mm de diámetro predominando sobre limos y arcillas, generando formas de lengua o de gran lóbulo. Las velocidades medias del movimiento pueden variar entre: cm – dm / año a cm – m / día (estas pueden no ser homogéneas en toda la colada).

Flujo de detritos (debris flow)

Suelen involucrar volúmenes de medianos a grandes de hasta 10 000 m³ de material grueso de diferente diámetro, que incluye bloques de rocas, derrubios y roca descompuesta. Generan trazas lineales bien definidas, como un corredor alargado, con embudos o conos divergentes en los extremos, generalmente con conexión con la red de drenaje. Las velocidades de movilización suelen ser rápidas a muy rápidas.

1.2.6 Metodología de Pavimento Rígido AASHTO 93

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Todo lo contrario, sucede en los pavimentos flexibles, que, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la subrasante, como se puede apreciar en la figura N° 1.

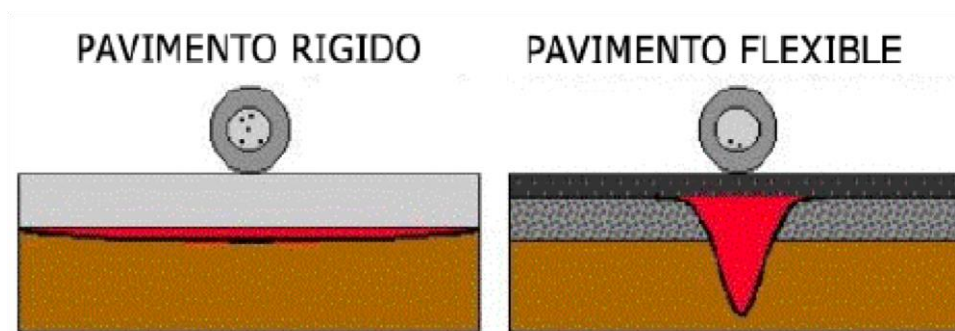


Figura N° 9: Esquema del comportamiento de pavimentos

Fuente: AASHTO 93

Esquema del comportamiento de pavimentos

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: subrasante, subbase y la losa de concreto. A continuación, se hará una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman el pavimento rígido.

a) Subrasante

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

b) Subbase

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado.

Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la subrasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

c) Losa

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

1.2.7 Tipos de pavimento de concreto

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos de concreto simple.
 - Sin pasadores.
 - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

a) Pavimentos de concreto simple

a.1) Sin pasadores:

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo, para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante.

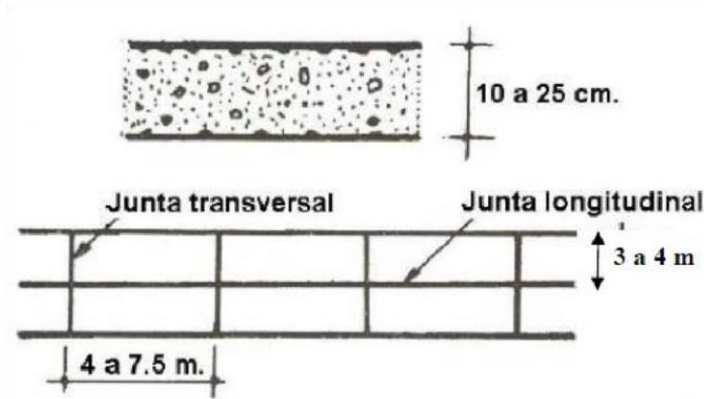


Figura N° 10: Pavimento de concreto simple sin pasadores

Fuente: AASHTO 93

a.2) Con pasadores:

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más.

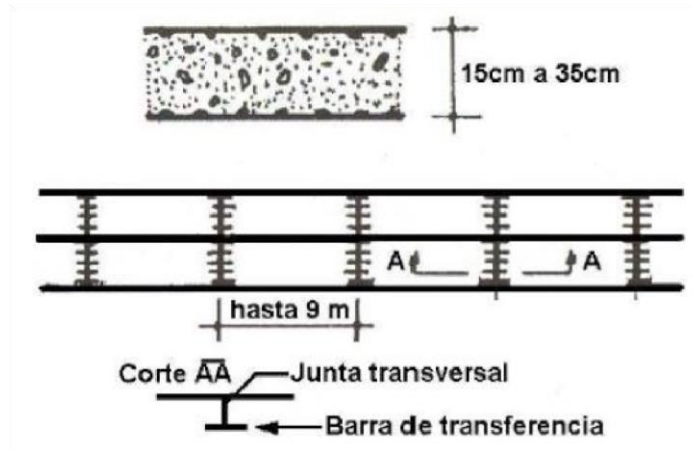


Figura N° 11: Pavimento de concreto simple con pasadores

Fuente: AASHTO 93

b) Pavimentos de concreto reforzado con juntas:

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

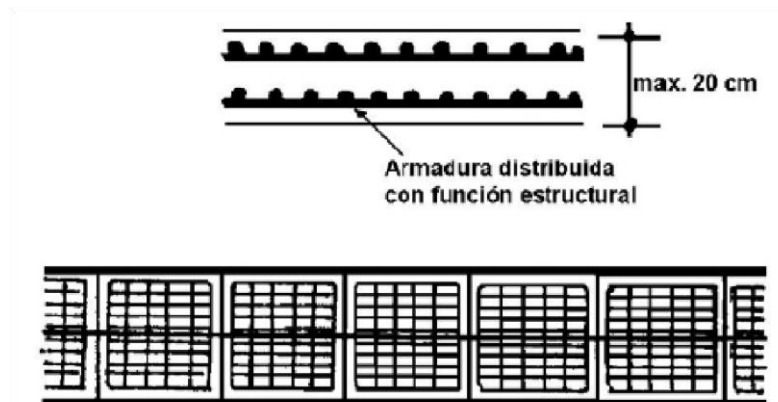


Figura N° 12: Pavimento de concreto reforzado

Fuente: AASHTO 93

c) Pavimentos de concreto con refuerzo continuo:

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos.

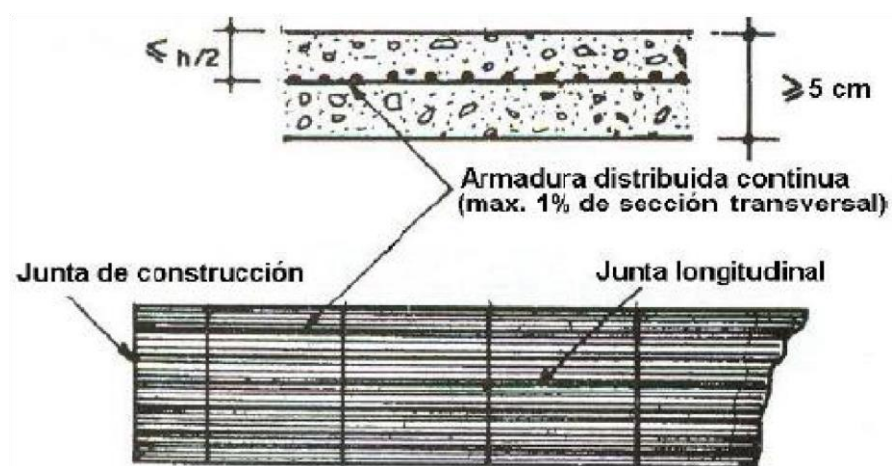


Figura N° 13: Pavimento con refuerzo continuo Fuente: AASHTO 93

Juntas:

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación,

construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machihembradas y acanaladas.

Juntas de contracción:

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados.

En la figura N° 14, se observan los diferentes tipos de juntas de contracción

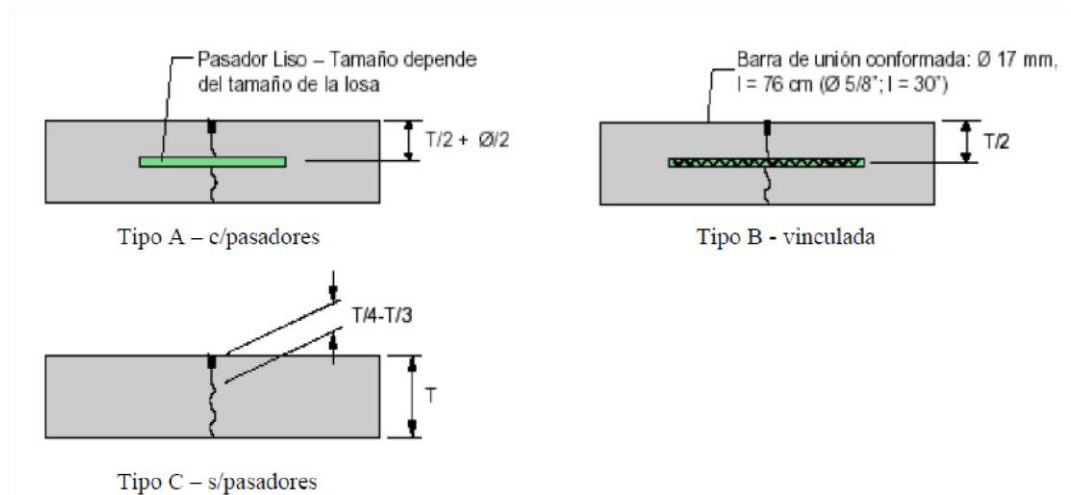


Figura N° 14: Tipos de juntas de contracción

Fuente: AASHTO 93

Juntas de construcción:

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales. En la figura N° 15, se observan los diferentes tipos de juntas de construcción.

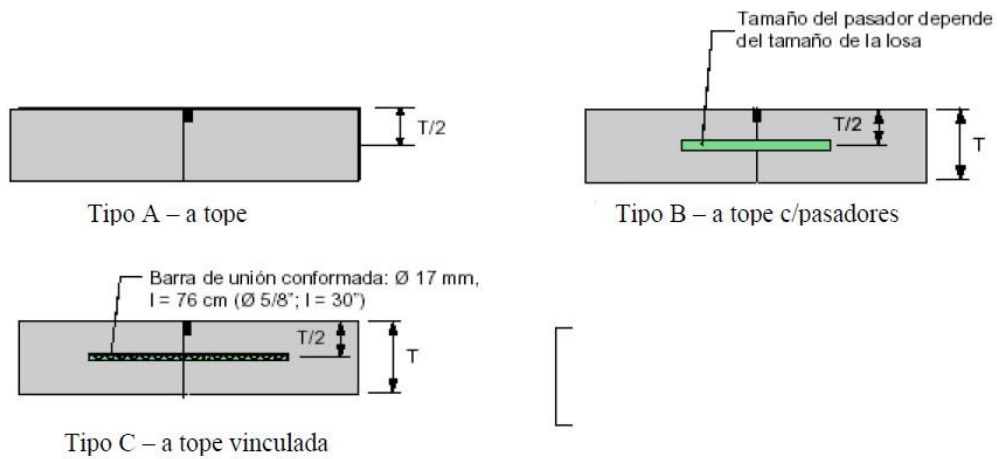


Figura N° 15: Tipos de juntas de construcción Fuente: AASHTO 93

Juntas de expansión o aislación:

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura.

También se utilizan para aislar estructuras existentes. En la figura N° 16, se muestran los diferentes tipos de juntas de expansión.

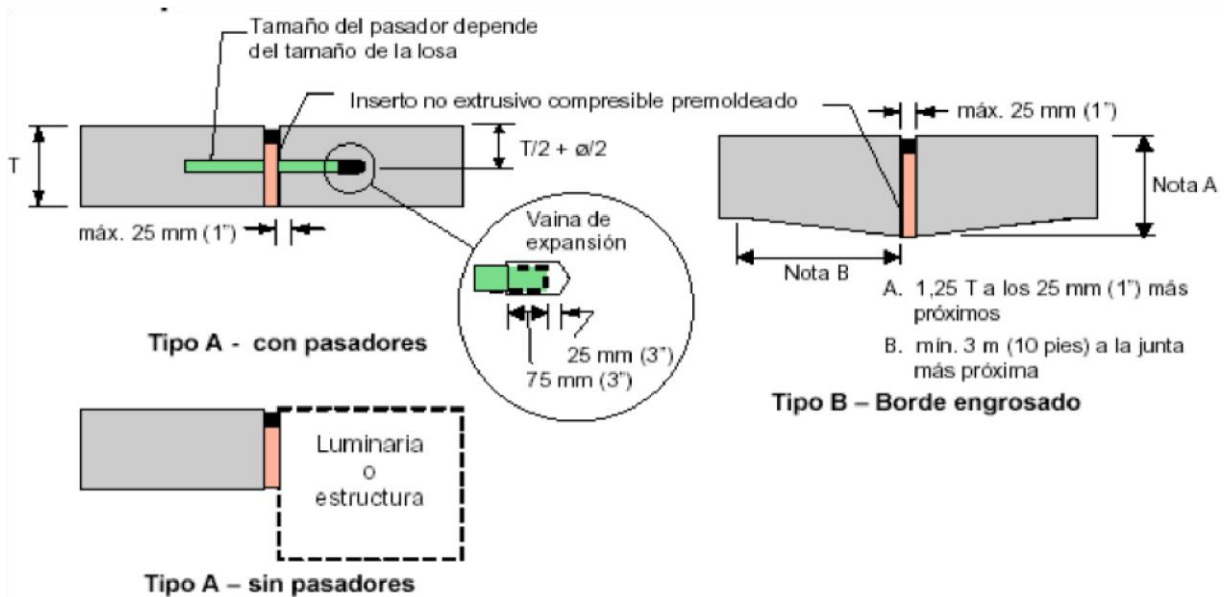


Figura N° 16: Tipos de juntas de expansión

Fuente: AASHTO 93

Factores de diseño:

El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[\frac{S_c^j C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

Ecuación N° 1: Ecuación fundamental AASHTO 93

Donde:

W18 = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

ZR = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

S0 = Desvío estándar de todas las variables.

D = Espesor de la losa del pavimento en pulg.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

Pt = Serviciabilidad final.

Sc = Módulo de rotura del concreto en psi.

J = Coeficiente de transferencia de carga.

Cd = Coeficiente de drenaje.

EC = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg).

Para una mejor descripción de las variables, éstas se han clasificado de la siguiente manera:

- **Variables de diseño.** Esta categoría se refiere al grupo de criterios que debe ser considerado para el procedimiento de diseño.
- **Criterio de comportamiento.** Representa el grupo de condiciones de fronteras especificado por el usuario, dentro del que una alternativa de diseño deberá comportarse.
- **Propiedades de los materiales para el diseño estructural.** Esta categoría cubre todas las propiedades de los materiales del pavimento y del suelo de fundación, requeridas para el diseño estructural.
- **Características estructurales.** Se refiere a ciertas características físicas de la estructura del pavimento, que tienen efecto sobre su comportamiento.

1.3 Definición de términos básicos:

Talud: Superficie inclinada respecto a la horizontal que posee una pendiente que ha sido modificada natural o artificialmente.

Ladera: Es una superficie que posee una pendiente o cambios de altura significativa, formada naturalmente por procesos geodinámicas.

Plataforma: Superficie horizontal construida sobre el terreno natural, en el cual se ejecutan trabajos de corte y relleno, siendo la base de sustentación de la carretera.

Plazoleta: Explanación que se ejecuta hacia el talud interior consistente de una superficie de 3m de ancho que sirve como paradero, para adelantamiento y/o vuelta de los vehículos.

Subrasante: Superficie de la carretera terminada a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la subbase.

Rasante: Nivel terminado de la superficie de rodadura.

Cantera: Terreno del que se extrae roca, fragmentos rocosos y suelos como materia prima para materiales de construcción (concreto, asfalto, material granular para sub-base y base, roca para muros de gaviones, etc) o para su aplicación en rellenos (terraplenes y pedraplenes).

DME: Depósito de materiales excedentes. Botadero de materiales inutilizables, producto de las excavaciones, los cuales se depositan en capas sucesivas compactadas, dispuestos generalmente en banquetas con una inclinación de taludes adecuada que garantice su estabilidad.

Terraplén: Suelo con el que se rellena un terreno para levantar su nivel y obtener un plano de apoyo adecuado para las capas suprayacentes de la carretera. El talud de un terraplén de acuerdo con las especificaciones técnicas tiene una inclinación de 1.5:1 (H:V) equivalente a 33.7°.

Depósito coluvial: Es una acumulación de materiales transportados, depositados lejos de su lecho original o roca preexistente por acción de la fuerza de gravedad.

Casi siempre están acumulados al pie de las laderas.

Depósito aluvial: Es una acumulación de materiales detríticos transportados y depositados lejos de su ubicación original por acción de un flujo de agua.

Grietas tensionales: Grietas que se forman debido a las fuerzas tensionales que actúan durante la deformación en la corona de los taludes. Las grietas tensionales indican la formación de planos de rotura y posibles deslizamientos a futuro.

Deslizamiento: Es un movimiento de masas de suelo o roca pendiente abajo a través de superficies de rotura, en los que se preserva a grandes rasgos la forma de la masa desplazada.

Derrumbe: Es un movimiento de caída de bloques rocosos y/o suelos debido a una pérdida en la resistencia al esfuerzo cortante. Es frecuente en zonas escarpadas y no está definido por una superficie de rotura regular.

Asentamiento: Es un movimiento relativamente lento de componente vertical que afecta generalmente a suelos, y se produce debido a cambios tensionales inducidos en el terreno. **REPTACIÓN DE SUELOS:** Es el corrimiento lento que se da en las capas superficiales de laderas conformadas principalmente por suelo arcilloso favorecido por las infiltraciones de aguas superficiales que influyen en el aumento del peso del material y actúan como lubricante.

Nivel freático: Es la distancia a la que se encuentra el agua desde la superficie del terreno, profundidad a la que, generalmente, la presión del agua es igual a la presión atmosférica.

Peligros de Geodinámica Externa: Los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad.

Peligros de Geodinámica Interna: La dinámica del interior de la Tierra es la que guía los procesos geológicos más espectaculares, y del mismo modo, los más pavorosos: terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis o el movimiento de los continentes, entre otros. Del mismo modo, la dinámica interna de la Tierra es la causa del movimiento de las placas en la superficie de la Tierra. El movimiento de las placas, y todos los procesos asociados, están englobados dentro de la rama de la geología denominada Tectónica.

Peligro: es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

Según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana. Para el presente manual solo se ha considerado los peligros originados por fenómenos de origen natural.

Vulnerabilidad: es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

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

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

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

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

CENEPRED: El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED es un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo, así como de reconstrucción.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general:

Determinar la vulnerabilidad ocasionado por amenazas naturales para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque – Tambo

1.4.2 Objetivos específicos:

- Determinar las zonas de alto peligro a través de la metodología de CENEPRED, para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Determinar las zonas vulnerables a través de la metodología de CENEPRED, para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Determinar el diseño del pavimento a través del MTC y AASHTO 93, para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Determinar la mejor alternativa de solución a través de obras de ingeniería, para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Determinar las medidas de prevención y reducción, para mejorar la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general:

Al determinar la vulnerabilidad ocasionado por amenazas naturales mejora la transitabilidad de la carretera Conque – Tambo

1.5.2 Hipótesis específicas:

- Al determinar las zonas de alto peligro a través de la metodología de CENEPRED, mejora la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.

- Al determinar las zonas vulnerables a través de la metodología de CENEPRED, mejora la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Al determinar el diseño del pavimento a través del MTC y AASHTO 93, mejora la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Al determinar la mejor alternativa de solución a través de obras de ingeniería, para mejora la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.
- Al determinar las medidas de prevención y reducción, mejora la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo.

1.6 Variables

Variable independiente:

- Vulnerabilidad ocasionada por amenazas naturales

Variable dependiente:

- Mejorar la transitabilidad de la carretera

1.7 Operación de variables

Cuadro N° 2: Operación de variables

	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Instrumentación
<u>Variable independiente</u> vulnerabilidad ocasionado por amenazas naturales	Amenaza	<ul style="list-style-type: none"> • Peligros de geodinámica interna • Peligros de geodinámica externa • Peligros hidrometeorológicos y oceanográficos 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy altos • Altos • Medio • Bajos 	<ul style="list-style-type: none"> • SENAMHI • IGP • INGEMMET • IGN • Manual de evaluación de riesgo
	vulnerabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición • Fragilidad • Resilencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy altos • Altos • Medio • Bajos 	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de Suelos y Pavimentos. MTC • Manual de Puentes MTC • Manual de Hidráulica e Hidrología. MTC • RNE (E 030)
	Medidas de prevención y reducción	<ul style="list-style-type: none"> • Amenaza • vulnerabilidad • Área de influencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructurales • No estructurales • simulacros 	<ul style="list-style-type: none"> □ Manual de evaluación de riesgo (CENEPRED)
<u>Variable dependiente</u> Mejorar la transitabilidad de la carretera	Alternativa de solución	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del pavimento MTC • Diseño del pavimento AASHTO 93 • Muro de contención 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible • Rígido • Muro de concreto armado • Muro de gaviones 	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de conservación vial. MTC • Manual de inventario vial. MTC • AASHTO 93 • Manual de Suelos y Pavimentos

Fuente: Tesista

1.8 Población

La carretera pavimentada de bajo volumen de tránsito cuenta con 2100 m de carretera con una calzada de 5m, teniendo un área de 10500 m² de carretera

1.9 Muestra

Se va a analizar el 100% de la carretera para poder tener una confiabilidad del 100% y tener mayor alcance sobre el peligro de geodinámica externa (flujo de detritos)

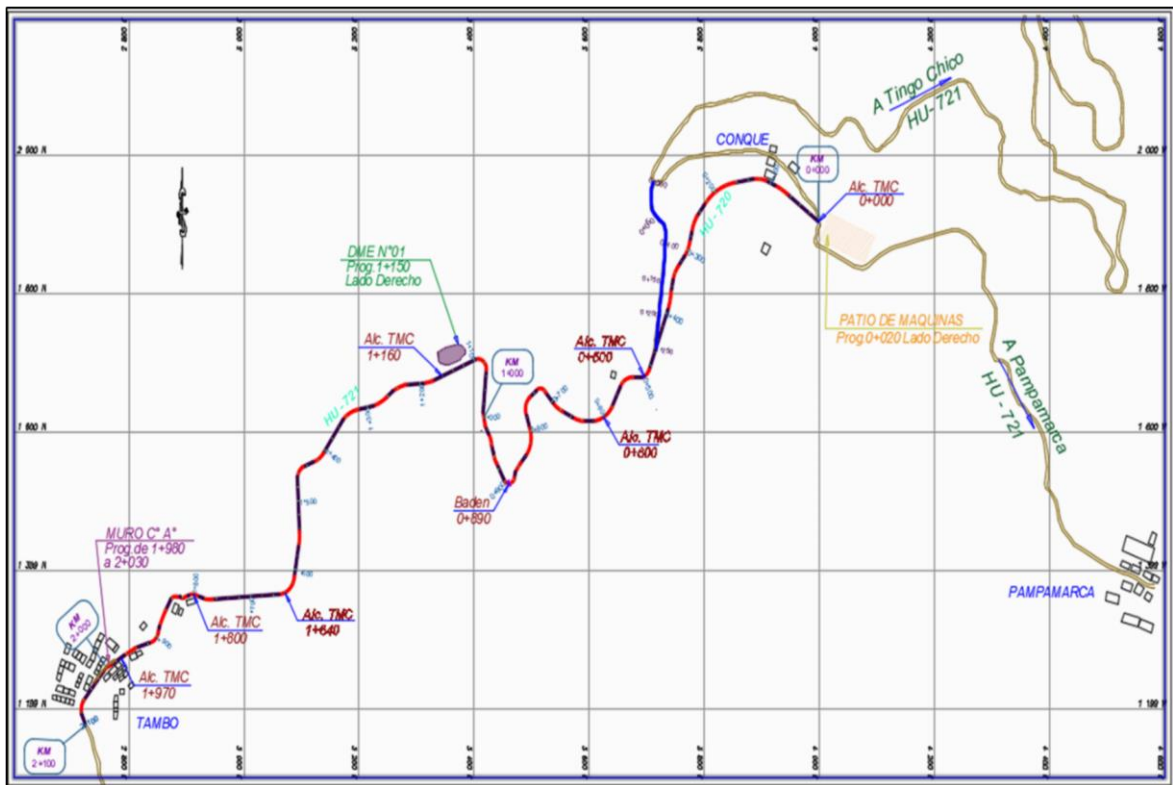


Figura N° 17: Área de estudio carretera Conque - Tambo

Fuente: Tesista

CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Nivel y tipo de investigación:

De acuerdo a la **Orientación es Aplicada**, Porque se va utilizar teorías existentes para el desarrollo de la evaluación de peligros, vulnerabilidad y riesgo de desastre. Ensayos de mecánica de suelos, Manual de diseño y especificaciones técnicas de carreteras del MTC.

De acuerdo al **Enfoque es mixto**, porque la toma de datos es de forma cualitativa con el uso de formatos de los ensayos y cálculos de la misma, cuyo resultado nos dará en forma cuantitativa. De ahí el riesgo es de manera cualitativa, y el análisis de la transitabilidad para mejorar la condición de la carretera pavimentada, cuantitativa.

Es una **investigación descriptiva**, Porque describe la realidad de los peligros y la necesidad de mejorar la transitabilidad de la carretera producto de los riesgos de desastres naturales y poder llevar desarrollo en las dos provincias.

2.2 Diseño de la investigación:

El diseño de esta investigación **No Experimental**, debido a que se va a mejorar la transitabilidad de la carretera que une dos provincias, se tiene que realizar métodos descriptivos y observacionales que permita levantar la información primaria.

De acuerdo con la direccionalidad es **Prospectiva**, Porque se mide y/o analiza en el presente las condiciones de la trocha carrozable, y efecto en el futuro para poder decidir el tipo de conservación más favorable, producto de una gestión de riesgo de desastre en la carretera.

De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado es **Transversal**, Porque se recolectan y/o miden los datos una sola vez de la variable, y de inmediatamente procede a su descripción o análisis de los ensayos de acuerdo a los manuales carretera y el manual de riesgo de desastre

2.3 Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos:

- **Fuentes Primarias:** datos de estaciones Meteorológicos e Hidrometeorológicos.
- **Fuentes Secundarias:** libros, revistas, manuales, normas, material electrónico.

Las técnicas e instrumentos a emplear serán:

- Revisión bibliográfica.
- Encuestas a los pobladores acerca del comportamiento históricos de los cuatro caños naturales, en estudio.
- Recolección de datos del INGEMMET.

2.4 Procesamiento y presentación de datos:

Los datos obtenidos se procesarán de las siguientes maneras:

- Procesamiento de datos con herramientas digitales como el Word, Excel.

Para el procesamiento y resultados de los ensayos, se utilizará el Excel, con gráficos y el programa ARC GIS para mostrar el cuadro de peligros, vulnerabilidad y riesgo.

CAPITULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Ubicación geográfica

El Camino Vecinal Emp. R-020 (Conque) - Tambo se encuentra ubicado en el, Distrito de Pampamarca, Provincia de Yarowilca, Departamento de Huánuco, como se muestra en las siguientes imágenes.



Figura N° 18: Ubicación geográfica

Fuente: Tesista

Políticamente se encuentra ubicado en:

Región	:	Huánuco
Provincia	:	Yarowilca
Distrito	:	Pampamarca
Lugar	:	Conque - Tambo

3.2 Accesibilidad

El Camino Vecinal Emp. R-020 (Conque) - Tambo, inicia el tramo (km 0+000) en el poblado de Conque, empalme con el camino vecinal R-020 hoy (HU-721). El término del tramo se ubica en el centro poblado del Tambo (km 2+100).

Cabe indicar que el tramo en estudio según el Código de Rutas del D.S. 011-2016MTC es: HU-722 y el nombre de la trayectoria Emp. HU-721 – Tambo (2.100 Km.). El proyecto tiene las siguientes coordenadas geográficas UTM-WGS84 DATUM, Zona 18 Sur, del inicio y final del camino vecinal que se muestran en el siguiente cuadro

Cuadro N° 3: Altitud y coordenadas UTM de la carretera

Pobladados	ALTITUD (msnm)	COORDENADAS UTM	
		Latitud Este X	Longitud Norte Y
Inicio Poblado de Conque (Emp. HU-721)	3410.00	312404.00	8927289.00
Fin Poblado de Tambo (Fin HU-722)	3440.00	311168.00	8926618.00

Fuente: Tesista

Se puede acceder a la zona De estudio desde la ciudad de Huánuco mediante el siguiente recorrido:

Cuadro N° 4: accesibilidad a la carretera en estudio

TRAMO	DISTANCIA km.	TIPO DE CARRETERA	TIEMPO EN Hr. mIn.
Huánuco – Pte Quipas (PE-3N, 336.00 Km)	102.00	Asfalto (Regular estado)	3 Hr
Pte Quipas - Ruta HU-719 – Dv. HU-721. 2.50 Km.	2.50	Afirmado Regular	5 min..
Emp. Hu-721(Pte Quipas) - Dv. HU-722 (Conque – Inicio)	4.00	Afirmado Regular	15 min.
TOTAL	108.50		3 Hr 20 min

Fuente: Tesista

Por tanto, el recorrido de Huánuco a Obra (Km 00+000 Emp. R-020 (Conque)) tiene una distancia de 108.50 Km con un tiempo de viaje de 03h30' aproximadamente.

3.3 Altitud

La totalidad del trazo del Camino Vecinal Emp. R-020 (Conque) - Tambo, se desarrolla entre los 3,410 msnm y 3,440 msnm. El tramo se inicia en el Emp. R020 (Conque) a una altitud de 3,410 msnm, para luego continuar hasta llegar al poblado de Tambo, a una altitud de 3,440. msnm, que pertenece al Distrito de Pampamarca.



Figura N° 19: Vista del km 0+000, poblado de conque Fuente:
Tesista

3.4 Clima

El clima en la zona del proyecto es templado seco a frio propio de la sierra peruana, con una temperatura media anual máxima de 25°C y mínima de 4°C. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de octubre hasta abril. Estas alcanzan precipitaciones desde los 500 a 800 mm.



Figura N° 20: vista del km 2+100, poblado de tambo
Fuente: Tesista

3.5 Recursos naturales

Entre los recursos naturales se cuentan con una diversidad de productos agrícolas, la zona es productora de papa, maíz, cebada, trigo en la parte de Conque - Tambo, existe en la zona animales menores como porcinos, gallinas, ganadería en menor proporción como ganado, ovino, vacuno, burros, etc.

Recursos naturales que servirán al proyecto tenemos: madera de eucalipto, aliso, piedras, material de lastrado, tierra para relleno, etc.

3.6 Estudio de tráfico

Para el desarrollo del Estudio de Tráfico, se identificó dos Estaciones principales de Conteo, la misma que fue presentada en el Plan de Trabajo y consignados en nuestro Informe de Programación de Trabajos.

Se dio inicio del aforo vehicular, consistente en el conteo del tráfico, consignándose la cantidad y tipo de vehículo en los formatos respectivos.

Para alcanzar esta finalidad ha sido necesario organizar un servicio de control de tránsito eficiente y dispuesto en localidades estratégicas, obteniendo los datos mencionados lo más exactamente posible.

Cuadro N° 5: Cuadro de Definición de Estaciones

ESTACIÓN	UBICACIÓN	TRAMO	DÍAS DE CONTEO	FECHA	DÍAS
E-01	Emp. HU-721 (CONQUE)	Emp. HU-721 (CONQUE) KM 0+000 - TAMBO Km 2+100	7	08/01/2018 al 14/01//2018	Lunes - Domingo

Fuente: Tesista

La ubicación de la estación seleccionada se muestra en la siguiente figura:



Figura N° 21: Ubicación del Conteo de Tráfico – Plantel Técnico Fuente:
Tesista

Origen y destino del tránsito

Los resultados de la investigación de origen y destino están claramente evidenciados, tanto de la carretera hacia el exterior, como desde el exterior hacia la carretera, en los cuadros siguientes, los cuales se encuentran diferenciados en origen y destino para vehículos de carga y origen, así también, de destino para vehículos de pasajeros.

Índice Medio Diario Semanal (IMDS)

Cuadro N° 6: cálculo del índice medio diario semanal (IMDS)

TRAMO	INDICE DIARIO (IDi)								
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	TOTAL	
Ruta Nª HU-722 Trayectoria: Emp. HU-721 - Tambo.	30	15	16	17	30	18	17	143	20

Fuente: Tesista

Índice Medio Diario Anual (IMDA)

El resumen de los resultados del IMD Anual, obtenidos sobre la base de los Cuadros anteriores los cuales se denotan en el informe de tráfico. Se muestran a continuación.

Cuadro N° 7: proyección del índice medio diario anual (IMDAn)

TRAMO	IMDAi	r	IMDAn					
			AÑO 0	PERIODO DE DISEÑO				
	2018	%	2018 n = 1	2019 n = 2	2020 n = 3	2021 n = 4	2022 n = 5	2023 n = 6
Ruta N° HU-722 Trayectoria: Emp. HU721 - Tambo.	24	6.00	25	27	29	30	32	34

Fuente: Tesista

Cuadro N° 8: Cálculo del índice vehicular acumulado en 5 años

TRAMO	IVAi	N° VEH.	IVA	N° VEH.	n	N° VEH. ACUM.
	2018	2018	(2017)	(2017)		(2017)
	(1)	(2)=(1)*365	(3)	(4)=(3)*365	(5)	=(5)*((2)+(4))/2
Ruta N° HU-722 Trayectoria: Emp. HU-721 - Tambo.	25.00	9,125.00	34.00	12,410.00	5.00	53,837.50

Fuente: Tesista

3.7 Características geométricas de la carretera.

El presente proyecto tiene una longitud total de 2.10 km. los cuáles serán a nivel de construcción nueva 450.00 m y el mejoramiento en su totalidad.

- Según su jurisdicción : Distrital
- Según su Función : Carretera de la Red Vial Vecinal o Rural (Según Manual de carreteras de BVT – 2008)
- Según su Demanda : Trocha Carrozable $IMD \leq 200$ veh/día (Según Manual de carreteras DG-2018)

- Según su Orografía : Tipo 4 Terreno Escarpado $S \geq 8.00\%$
(Según Manual de Carreteras DG-2018)
- Velocidad directriz : 20 .00 Km/Hora
- Longitud de parada : 20 mts.
- Radio mínimo : 10mts
- Pendiente mínima : 0.50%
- Pendiente máxima : 6.88 %
- Pendiente máxima Excep. : 12.00 %
- Longitud curva vertical: Min=40.00 m. Max =160.00m
- Ancho de calzada : 4.50 mts
- Peralte de calzada : 2% mínimo, 6% en curva de volteo,
- Taludes y corte de relleno: Según Manual de carreteras de VBT 2008 -
Cunetas : Ancho 0.60, profundidad 0.30 mts.

(Según Manual de carreteras de VBT – 2008)

Según su Función es Carretera Vecinal o Rural; y Según su Demanda; Trocha Carrozable.

3.8 Estudio de hidrología e hidráulica

El servicio de una carretera o trocha carrozable, depende en gran medida de un buen sistema de drenaje de las aguas pluviales y flujos naturales de escorrentía superficial. Las acumulaciones de agua sobre la calzada producto de la precipitación pluvial, aún en pequeñas cantidades, constituyen un peligro para el tránsito y la estructura del pavimento.

La infiltración del agua a la estructura del pavimento puede producir un reblandecimiento y deteriorar rápidamente la vía, obligando a una reparación antes del tiempo programado (muchas veces costosa). Además, la socavación y/o inundación de un área puede llegar a cortar e interrumpir la superficie de rodadura, produciendo en ciertas ocasiones hundimientos e interrupciones en el tránsito. Debido a estos sucesos, el estudio hidrológico y de drenaje de una carretera es parte esencial del proyecto, el cual en muchas ocasiones ha llegado a influir en el cambio de trazo de la vía.

Para ejecutar los cálculos hidrológicos correspondientes, que consientan obtener los caudales de diseño que dimensionarán las obras de drenaje, se han utilizado los datos de las estaciones meteorológicas de “Jacas Chico”

En consecuencia, las lluvias que servirán para calcular los caudales de diseño del Camino Vecinal EMP. R-020 (Conque) - Tambo, lo conforman los datos de precipitación máximo mensual de la estación Jacas chico, esos caudales determinarán las obras de arte a ser implementadas pasando a formar parte del sistema de drenaje de la vía. Las lluvias de diseño se ven en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 9: Estaciones pluviométricas en la zona del estudio.

Estación	Altitud (msnm)	Longitud	Latitud	Período de registro
Jacas Chico	3673	76° 30' 1" W	9° 53' 1" S	1990-2014

Fuente: SENAMHI.

Las obras de drenaje han sido dimensionadas, tomando como referencia el “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje” del MTC, que especifica los tiempos de retorno para determinadas estructuras:

Cuadro N° 10: Periodo de retorno, según obra de arte

Estructura	Años de Vida Útil	Periodo De Retorno (Años)	Riesgo Admisible
Cunetas – zanjias	15	25	40%
Subdrenes	15	25	40%
Alcantarillas de alivio	15	30	35%
Alcantarillas de paso	25	50	30%
Badenes	25	50	30%
Puentes	40	100	25%
Defensas ribereñas	40	150	25%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.9 Estudio de suelos

Se han efectuado un total de 5 calicatas en la plataforma de la carretera, las cuales se ubicaron en forma de zig-zag (uno a cada lado del carril) del eje proyectado de la plataforma de la carretera, conforme a la proyección del trazo geométrico. Se distanciaron las perforaciones una de la otra aproximadamente en 500 m.

Durante los trabajos de exploración no se evidenció la existencia de la napa freática en las calicatas realizadas en campo.

Del estudio se establece que la gran mayoría de suelos existentes en el área del proyecto son de regular calidad cuya clasificación se muestra a continuación

Numero	Progresiva	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
C-1	0+000	SC	a-2-6 (0)
C-2	0+500	CL	a-6 (7)
C-3	1+000	GM	a-1-b (0)
C-4	1+500	SW	a-4 (0)
C-5	2+000	SP	a-2-4 (0)

La humedad encontrada en la mayoría de estos suelos es baja.

3.10 Estudio de geología y geotecnia

- El estudio tiene por objetivo, identificar y evaluar las características geológicas que presenta el tramo, con el fin de establecer medidas de solución adecuadas de los diferentes problemas geológicos presentes en el área donde se ubica el proyecto. Para cumplir con el objetivo se realizó el estudio Geológico – Geotécnico del camino, desarrollado en base a la información existente, a los trabajos de reconocimiento de campo para el desarrollo del presente informe.
- El tramo Con que – Tambo, actualmente solo cuenta con una trocha carrozable en muy mal estado con baches, ahuellamiento y erosiones los cuales no permiten la libre circulación en épocas de invierno, presenta un ancho promedio entre 3.50 y 4.00m.

- De acuerdo a la información obtenida no presente sectores críticos ni estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia que puedan causar daño a la infraestructura.
- El proyecto se ubica en la zona 2; asignando un factor de aceleración máxima del suelo $a=0.25g$, se ha designado perfil tipo 3 y factor (S) 3.
- Actualmente donde se desarrolla el eje de estudio presenta zonas de inestabilidad de bajo riesgo principalmente de desprendimientos de rocas y deslizamientos que han sido identificadas durante el levantamiento geológico realizado en la etapa de campo sin embargo estos fenómenos pueden ser activados principalmente en época de lluvias en donde cambian sus propiedades mecánicas y físicas de los materiales.

Rocas metamórficas

Esquistos en el área de estudio estas rocas presentan buena resistencia se encuentran alteradas por el intemperismo que actúan en las rocas. La siguiente vista es una toma del tramo Km 1+020, se puede observar taludes de roca que pertenece al complejo Marañón.

Esta unidad ha sido mapeada en las siguientes progresivas.

Cuadro N° 11: rocas metamórficas

Progresiva		Litología
De	A	
0+300	0+420	Esquistos
1+020	0+300	Esquistos
1+540	1+600	Esquistos
1+690	1+600	Esquistos

Fuente: Tesista

Geodinámica lineal

El área de interés presenta problemas geodinámicas en las que predominan las caídas de rocas y deslizamiento en suelos que afectan el camino estudiado.

Se identificaron y evaluaron sectores afectados por procesos e geodinámica externa sin llegar a ser consideradas como críticas sin embargo son zonas que han sido considerados de bajo riesgo.

Cuadro N° 12: Procesos geodinámicas identificados en el tramo

SECTORIZACIÓN DE LOS FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA					
Sector	Inicio (Km.)	Fin (Km.)	Longitud (m)	Fenómeno Geodinámica	Lado
SECTOR 1	0+420	0+1020	600	Deslizamiento	Izquierdo

Fuente: Tesista

Clasificación de materiales de corte

El siguiente cuadro muestran los taludes de corte recomendados, así como la clasificación de materiales estimada del tramo:

Cuadro N° 13: clasificación de materiales de corte

PROGRESIVA		TIPO DE MATERIAL			TALUD DE CORTEV:H	TALUD DE RELLENO
De	A	ROCA FIJA	ROCA SUELTA	MATERIAL SUELTO		
0+000	0+300			X	2:1	1:1,5
0+300	0+420		X		6:1	1:1,5
0+420	1+020			X	2:1	1:1,5
1+020	1+300		X		6:1	1:1,5
1+300	1+460	X			10:1	1:1,5
1+460	1+540			X	2:1	1:1,5
1+540	1+600		X		6:1	1:1,5
1+600	2+100			X	2:1	1:1,5

Fuente: Tesista

3.11 Aspecto geológico y geomorfológico de evaluación

Según la descripción geológica en el cuadrángulo de La Unión, en el área se presenta afloramientos de rocas metamórficas y cobertura de depósitos recientes superficial

Geomorfológicamente se observan montañas, terrazas bajas y depósitos de piedemonte

Montaña metamórfica

Presenta rangos de pendientes variables entre moderada a fuerte, muy susceptible a la formación de movimientos en masa, como deslizamientos.

En esta unidad se encuentran afloramientos de rocas metamórficas conocidas como complejo marañón. Se trata de esquistos gris azulados plateados, con abundantes vetas de cuarzo, destacan por su coloración y menor resistencia a la erosión, los que tentativamente se consideran formados a partir de la secuencia pelítica pre – metamórfica

En el extremo sur oeste se presenta afloramiento de conglomerados polimicticos gruesos en matriz arenosa. Ocasionalmente se observan estratos de arenisca gris a pardo claras, de grano grueso, líticas, conforman una terraza alta

Depósitos de piedemonte

Terrazas bajas

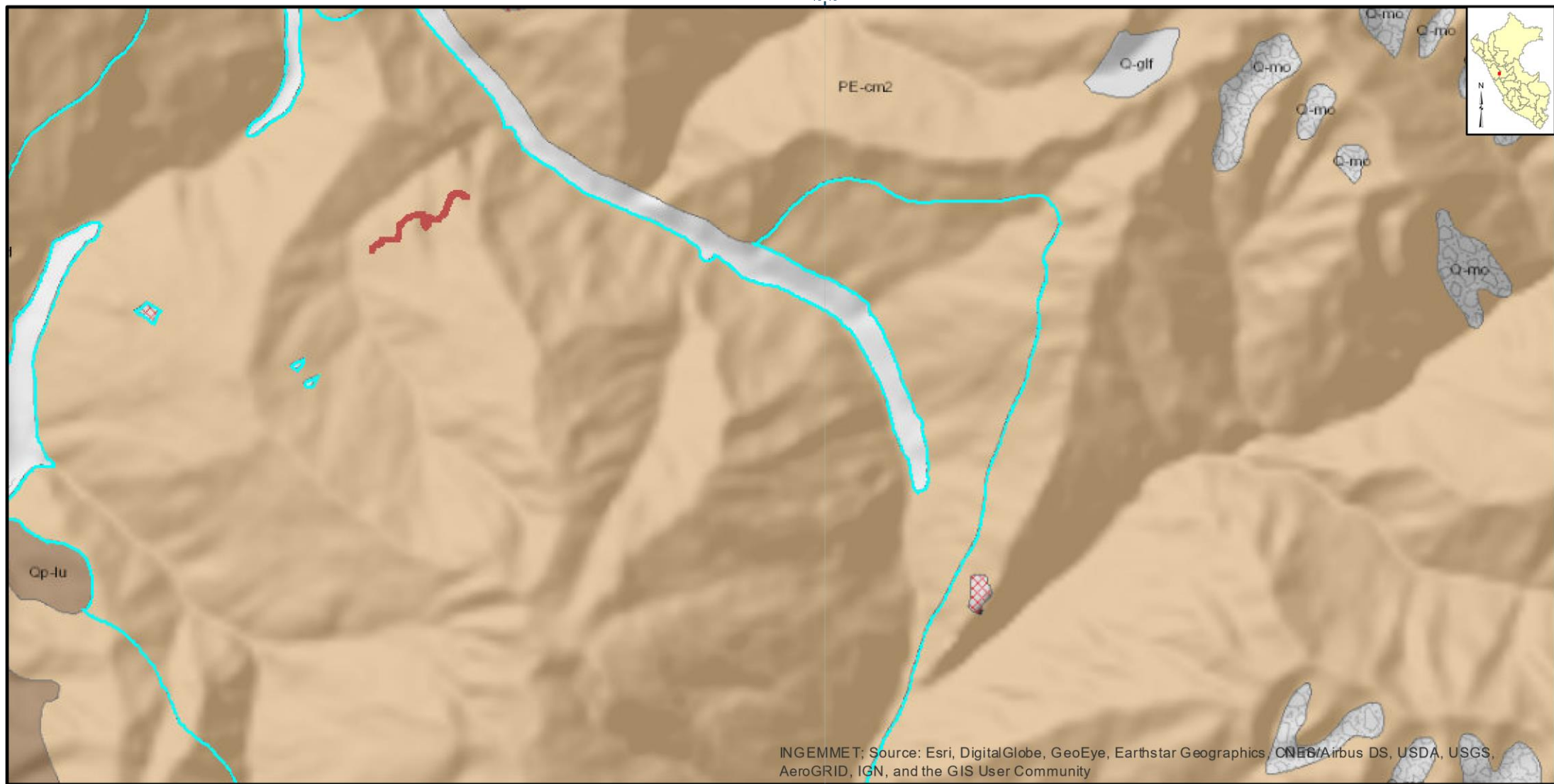
Se encuentran en áreas aledañas al río marañón en ambas márgenes, caracterizadas por estar conformados por clastos de diferente naturaleza (metamórfica y sedimentaria) de forma redondeada.

Depósitos coluvio-deluviales

Son los generados por los antiguos movimientos en masa como deslizamientos. Como ejemplo tenemos en el sector de Pampamarca, estos depósitos se caracterizan por estar conformados por gravas, escasos bloques, englobados en matriz limo arenoso

Depósitos proluviales

Se encuentran en la desembocadura de las quebradas, se caracterizan por tener formas de abanico, el material que lo conforman son clastos sub angulosos, estos depósitos en ocasiones han llegado a obturar temporalmente al río marañón



INGEMMET; Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Franjas		Buzamiento	
2000-2003	High : 254	Diaclasa vertical	Rumbo y buzamiento de estratos fotointerpretado > 60°
2000	Low : 0	Rumbo y buzamiento de diaclisas	Dirección general de pendiente
1999	Hojas	Rumbo y buzamiento de estratos fotointerpretado < 30°	Foliación vertical
Contacto 50K Franjas	Secciones Geológicas	Rumbo y buzamiento de foliación	Rumbo y buzamiento de estratos invertido
Contacto		Estrato vertical	Rumbo y buzamiento de estratos fotointerpretado 30° - 60°
Contacto			

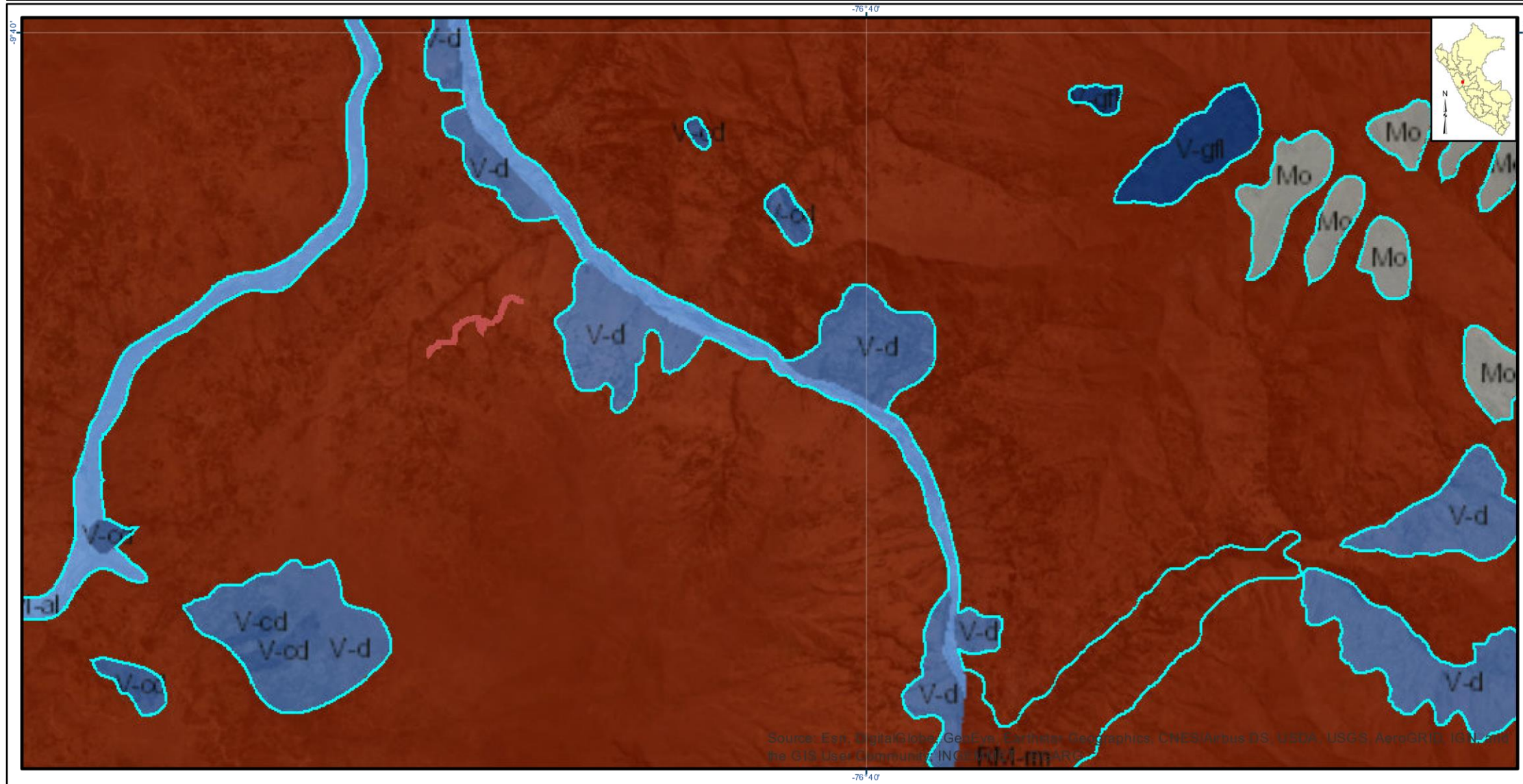
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO

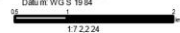
Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
 Proyección: Mercator Auxiliary Sphere
 Datum: WGS 1984

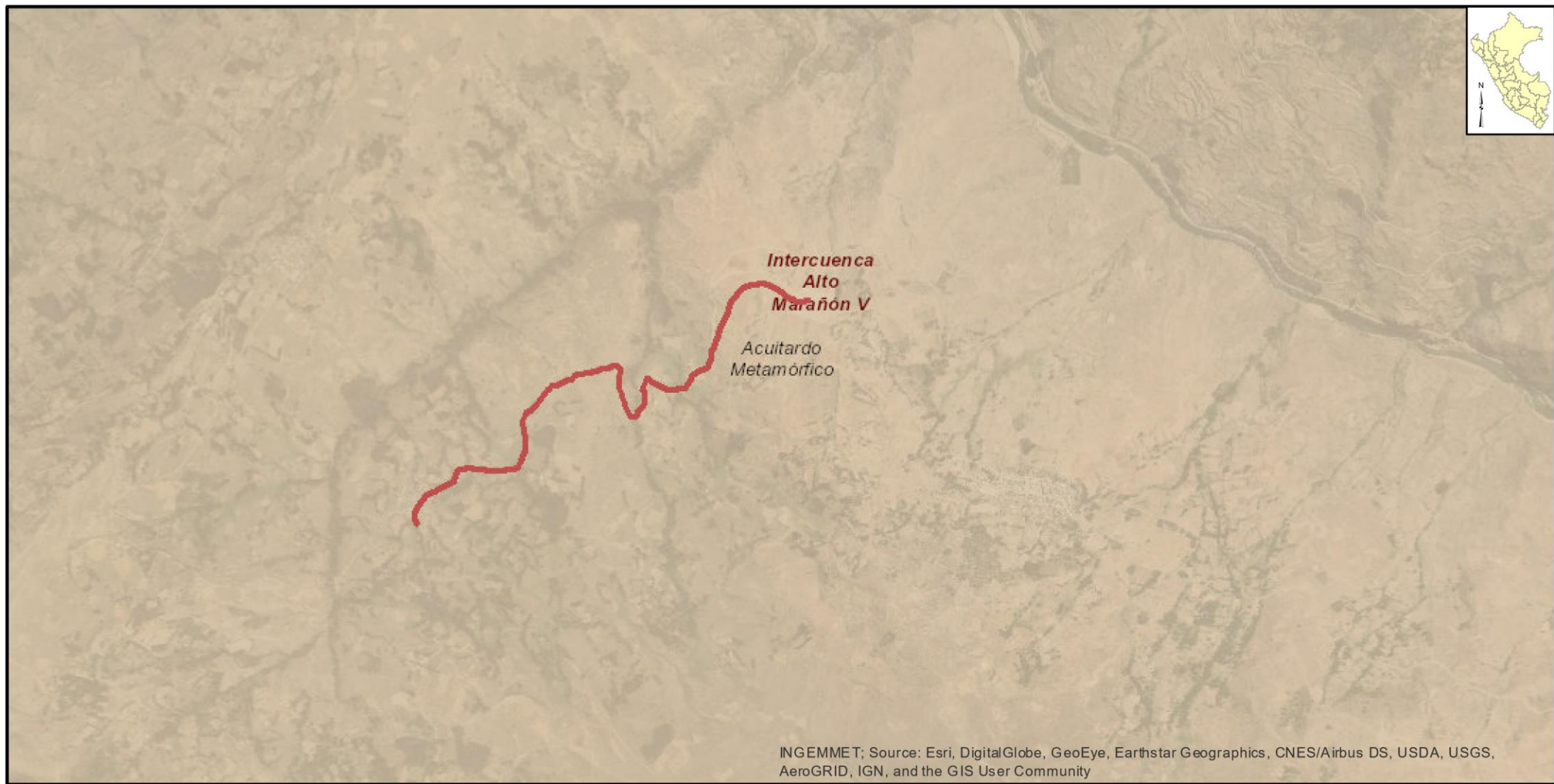
17.22.24

A-4



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
MAPA GEOMORFOLOGIA	
<small>Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere Proyección: Mercator Auxiliary Sphere Datum: WGS 1984</small>	
	A-4



INGEMMET; Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Hidrogeoquímica	▲ Punto de Control	■ Acuitardo Intrusivo	■ Acuífero Fisurado Volcánico
■ Manantial	Unidades Hidrográficas	■ Acuitardo Metamórfico	■ Acuífero Fisurado Volcánico Sedimentario
■ Manantial Captado	■ Región Hidrográfica del Pacifico	■ Acuitardo Sedimentario	■ Acuífero Poroso No Consolidado Alta
■ Pozo	■ Región Hidrográfica del Amazonas	■ Acuitardo Volcánico	■ Acuífero Poroso No Consolidado Media
■ Fuente Termal	■ Región Hidrográfica del Titicaca	■ Acuitardo Volcánico Sedimentario	■ Laguna
■ Galería Filtrante	Hidrogeología Nacional	■ Acuífero Fisurado Karstico	□ Hidrogeología Contacto
● Bofedal	■ Acuífugo Metamórfico	■ Acuífero Fisurado Sedimentario	

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

MAPA HIDROGEOLOGICO

Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
Proyección: Mercator Auxiliary Sphere
Datum: WGS 1984

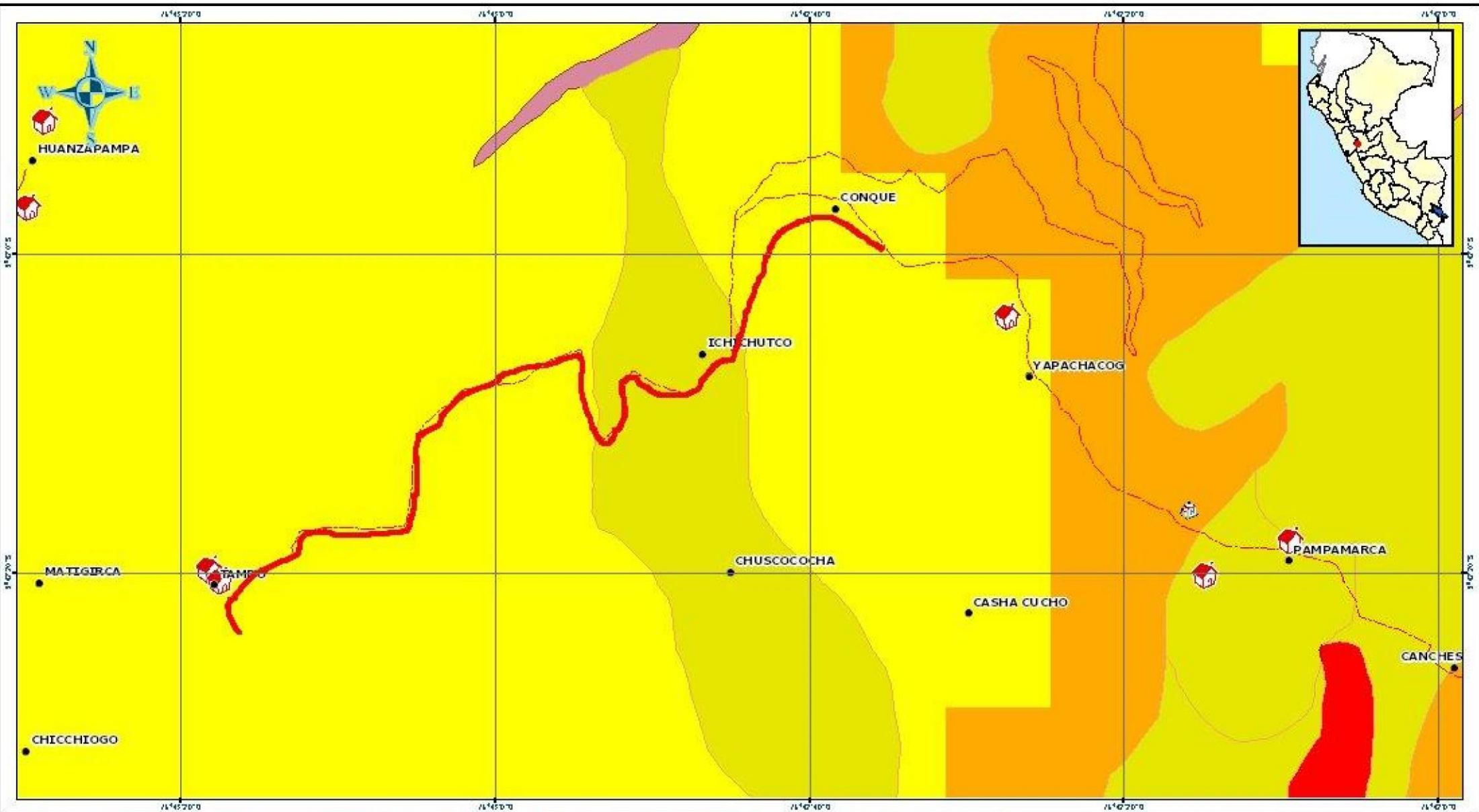
0 118.05

A-4

3.12 Pendiente

Este parámetro indica los grados de inclinación del terreno frente a un plano horizontal. Los diferentes grados de pendiente condicionan los procesos geomorfológicos y los movimientos en masa.

- Muy altas pendientes: de 45° a más, indican escarpes muy fuertes en las laderas y tienen una influencia muy alta para la susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Altas pendientes: de $45-25^\circ$ tienen influencia alta en la susceptibilidad a los movimientos en masa, representando en el terreno laderas escarpadas de las montañas y colinas.
- Moderadas pendientes: $25-10^\circ$ tienen influencia media en la susceptibilidad a los movimientos en masa. Se representan en el terreno en laderas y piedemonte cercanas al cauce de las quebradas.
- Bajas pendientes: entre 15 y 5° , representan una influencia baja en la susceptibilidad a los movimientos en masa, se representa en el fondo de valle y los taludes detríticos.
- Muy bajas pendientes: menores a 5° , áreas de muy baja influencia en la susceptibilidad a los movimientos en masa tipo caídas y derrumbes; sin embargo, es el área donde se explayan los sedimentos arrastrados, representa los conos de deyección de los cursos esporádicos y frecuentes.



LEYENDA

- polylineLayer**
- Override 1
 - Centros Poblados
 - Establecimientos de Salud

REFERENCIA CARTOGRAFICA

Escala: 1:10,000



1 cm en el mapa equivale a 100 metros en el terreno.
 La superficie visible mínima representada en el mapa es de aproximadamente 100 m².

Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum Horizontal de Referencia WGS84

CARTOGRAFIA GENERADA EN LA PLATAFORMA GEOESPACIAL DEL



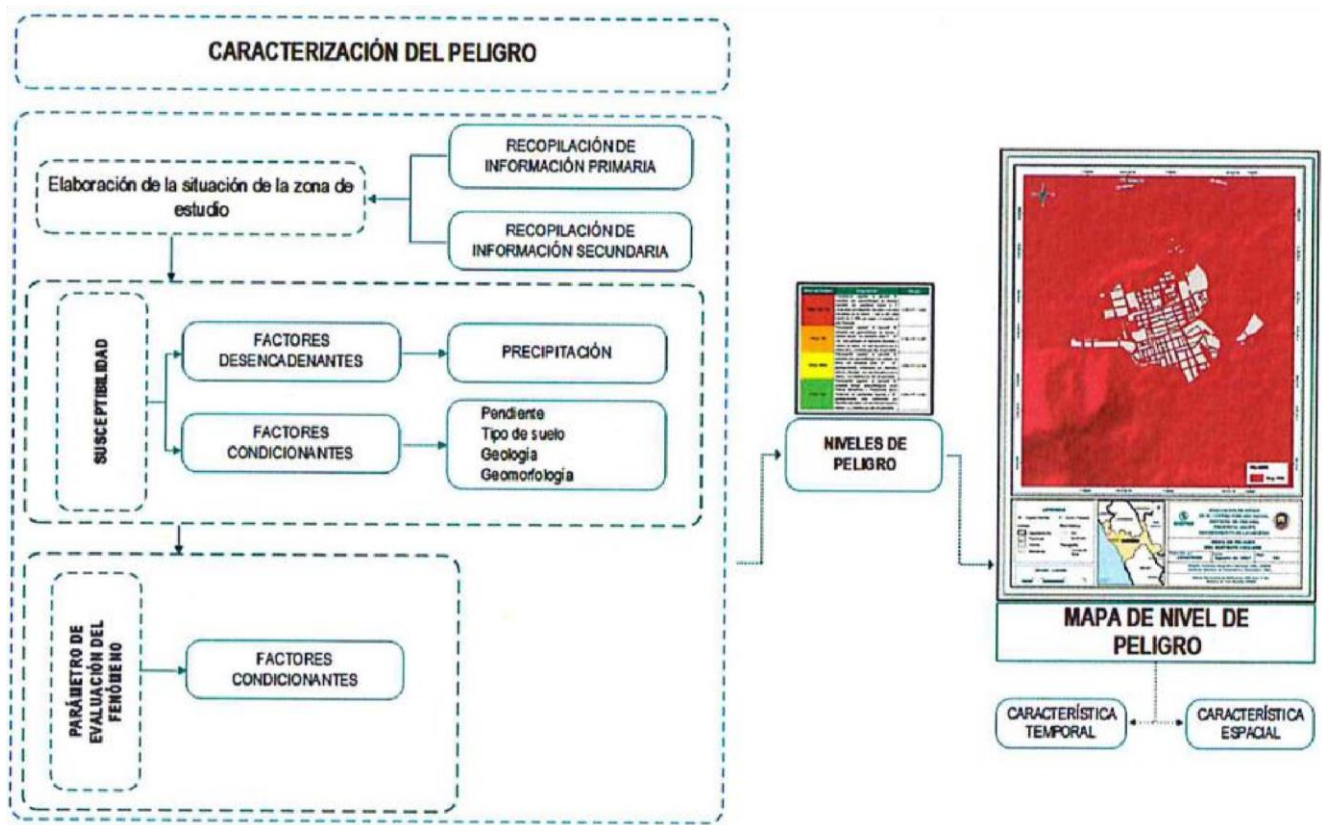
SIGRID CENEPRED

Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres

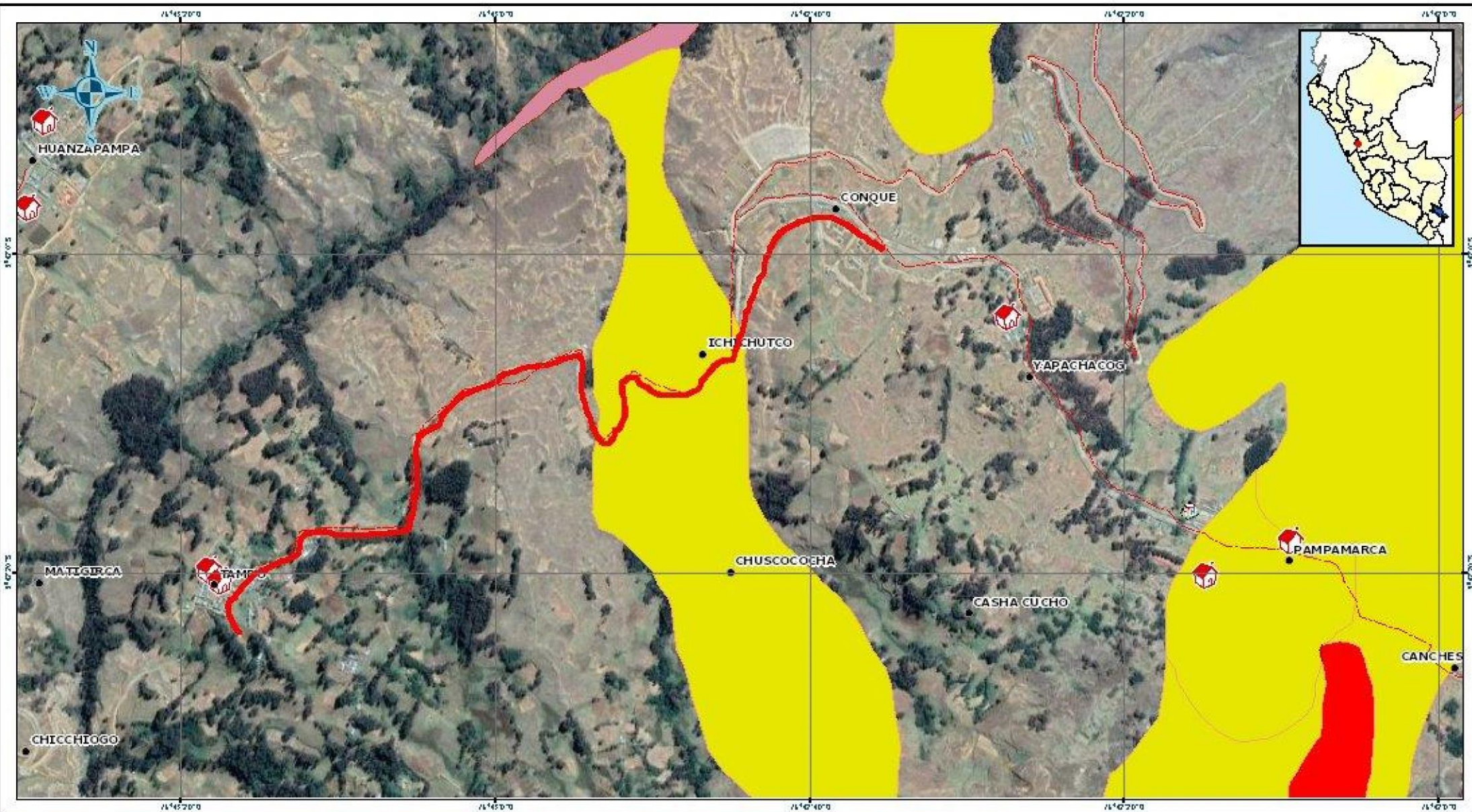
3.13 Determinar los niveles de peligrosidad

Para determinar el nivel de peligrosidad por flujos de detritos, se utilizó la metodología descrita en el Gráfico N° 1.

Gráfico N° 1: determinación de niveles de peligro



Fuente: CENEPRED



LEYENDA

- polylineLayer**
- Override 1
 - Centros Poblados
 - Establecimientos de Salud

REFERENCIA CARTOGRAFICA

Escala: 1:10,000



1 cm en el mapa equivale a 100 metros en el terreno.
La superficie visible mínima representada en el mapa es de aproximadamente 100 m².

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal de Referencia WGS84

CARTOGRAFIA GENERADA EN LA PLATAFORMA GEOESPACIAL DEL



SIGRID CENEPRED

Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres

3.13.1 Parámetro de evaluación

Para el presente trabajo se ha considerado como único parámetro de evaluación la Frecuencia de los eventos extremos para la obtención de los pesos ponderados de este parámetro de evaluación, se utilizó el proceso de análisis jerárquico, los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro N° 14: Matriz de comparación de pares del parámetro frecuencia

FRECUENCIA	Mayor a 5 eventos extremos al año	4 eventos extremos al año	3 eventos extremos al año	2 eventos extremos al año	1 evento extremo al año
Mayor a 5 eventos extremos al año	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
4 eventos extremos al año	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
3 eventos extremos al año	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
2 eventos extremos al año	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
1 evento extremo al año	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 15: Matriz de normalización de pares del parámetro frecuencia

FRECUENCIA	Mayor a 5 eventos extremos al año	4 eventos extremos al año	3 eventos extremos al año	2 eventos extremos al año	1 evento extremo al año	Vector Priorización
Mayor a 5 eventos extremos al año	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
4 eventos extremos al año	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
3 eventos extremos al año	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
2 eventos extremos al año	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
1 evento extremo al año	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro frecuencia

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.061
RC	0.054

3.13.2 Factor desencadenante

Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Parámetro precipitación

Cuadro N° 16: Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación

PRECIPITACIÓN	Mayor a P99	P95 - P99	P90 - P95	P75 - P90	Menor a P75
Mayor a P99	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
P95 - P99	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
P90 - P95	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
P75 - P90	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a P75	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 17: Matriz de normalización de pares del parámetro precipitación

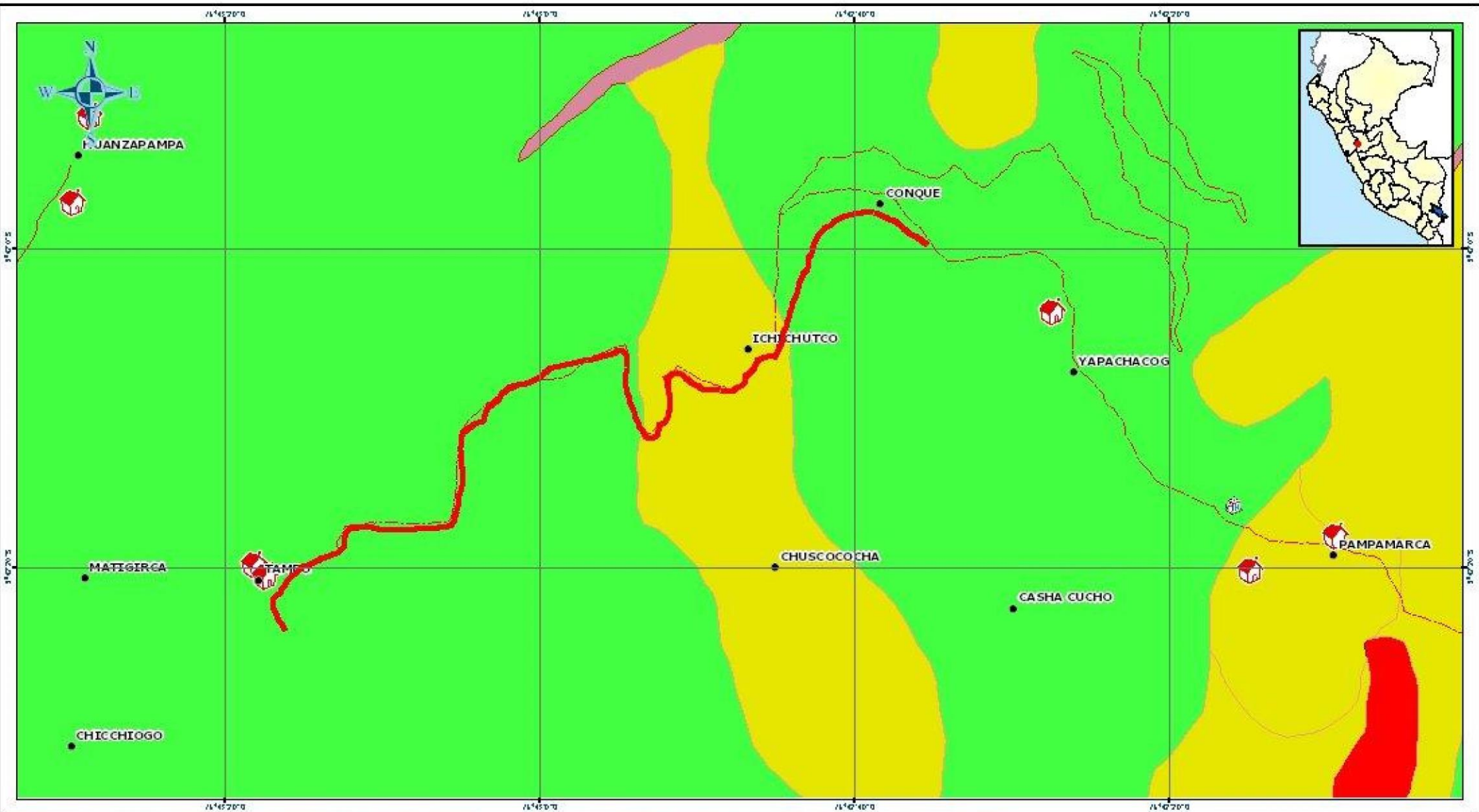
PRECIPITACIÓN	Mayor a P99	P95 - P99	P90 - P95	P75 - P90	Menor a P75	Vector Priorización
Mayor a P99	0.512	0.544	0.524	0.429	0.360	0.474
P95 - P99	0.256	0.272	0.315	0.306	0.280	0.286
P90 - P95	0.102	0.091	0.105	0.184	0.200	0.136
P75 - P90	0.073	0.054	0.035	0.061	0.120	0.069
Menor a P75	0.057	0.039	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro precipitación

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.047
RC	0.043



LEYENDA

- polylineLayer**
- Override 1
 - Centros Poblados
 - Establecimientos de Salud

REFERENCIA CARTOGRAFICA



CARTOGRAFIA GENERADA EN LA PLATAFORMA GEOESPACIAL DEL

SIGRID-CENEPRED
Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres

3.13.3 Factores condicionantes

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros de los factores condicionantes, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro N° 18: Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

Factores Condicionantes	Suelo	Geomorfología	Pendiente	Geología
Suelo	1.00	2.00	4.00	5.00
Geomorfología	0.50	1.00	2.00	3.00
Pendiente	0.25	0.50	1.00	3.00
Geología	0.20	0.33	0.33	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 19: Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes

Factores Condicionantes	Suelo	Geomorfología	Pendiente	Geología	Vector Priorización
Suelo	0.513	0.522	0.545	0.417	0.499
Geomorfología	0.256	0.261	0.273	0.250	0.260
Pendiente	0.128	0.130	0.136	0.250	0.161
Geología	0.103	0.087	0.045	0.083	0.080

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para los factores condicionantes

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.027
RC	0.031

Parámetro geológico

Cuadro N° 20: Matriz de comparación de pares del parámetro geológico

GEOLOGÍA	Depósitos deluviales (Qr-dl) y Depósitos fluviales (Qr-fl)	Depósitos aluviales (Qh-al)	Formación Gramadal (Js-gr)	Formación Labra (Jsla) y Formación puente (jmpu)	Formación cachios(Jsca)
Depósitos deluviales (Qr-dl) y Depósitos fluviales (Qr-fl)	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
Depósitos aluviales (Qh-al)	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Formación Gramadal (Js-gr)	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Formación Labra (Js-la) y Formación puente (jm-pu)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Formación cachios(Js-ca)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 21: Matriz de normalización de pares del parámetro geológico

GEOLOGÍA	Depósitos deluviales (Qr-dl) y Depósitos fluviales (Qr-fl)	Depósitos aluviales (Qh-al)	Formación Gramadal (Js-gr)	Formación Labra (Js-la) y Formación puente (jm-pu)	Formación cachios(Jsca)	Vector Priorización
Depósitos deluviales (Qr-dl) y Depósitos fluviales (Qr-fl)	0.50	0.54	0.47	0.43	0.36	0.460
Depósitos aluviales (Qh-al)	0.25	0.27	0.35	0.31	0.28	0.292
Formación Gramadal (Js-gr)	0.12	0.09	0.12	0.18	0.20	0.143
Formación Labra (Js-la) y Formación puente (jm-pu)	0.07	0.05	0.04	0.06	0.12	0.069
Formación cachios(Js-ca)	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.036

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro geológico

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.041
RC	0.037

Parámetro geomorfológico

Cuadro N° 22: Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfológico

GEOMORFOLOGÍA	Montañas	Aluvio torrencial	Llanura de inundación	Cauce aluvial	Lecho fluvial
Montañas	1.00	3.00	5.00	8.00	9.00
Aluvio torrencial	0.33	1.00	4.00	5.00	6.00
Llanura de inundación	0.20	0.25	1.00	4.00	4.00
Cauce aluvial	0.13	0.20	0.25	1.00	3.00
Lecho fluvial	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 23: Matriz de normalización de pares del parámetro geomorfológico

GEOMORFOLOGÍA	Montañas	Aluvio torrencial	Llanura de inundación	Cauce aluvial	Lecho fluvial	Vector Priorización
Montañas	0.57	0.65	0.48	0.44	0.39	0.504
Aluvio torrencial	0.19	0.22	0.38	0.27	0.26	0.264
Llanura de inundación	0.11	0.05	0.10	0.22	0.17	0.131
Cauce aluvial	0.07	0.04	0.02	0.05	0.13	0.065
Lecho fluvial	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.037

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro geomorfológico

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.090
RC	0.081

Parámetro suelo

Cuadro N° 24: Matriz de comparación de pares del parámetro suelo

SUELO	GP/GW - GP - Grava y Arena Aluvial	SP - Arena Eólica y de Playa y/o SP-SC - Arena y Arena Arcillosa con Propiedades Expansivas	GM - Grava Limosa con Arcilla y/o SM - Arena Limosa con presencia de napa freática y/o SM - Arena Limosa/Arena Arcillosa y Suelo Orgánico y/o SM - Arena Limosa y Gravilla	CL - Arcilla con arena y grava	Roca y/o Depósito de Relleno
GP/GW - GP - Grava y Arena Aluvial	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
SP - Arena Eólica y de Playa y/o SP-SC - Arena y Arena Arcillosa con Propiedades Expansivas	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
GM - Grava Limosa con Arcilla y/o SM - Arena Limosa con presencia de napa freática y/o SM - Arena Limosa/Arena Arcillosa y Suelo Orgánico y/o SM - Arena Limosa y Gravilla	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00
CL - Arcilla con arena y grava	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
Roca y/o Depósito de Relleno	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 25: Matriz de normalización de pares del parámetro suelo

SUELO	GP/GW - GP - Grava y Arena Aluvial	SP - Arena Eólica y de Playa y/o SP-SC - Arena y Arena Arcillosa con Propiedades Expansivas	GM - Grava Limosa con Arcilla y/o SM - Arena Limosa con presencia de napa freática y/o SM - Arena Limosa/Arena Arcillosa y Suelo Orgánico y/o SM - Arena Limosa y Gravilla	CL - Arcilla con arena y grava	Roca y/o Depósito de Relleno	Vector Priorización
GP/GW - GP - Grava y Arena Aluvial	0.56	0.64	0.51	0.46	0.38	0.509
SP - Arena Eólica y de Playa y/o SP-SC - Arena y Arena Arcillosa con Propiedades Expansivas	0.19	0.21	0.31	0.33	0.29	0.265
GM - Grava Limosa con Arcilla y/o SM - Arena Limosa con presencia de napa freática y/o SM - Arena Limosa/Arena Arcillosa y Suelo Orgánico y/o SM - Arena Limosa y Gravilla	0.11	0.07	0.10	0.13	0.17	0.117
CL - Arcilla con arena y grava	0.08	0.04	0.05	0.07	0.13	0.073
Roca y/o Depósito de Relleno	0.06	0.03	0.03	0.02	0.04	0.036

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro suelo

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.043
RC	0.039

Cuadro N° 26: Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente

PENDIENTES	> 45°	45° - 25°	25° - 15°	15° - 5°	< 5°
> 45°	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
45° - 25°	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
25° - 15°	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
15° - 5°	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
< 5°	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00

Fuente: Tesista

Cuadro N° 27: Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente

PENDIENTES	> 45°	45° - 25°	25° - 15°	15° - 5°	< 5°	Vector Priorización
> 45°	0.560	0.642	0.524	0.424	0.375	0.505
45° - 25°	0.187	0.214	0.315	0.303	0.292	0.262
15° - 25°	0.112	0.071	0.105	0.182	0.208	0.136
15° - 5°	0.080	0.043	0.035	0.061	0.083	0.060
< 5°	0.062	0.031	0.021	0.030	0.042	0.037

Fuente: Tesista

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro pendiente

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.047
RC	0.042

3.13.4 Niveles de peligro

Cuadro N° 28: Cálculo de los factores desencadenantes

FACTORES DESENCADENANTES			
PRECIPITACIÓN		Valor del factor desencadenante	Peso factor desencadenante
Peso parámetro precipitacion	Peso descriptor precipitacion		
1.000	0.474	0.474	0.300
1.000	0.286	0.286	0.300
1.000	0.136	0.136	0.300
1.000	0.069	0.069	0.300
1.000	0.035	0.035	0.300

Cuadro N° 29: Cálculo de los factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES									
GEOLOGÍA		GEOMORFOLOGÍA		SUELO		PENDIENTES		Valor del factor condicionante	Peso del factor condicionante
Peso parámetro geología	Peso descriptor geología	Peso parámetro geomorfología	Peso descriptor geomorfología	Peso parámetro suelo	Peso descriptor suelo	Peso parámetro pendientes	Peso descriptor pendientes		
0.080	0.460	0.260	0.504	0.499	0.509	0.161	0.505	0.503	0.700
0.080	0.292	0.260	0.264	0.499	0.265	0.161	0.262	0.266	0.700
0.080	0.143	0.260	0.131	0.499	0.117	0.161	0.136	0.125	0.700
0.080	0.069	0.260	0.065	0.499	0.073	0.161	0.060	0.068	0.700
0.080	0.036	0.260	0.037	0.499	0.036	0.161	0.037	0.037	0.700

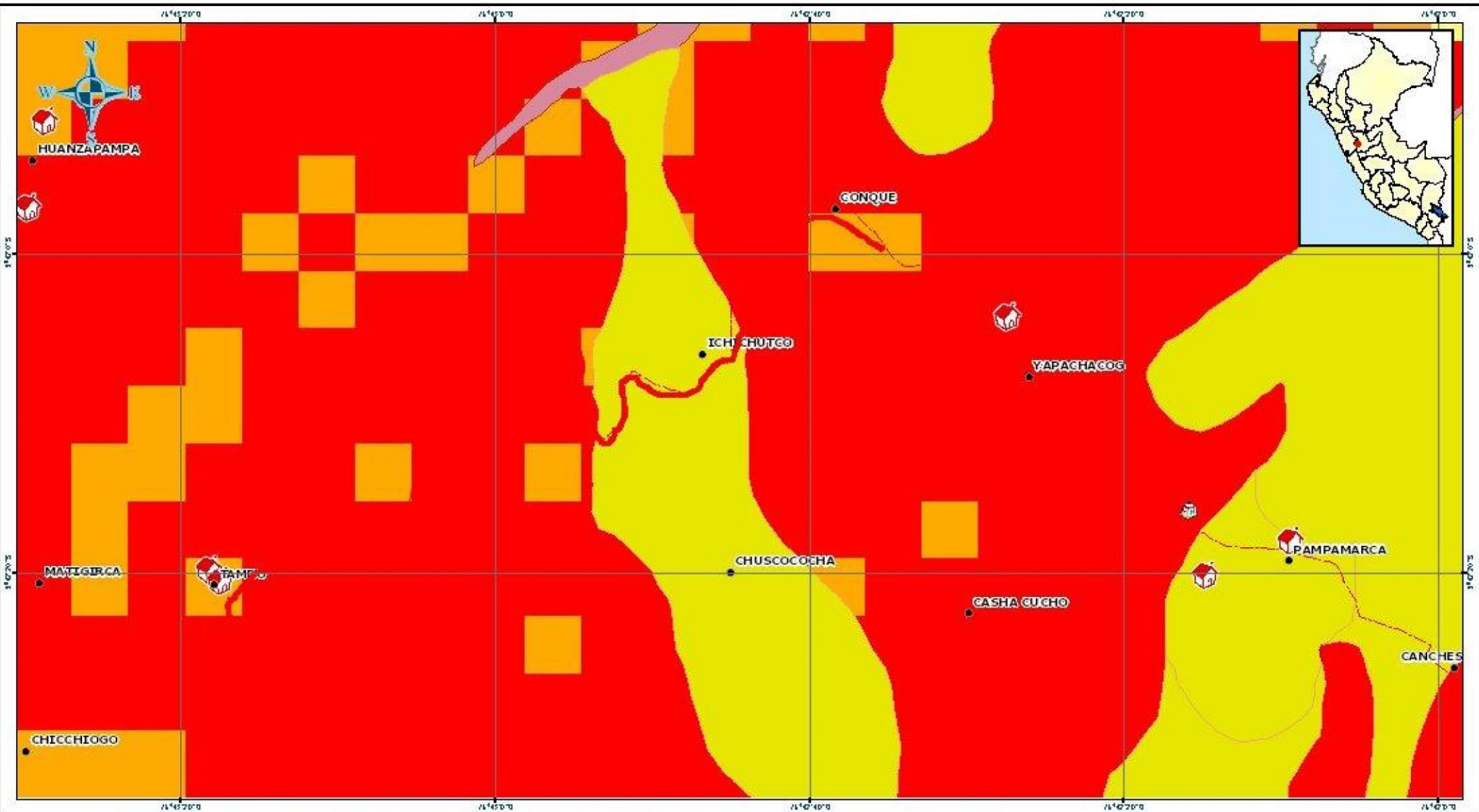
Cuadro N° 30: cálculo de parámetro de evaluación

Valor de factor susceptibilidad	Peso de factor susceptibilidad	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN				PELIGRO
		FRECUENCIA		Valor factor P. evaluación	Peso Factor P. evaluación	
		Peso parámetro frecuencia	Peso descriptor frecuencia			
0.494	0.800	1.000	0.503	0.503	0.200	0.496
0.272	0.800	1.000	0.260	0.260	0.200	0.270
0.129	0.800	1.000	0.134	0.134	0.200	0.130
0.068	0.800	1.000	0.068	0.068	0.200	0.068
0.036	0.800	1.000	0.035	0.035	0.200	0.036

Cuadro N° 31: Niveles de peligrosidad

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.268 \leq P \leq 0.500$
ALTO	$0.127 \leq P \leq 0.268$
MEDIO	$0.068 \leq P \leq 0.127$
BAJO	$0.036 \leq P \leq 0.068$

Fuente: Tesista



LEYENDA

polylineLayer

— Override 1

• Centros Poblados

🏠 Establecimientos de Salud

REFERENCIA CARTOGRAFICA

Escala: 1:10,000



1 cm en el mapa equivale a 100 metros en el terreno.
La superficie mínima representada en el mapa es de aproximadamente 100 m².

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal de Referencia WGS84

CARTOGRAFIA GENERADA EN LA PLATAFORMA GEOESPACIAL DEL



SIGRID CENEPRED

Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres

3.14 Transitabilidad

Para mejorar su transitabilidad en el tramo 0 + 420 – 1+020 que en ese tramo hay una quebrada que es un peligro a la infraestructura de la carretera por flujo de lodo que para obstruyendo y destruyendo la carretera para ello se plantea un pavimento rígido para que tenga mayor resistencia a dicho flujo de lodo

3.14.1 Metodología de diseño de Pavimento rígido MTC

Tráfico pesado:

Cuadro N° 32: tipo de tráfico pesado

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Serviciabilidad:

Cuadro N° 33: índice de serviciabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Confiabilidad y desviación estándar:

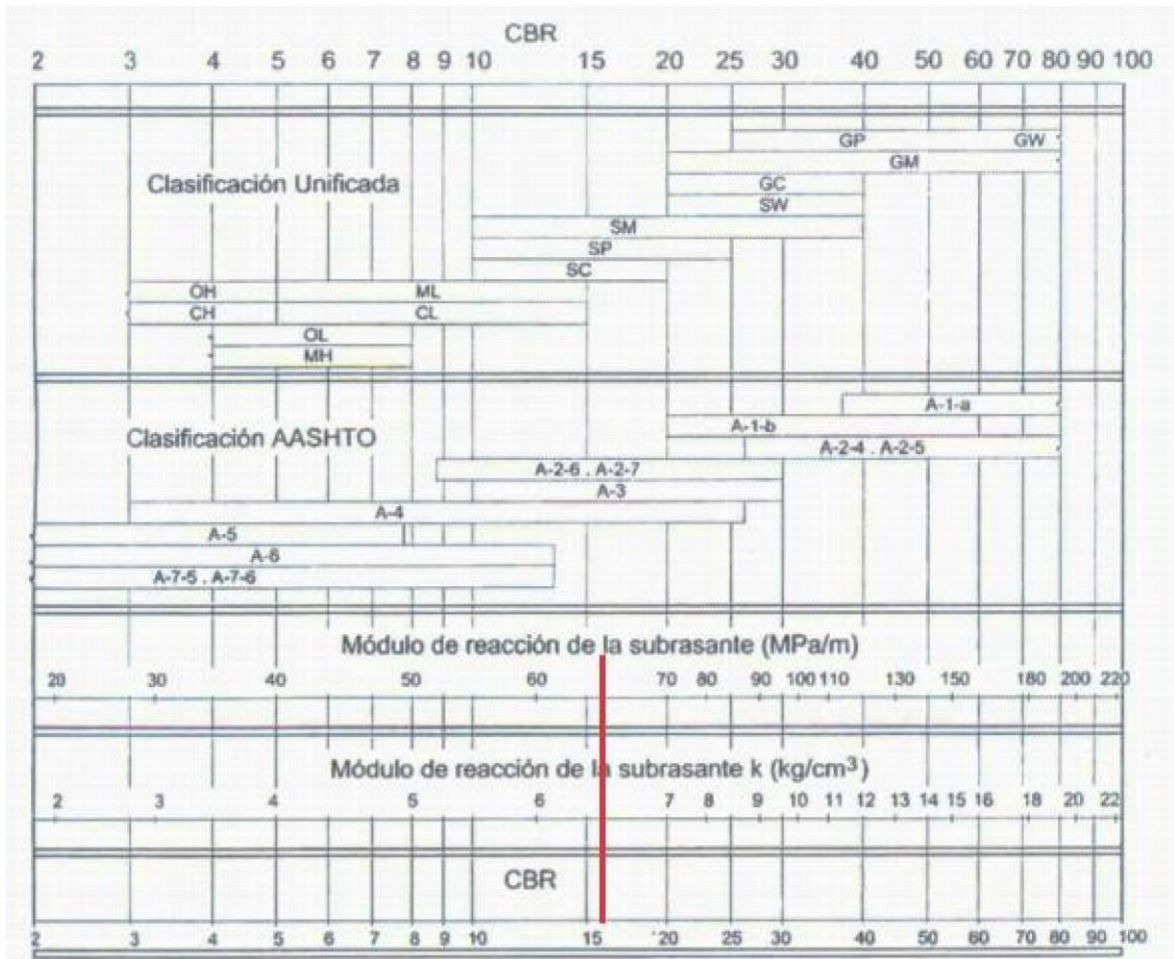
Cuadro N° 34: confiabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%	-0.385
	TP1	150,001	300,000	70%	-0.524
	TP2	300,001	500,000	75%	-0.674
	TP3	500,001	750,000	80%	-0.842
	TP4	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	TP13	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	TP14	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	TP15		>30'000,000	95%	-1.645

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Corrección del CBR:

Cuadro N° 35: correlación de CBR



Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Resistencia del concreto:

Cuadro N° 36: valores de resistencia del concreto

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Drenaje:

Cuadro N° 37: condición del drenaje

Calidad de Drenaje	50% de saturacion en:	85% de saturacion en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Cuadro N° 38: coeficiente de drenaje

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

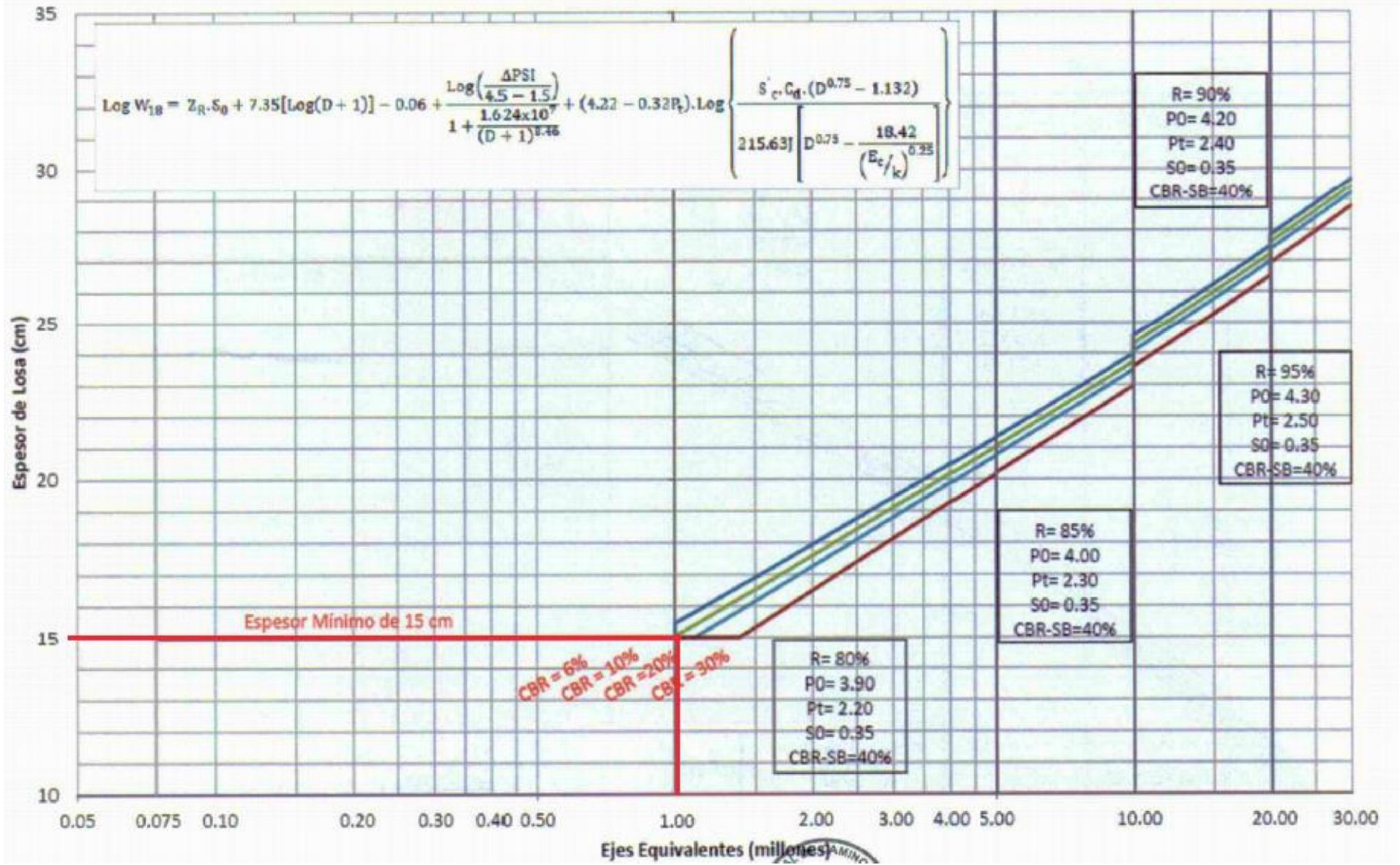
Fuente: Manual de suelos y pavimentos – MTC

Cuadro N° 39: transmisión de carga

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
		3.2	3.8 - 4.4	2.8

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Gráfico N° 2: espesor del pavimento



Fuente: Manual de suelos y pavimentos – MTC

Cuadro N° 40: cuadro de estructura de pavimento rígido

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR %	M_R	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	17 cm	20 cm	22 cm
CBR < 6%	≤ 185 PCI (52 MPa/m)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)
$\geq 6\%$ CBR < 10%	> 185 PCI (52 MPa/m) ≤ 223 PCI (63 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
$\geq 10\%$ CBR < 20%	> 223 PCI (63 MPa/m) ≤ 279 PCI (79 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	17 cm 17 cm	19 cm	21 cm
$\geq 20\%$ CBR < 30%	> 279 PCI (79 MPa/m) ≤ 373 PCI (105 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
CBR $\geq 30\%$	> 373 PCI (105 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm

Fuente: Manual de suelos y pavimentos – MTC

Cuadro N° 41: juntas recomendadas

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. x LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm

Fuente: Manual de suelos y pavimentos - MTC

Comentario del método del MTC:

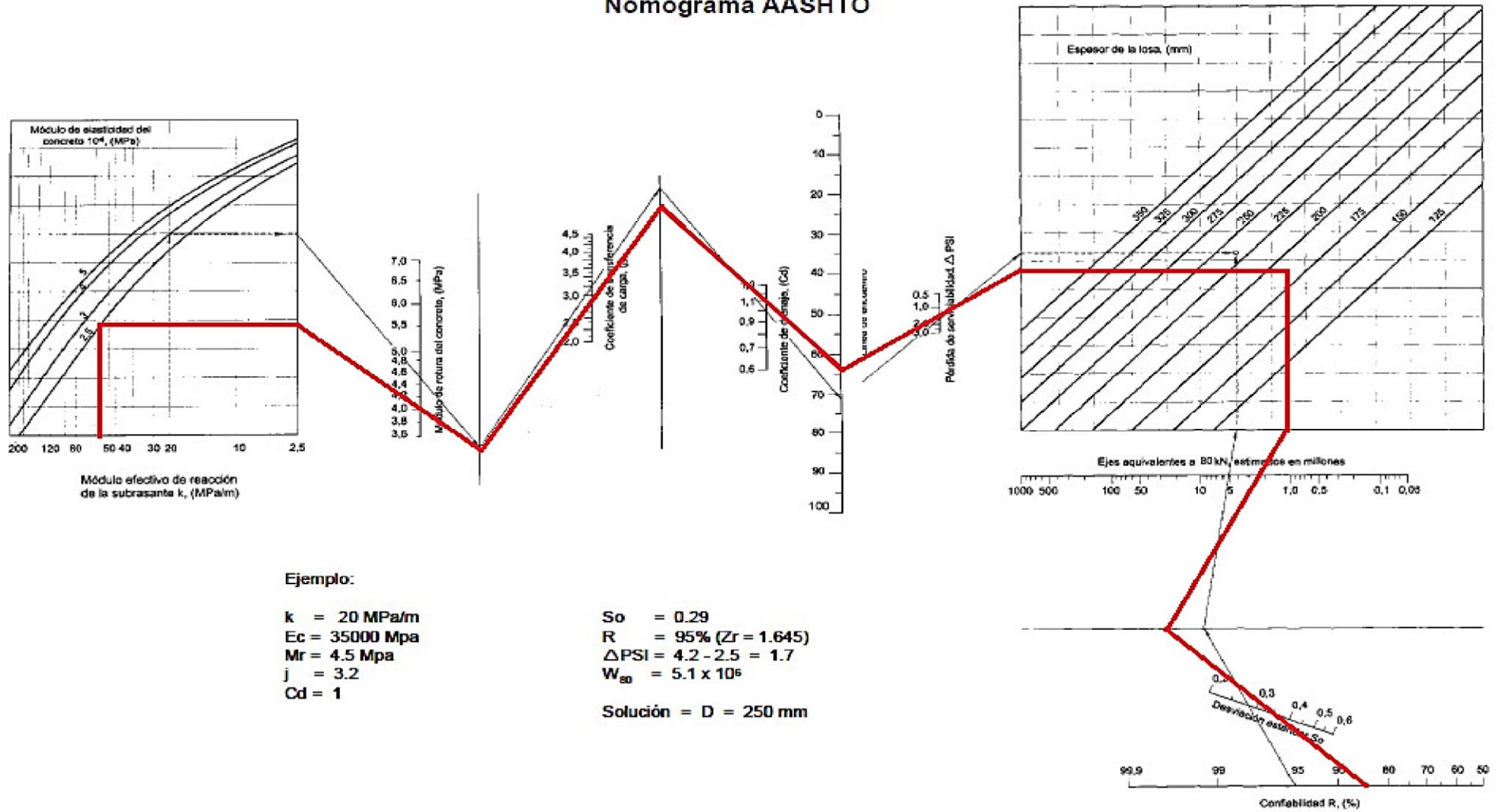
En esta metodología de diseño para pavimentos rígidos se establece de igual forma que el diseño para pavimentos flexibles, la determinación de una estructura de pavimento en este caso con concreto hidráulico que soporte un número determinado de ejes equivalente manteniendo unas condiciones de serviciabilidad, con unos materiales de características específicas. Para el desarrollo de esta metodología se tienen en cuenta los siguientes parámetros: la desviación estándar ($S_o = 0.3$), la confiabilidad (85%), Índice de serviciabilidad ($\Delta\text{Psi} = 1.80$), el módulo resiliente de la Subrasante, el número de ejes equivalentes, el módulo de rotura ($M_r = 40 \text{ kg/cm}^2$) y un coeficiente de correlación según las propiedades de la Sub Base, Contemplados estos parámetros y siguiendo la metodología de diseño se obtiene la estructura del pavimento.



Figura N° 22: Estructura del pavimento rígido – método MTC

3.14.2 Metodología de diseño de pavimento rígido AASHTO 93

Gráfico N° 3: Nomograma del pavimento rígido
Nomograma AASHTO



Fuente: AASHTO 93

Comentario del método AASHTO 93:

En esta metodología de diseño para pavimentos rígidos se establece de igual forma que el diseño para pavimentos flexibles, la determinación de una estructura de pavimento en este caso con concreto hidráulico que soporte un número determinado de ejes equivalente manteniendo unas condiciones de serviciabilidad, con unos materiales de características específicas. Para el desarrollo de esta metodología se tienen en cuenta los siguientes parámetros: la desviación estándar ($S_o = 0.3$), la confiabilidad (90%), Índice de serviciabilidad ($\Delta\text{Psi} = 1.8$), el módulo resiliente de la Subrasante, el número de ejes equivalentes, el módulo de rotura ($M_r = 40 \text{ kg/cm}^2$) y un coeficiente de correlación según las propiedades de la Sub Base, Contemplados estos parámetros y siguiendo la metodología de diseño se obtiene la estructura del pavimento rígido:

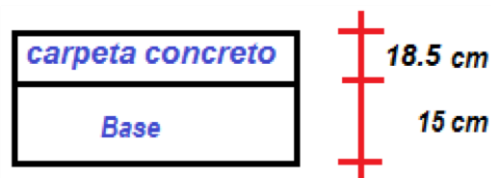


Figura N° 23: Estructura del pavimento flexible – método AASHTO 93

3.15 Alternativa de solución

- Tipos de Defensas ribereñas a aplicarse

Entre los tipos de obras que se han seleccionado, se tiene los tipos flexible.

a.- Obras de Tipo Flexible: Muros de Gaviones

Son paralelepípedos rectangulares contruidos a base de un tejido de alambre de acero, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación. Se colocan a pie de obra desarmados y luego de piedra de canto rodado o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico, este material

permite emplear sistemas constructivos sencillos, flexibles, versátiles, económicos y que puedan integrarse extremadamente valida desde el punto de vista técnico para construir muros de contención en cualquier ambiente, clima y estación. Tales estructuras son eficientes, no necesitando mano de obra especializada o medio mecánicos particulares, a menudo las piedras para el relleno se encuentran en las cercanías. Tiene la ventaja de tolerar grandes deformaciones sin perder resistencia.

Muros de Contención. - Los muros de Gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en su lado constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en las quebradas

Conservación de Suelos. - La erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la quebrada provoca el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja.

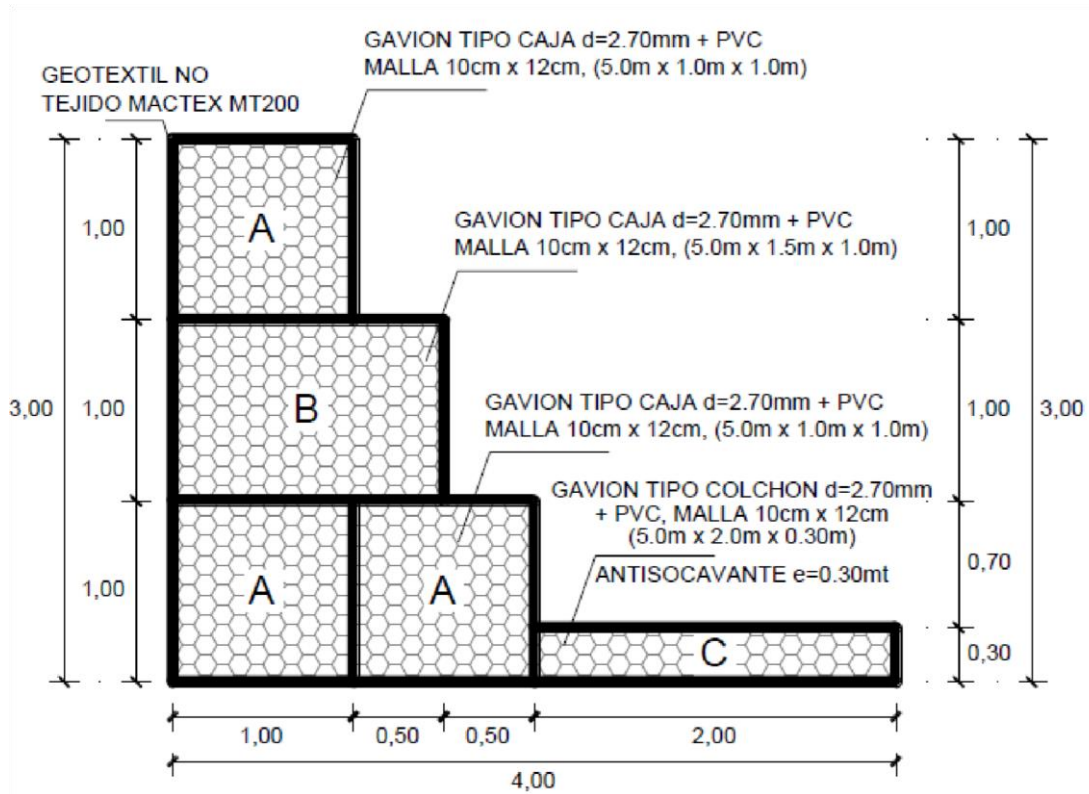
Control de quebradas. - En quebradas, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evitar erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavión controla el flujo de detritos de la quebrada

Gavión Tipo Caja. - Son paralelepípedos regulares de dimensiones variadas, pero con altura de 1.0 m a 0.50 m; conformados por una malla metálica tejida a doble torsión para ser rellenos en obra con piedra de dureza y peso apropiado,

Gavión Tipo Colchón. - Son aquellos cuya altura fluctúa entre 0.17 m – 0.30 m y de Áreas variables. Son construidos en forma aplanada para ser utilizados como revestimiento antierosivo, antisocavante para uso hidráulico y como base – zócalo (Mejorador de capacidad portante) en la conformación de muros y taludes. Debido a que los colchones están generalmente ubicados en contacto con el agua, con sólidos que arrastran las quebradas y sedimentos en general, estos deben tener características tales que les permitan resistir las exigencias físicas y mecánicas como son el impacto, la tracción y la abrasión.

Gavión Tipo Saco. -Son generalmente de forma cilíndrica siendo sus dimensiones variables ya que se conforman para obras de emergencia o de aplicación en lugares de difícil acceso. Se arman generalmente fuera de la obra y se depositan en su lugar mediante el uso de maquinaria de izaje. A través de los bordes libres se inserta en las mallas un alambre más grueso para reforzar las extremidades y permitir el ensamblaje del elemento.

Gráfico N° 4: Muro con gaviones proyectado.



CONCLUSIONES

- El peligro de la geodinámica externa que se calculó con la matriz Saaty y la metodología de CENEPRED teniendo como factor de evaluación la frecuencia de eventos extremos, factor desencadenante la precipitación y de factor condicionante geología, geomorfología, suelo y pendiente para la evaluación de flujo de detritos. Se obtuvo en los 600m de la carretera de Conque – Tambo el nivel de PELIGROSIDAD MUY ALTO por la activación de la quebrada.
- Para poder determinar las zonas vulnerables debe de estar afectado la sociedad (viviendas, colegio, centro de salud, etc) de manera directa la activación de la quebrada por flujo de detritos. La afectación es para los 600m de carretera donde puede aislar a la población producto del peligro y perder la transitabilidad de la carretera. La vulnerabilidad de la carretera es alta por no tener plan de emergencia y de continuidad operativa
- En mejorar la transitabilidad de la carretera se propone diseñar un pavimento rígido para disminuir la vulnerabilidad y tener más resiliencia, para ello se diseñó con la metodología del MTC y AASHTO 93, donde el AASHTO 93 es más conservador por tener una estructura de 20cm de losa de concreto y una base de 20cm. Eso nos va ayudar a mejorar la transitabilidad en los 600m de carretera afecta por flujo de detritos
- La recurrencia de la activación de la quebrada es constante para ello se necesita una protección flexible que nos ayude a la retención de la parte solida de los escombros y que pase el líquido, para ello se diseñó un muro de gaviones que puede cumplir esa función y de su fácil descolmatación o mantenimiento, y económicamente más viable.

RECOMENDACIONES

- para disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura de la carretera se debe de trabajar con plan de prevención, reducción, contingencia y emergencia para la continuidad operativa de la carretera y no tener aislamientos entre las poblaciones.
- Para evitar la infiltración de agua al subsuelo es necesario construir un canal de coronación y/o canalizar los puquiales
- Reforestar las quebradas con plantas nativas o raíces profundas para reducir el peligro de flujo de detritos
- En la quebrada se tiene que construir muros disipadores de energía, con la finalidad de aminorar la carga y energía del flujo de fácil mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, I. (2000). “Landslides” ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, Clasificación y Terminología, México. 19 pp.
- Brunsdon, D. (1979). “Mass movements”, (In: Embleton, C.E. y J.B. Thornes (ed.), Progress in Geomorphology), Arnold. pp. 130-186.
- Clavijo, B. (2012). *Estudio de la influencia de eventos adversos ocasionados por fenómenos naturales y antrópicos en la parroquia nanegalito, Provincia de Pichincha*. (Tesis de Pregrado). Universidad Internacional del Ecuador - Ecuador.
- De Jesus, O & Guitierrez, Y. (2011). *Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta*
- Frias, J. (2013). *Planteamiento de Lineamientos Geotécnicos Útiles con Miras a la Adaptación Frente al Cambio Climático de la Red Vial Carretera Primaria Colombiana*. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Colombia - Colombia.
- Herrera, R. (2014). *Gestión de riesgos en proyectos de construcción en el área de infraestructura vial en sitios remotos del norte de Santander*. (Tesis de Pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia.
- Hutchinson, J. (1968): “Mass movements”. In Fairbirdge, R.W. (ed.), Encyclopedia of Earth Sciences, Reinhold, New York. USA. pp. 688-695.
- Ley 29664, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y su Reglamento DS N° 048-2011-PCM - RM N° 334-2012-PCM – Lineamientos técnicos del proceso de estimación del riesgo de desastres.*
- Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Publicado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción

del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Dirección de Gestión de Procesos (DGP) Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL). CENEPRED, 2014

Mendoza, J. (2016). *Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Dirección General de Programación Multianual, (DGPM). (2006). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres. Lima: DGPM, MEF

Ortega, G. (2014). *Diseño de un plan de gestión de riesgos y desastres ante eventos de deslizamientos, sismos e incendios para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede esmeraldas*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ecuador.

Pozo, R. (2014). *Análisis numérico del mecanismo de falla en macizos rocosos fracturados considerando el efecto escala*. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería.

ROMANA, M, SERÓN, J. & MONTALAR, E. (2003) “*SMR Geomechanics classification: Application, experience and validation*”, *ISMR-2003- Technology roadmap for rock mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy*

Sackschewski, C. (2017). *Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

SPENCER, E. (1967) “*A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces*”. *Géotechnique*.

Toro, J. (2014). *Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las piriás- cruce Lambayeque, San Ignacio*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca.

Valeriano, F. (2015). Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro Espinal Juliaca. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional Del Altiplano.

Varnes, D. (1978). "Slope movements, types and processes", Landslides: Analysis and control, transportation research board, Spec. Rep. 176, National Academy of Science, Washington. pp. 11-33.

Villón, M. 2011. "HEC-RAS". Edición Villon. Lima – Perú.