



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Subdirección de
Ciencias de la Tierra
Sólida - SCTS



**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA
DEL CENTRO POBLADO PIJOBAMBA”**

**PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

Unidad de Geodinámica

Lima - Perú

2015

**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA
DEL CENTRO POBLADO PIJOBAMBA”**

**PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

Unidad de Geodinámica

**POR:
ING. CRISTHIAN CHIROQUE HERRERA
BACH. ROY JACK ARONE PADILLA
ING. JUAN CARLOS GÓMEZ ÁVALOS**

**Lima - Perú
2015**



Tabla de contenido

- 1. INTRODUCCIÓN..... 8
- 2. OBJETIVOS 9
- 3. ANTECEDENTES 9
- 4. BASE TOPOGRÁFICA 9
- 5. METODOLOGÍA..... 10
- 6. ASPECTOS GENERALES 10
 - 6.1 Ubicación y Accesibilidad..... 11
 - 6.2 Clima..... 12
 - 6.3 Hidrografía 13
- 7. GEOMORFOLOGÍA 14
 - 7.1 Modelo Digital del Terreno (MDT)..... 14
 - 7.2 Mapa de Pendientes 15
 - 7.3 Unidades Geomorfológicas 15
 - 7.3.1 Origen tectónico estructural..... 16
 - 7.3.1.1 Montañas 16
 - 7.3.2 Origen Fluvial..... 17
 - 7.3.2.1 Lecho Fluvial 17
 - 7.3.3 Origen depositacional 18
 - 7.3.3.1 Abanico aluvial..... 18
- 8. ASPECTOS GEODINÁMICOS 20
 - 8.1 GEODINÁMICA INTERNA 20
 - 8.2 GEODINÁMICA EXTERNA 20
 - 8.2.1 Movimientos en masa (MM) 21
 - 8.2.1.1 Reptación de Suelos..... 21
 - 8.2.2 Procesos fluviales 24
- 9. GEOLOGÍA 26
 - 9.1 GEOLOGÍA REGIONAL..... 26
 - 9.2 GEOLOGÍA LOCAL 26
 - 9.2.1 Formación Chicama (Js-Ch) 27
 - 9.2.2 Depósitos Cuaternarios 28
 - 9.2.2.1 Depósitos aluviales (Qh-al) 29
 - 9.2.2.2 Depósito coluvio-aluvial (Qh-co/al)..... 30





9.2.2.3 Depósitos fluvio-aluvial (Qh-fl) 31

10. ASPECTOS GEOTÉCNICOS 33

10.1 Exploraciones a cielo abierto (Calicatas, Norma ASTM D420) 33

10.1.1 Principio 33

10.1.2 Instrumentos 33

10.1.3 Procedimiento 34

10.1.4 Descripción de calicatas 34

10.2 Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094) 35

10.2.1 Principio 35

10.2.2 Equipos y materiales 36

10.2.3 Procedimiento 37

10.3 Ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080) 38

10.4 Capacidad de carga admisible 39

10.5 Tipos de Suelos en el centro poblado de Pijobamba 40

11. ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD A FENÓMENOS NATURALES EN EL CENTRO POBLADO PIJOBAMBA 42

11.1 Reptación de Suelos 42

11.1.1 Parámetros de evaluación de la reptación de suelos 42

11.1.2 Estimación de la susceptibilidad a reptación de suelos 44

11.1.3 Estimación de la peligrosidad por reptación de suelos 47

11.2 Caída de Rocas 50

11.2.1 Parámetros de evaluación de caída de rocas 50

11.2.2 Estimación de la Susceptibilidad a caída de rocas 51

11.2.3 Estimación de la peligrosidad por caída de rocas 55

11.3 Deslizamientos 57

11.3.1 Parámetros de evaluación de deslizamientos 57

11.3.2 Estimación de la Susceptibilidad a deslizamientos 58

11.3.3 Estimación de la peligrosidad a deslizamientos 62

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 64

13. BIBLIOGRAFÍA 65



PLANOS

- P-01 Ubicación y Accesibilidad
- P-02 Modelo Digital de Elevaciones
- P-03 Pendientes
- P-04 Geomorfológico
- P-05 Geodinámica Externa
- P-06 Geológico
- P-07 Ubicación de Ensayos Geotécnicos
- P-08 Capacidad de Carga Admisible
- P-09 Tipo de suelos (SUCS)

3

RELACIÓN DE FOTOS

- *Foto 01: Vista panorámica del centro poblado de Pijobamba, tomada desde el cerro del mismo nombre. El área urbana se encuentran asentada en la margen derecha del río con el mismo nombre.*
- *Foto 02: Cauce de la quebrada Pijobamba cubierto por detritos de rocas erosionados y transportados desde la parte alta de la cuenca.*
- *Foto 03: El cerro Pijobamba está ubicado en la margen izquierda del río del mismo nombre y cubierto por detritos de rocas.*
- *Foto 04: Vista panorámica del C.P. de Pijobamba asentado sobre la ladera del cerro con el mismo nombre, este presenta pendiente mayor a 20°.*
- *Foto 05: El río Pijobamba, registró durante el año 2014 gran actividad debido a que las lluvias fueron intensas, ampliando su cauce de materiales movilizados.*
- *Foto 06: El principal aluvión se desplazó sobre áreas de cultivo ubicadas en la margen derecha del río Pijobamba.*
- *Foto 07: El sector Oeste del C.P. de Pijobamba no presenta eventos geodinámicos por lo que la municipalidad del lugar ha propuesto como una zona para probable reasentamiento.*
- *Foto 08: En la parte baja del poblado de Pijobamba los terrenos presentan escalones a manera de terrazas características típicas de la reptación de suelos.*
- *Foto 09: Agrietamientos en la ladera del cerro Pijobamba, indican la formación de nuevas zonas de debilidad.*





- Foto 10: El cerro Pijobamba está cubierto por rocas intensamente diaclasadas lo que facilita el desprendimiento de estos, además, contribuye el factor pendiente con rangos mayores a 45°.
- Foto 11: Desde la parte alta del cerro Pijobamba han ocurrido varios eventos por caídas de rocas, debido principalmente a la pendiente.
- Foto 12: Los sedimentos principalmente arcillosos intercalados con areniscas, al sobrecargarse se movilizan a favor de la pendiente.
- Foto 13: En época de lluvias el caudal del río Pijobamba se incrementa hasta erosionar las laderas sobre las que se ubican el 10 % de la zona urbana.
- Foto 14: En algunos sectores se ha observado los sedimentos de origen aluvional depositados en las laderas de Pijobamba y sobre los cuales se asientan las viviendas.
- Foto 15: Afloramientos de lutitas parte superior y areniscas parte inferior ubicadas a 50 m al Oeste del C.P. de Pijobamba.
- Foto 16: Estratos de lutitas muy intemperizadas que afloran en la carretera hacia Chagavara.
- Foto 17: El 70% de la zona urbana de Pijobamba se asienta sobre depósitos aluviales, los materiales provienen de la meteorización de las rocas que componen las laderas de los cerros circundantes.
- Foto 18: Vista desde el cerro Pijobamba de donde se han desprendido la mayor cantidad de materiales sobre los que actualmente se asientan las viviendas del CP.
- Foto 19: En algunos cortes del cauce de la quebrada Pijobamba se pueden observar los materiales transportados de antiguos aluviones.
- Foto 20: Depósito de origen coluvial son transportados por corrientes de agua y llegan hasta el cauce del río Pijobamba.
- Foto 21: En la parte central y bordes del cauce del río Pijobamba se observan acumulaciones de clastos y bloques de tamaño medio.
- Foto 22: Cauce del río Pijobamba, la línea blanca indica hasta donde se encontraba el antiguo cauce.

RELACIÓN DE FIGURAS

- Figura 01. Ubicación y accesibilidad de la zona de estudio.
- Figura 02: Columna litroestratigráfica de las unidades que afloran en la zona de estudio.
- Figura 03. Equipos y accesorios que conforman el DPL.



- *Figura 04: Esquema para la determinación de la peligrosidad según CENEPRED, 2013.*
- *Figura 05: Zonificación de la susceptibilidad por reptación de suelos.*
- *Figura 06: Zonificación de la susceptibilidad por caída de rocas.*
- *Figura 07: Zonificación de la susceptibilidad por deslizamientos.*

RELACIÓN DE CUADROS

- *Cuadro 01: Ubicación de calicatas.*
- *Cuadro 02: Datos de ubicación y profundidad de los ensayos de penetración dinámica ligera.*
- *Cuadro 03: Valores obtenidos del ensayo de corte directo. Fuente UNALM, 2015.*
- *Cuadro 04: Capacidad portante de las tres (03) muestras extraídas en la zona urbana de Pijobamba, Fuente UNALM, 2015.*
- *Cuadro 05: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, modifica de CENEPRED en base a los niveles de peligrosidad.*
- *Cuadro 06: La descripción del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto, muy alto. El área de estudio presenta peligro alto a muy alto. Fuente CENEPRED.*
- *Cuadro 07: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, modifica de CENEPRED en base a los niveles de peligrosidad.*
- *Cuadro 08: La estratificación del peligro por reptación de suelos se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.*
- *Cuadro 09: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, modifica de CENEPRED en base a los niveles de peligrosidad.*
- *Cuadro 10: La estratificación del peligro por caída de rocas se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.*

RELACIÓN DE TABLAS

- *Tabla 01: Rango de capacidad Portante.*
- *Tabla 02: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 03: Pendiente, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 04: Erosión, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 05: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.*





- *Tabla 06: Evaluación del evento de reptación, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 07: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 08: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 09: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 10: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 11: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 12: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 13: Geológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 14: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 15: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 16: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 17: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de reptación, CENEPRED.*
- *Tabla 18: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 19: Pendiente, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 20: Erosión, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 21: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 22: Evaluación del evento de caída de rocas, Fuente; CENEPRED.*
- *Tabla 23: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 24: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 25: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 26: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 27: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 28: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 29: Geológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 30: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 31: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.*





- *Tabla 32: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 33: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de Caída de rocas, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 34: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 35: Pendiente, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 36: Erosión, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 37: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 38: Evaluación del deslizamiento, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 39: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 40: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 41: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 42: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 43: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 44: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 45: Geológicos, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 46: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 47: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 48: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.*
- *Tabla 49: Estimación de la peligrosidad por deslizamiento, Fuente: CENEPRED.*





1. INTRODUCCIÓN

En atención al Oficio N° 595-2015-GRLL-GGR/ORDN del Gobierno Regional de La Libertad, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) a través de la Unidad de Geodinámica Superficial ha elaborado el presente documento.

El trabajo de campo se realizó en 03 días, consistió en la identificación de los afloramientos rocosos y tipos de depósitos recientes, las geoformas y los principales eventos de geodinámica superficial que afectan la seguridad física del centro poblado de Pijobamba. De forma complementaria se realizó el estudio de suelos con la ejecución de calicatas, los ensayos fueron distribuidos en la zona urbana y alrededores del poblado.

El cartografiado geológico, geomorfológico y geodinámico junto con los resultados del estudio geotécnico de suelos ha brindado un mejor conocimiento de los peligros geológicos a los que está expuesto el poblado de Pijobamba.

Dentro de los peligros geológicos se puede nombrar los movimientos en masa (MM), tales como: reptación de suelos, flujo de detritos (huaycos), deslizamientos, derrumbes y caída de rocas, entre otros, cuya ocurrencia está ligada a dos factores: condicionantes y detonantes. Dentro de los primeros se encuentran la litología, pendiente, geomorfología, topografía, entre otros; mientras que son tres los factores detonantes más comunes: sismos, precipitaciones pluviales y la acción del hombre, o la combinación de estos.

Cabe resaltar que, este informe se ha realizado utilizando los parámetros considerados en el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, publicado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2013); para estimar la peligrosidad de los movimientos en masa ocurridos en el caserío de Pijobamba y determinar áreas susceptibles a estos eventos.



2. OBJETIVOS

- Realizar el cartografiado geológico, geomorfológico y geodinámico de la zona de estudio.
- Estimar la peligrosidad a movimientos en masa, aplicando el protocolo propuesto por CENEPRED, identificando las zonas susceptibles a este tipo de eventos y que afecten la seguridad física de la población.
- Elaborar el mapa de geodinámica superficial en base al inventario de eventos y las áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa (MM).

3. ANTECEDENTES

Como único antecedente se ha obtenido la “Inspección Técnica y Estimación de Riesgo en caseríos del distrito de Sitabamba”, elaborado por INDECI en el mes de marzo del presente año, donde se incluye a los centros poblados Pijobamba y Chagavara, el informe concluye el nivel de RIEGO ALTO para los C.P. en mención, las infraestructuras y viviendas afectadas.

4. BASE TOPOGRÁFICA

Para el desarrollo de este estudio se utilizó la topografía digital obtenida a través de un Modelo Digital de Terreno (MDT) con resolución de 30m descargado del servidor ASTERGDEM, la misma que ha sido corregida con la información disponible del radar de la NASA Shuttle Topográfico Mission (SRTM), los datos SRTM están disponibles con resolución de 90m. Se reporta el error vertical del DEM de menos de 16m, mejorando la calidad en comparación con ASTERGDEM. Ambas bases fueron georeferenciadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se trabajó en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) con datum WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984), Zona 18S.

Con la toma de puntos GPS, la base topográfica digital del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se ha interpolado curvas de nivel de hasta 5 m.



Las coberturas temáticas del área de estudio se presentan a escala gráfica 1:2,000 con resolución de curvas hasta 5 m adoptando esta escala para plasmar a mejor detalle los trabajos realizados en campo, además, se han configurado el formato de impresión en hoja A3 (42.0 x 29.7 cm).

5. METODOLOGÍA

Los trabajos se han desarrollado en tres etapas:

Gabinete I

En esta etapa se recopiló la información geológica a escala regional y local existente. A partir de la base topográfica se elaboró mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) las coberturas temáticas preliminares de Modelo Digital del Terreno (MDT), pendientes, geomorfología, geología y geodinámica a escala 1:10 000.

Campo

En esta etapa se ejecutó el reconocimiento del área de estudio, así como el cartografiado geológico de las unidades litológicas que afloran en Pijobamba, además del inventario de eventos geodinámicos.

Simultáneamente se ejecutó el estudio geotécnico con el objetivo de determinar las características físicas de los suelos sobre los que se asientan las viviendas de Pijobamba.

Gabinete II

En esta etapa se sistematizó, procesó e interpretó la información recolectada en las fases de Gabinete I y Campo. Para luego proceder a la redacción del informe final.

6. ASPECTOS GENERALES

En el siguiente ítem se describe la ubicación, así como, la hidrografía y el clima de la zona de estudio, los datos que se describen a continuación se recopilaron en las etapas de campo y gabinete, considerando fuentes como



el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

6.1 Ubicación y Accesibilidad

El área de estudio se localiza en el centro poblado de Pijobamba, perteneciente al distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco, Región La Libertad. La zona urbana de Pijobamba se encuentra asentada en la margen izquierda del río del mismo nombre, Foto 01.

El acceso desde la ciudad de Lima se realiza por vía terrestre a través de la carretera Panamericana Norte por aproximadamente 8 horas con un recorrido de 560 km (autopista en buen estado) hasta la ciudad de Trujillo, luego se dirige hasta Huamachuco por un lapso de 3 horas por carretera asfaltado (192 km). Finalmente, llegamos hasta Pijobamba a través de trocha carrozable en mal estado de conservación (100 km), **Plano P-01**.



Foto 01: Vista panorámica del centro poblado de Pijobamba, tomada desde el cerro del mismo nombre. El área urbana se encuentra asentada en la margen derecha del río con el mismo nombre.

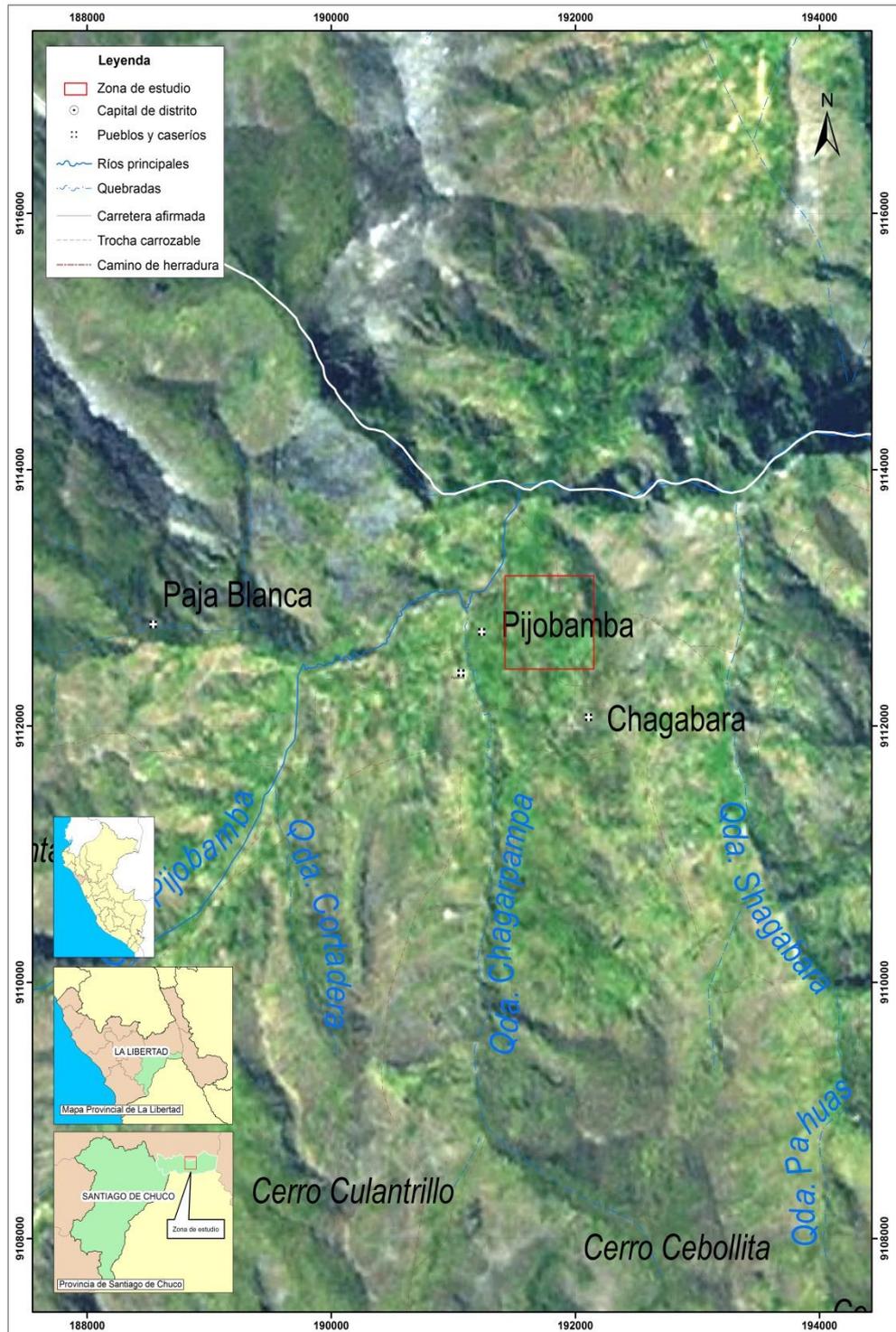


Figura 01: Ubicación y accesibilidad de la zona de estudio.

6.2 Clima

La zona de estudio se encuentra entre 3,500 y 3,550 m.s.n.m, el clima es frío y sub húmedo, la temperatura oscila entre 4°C y 26°C



mientras que, las precipitaciones oscilan entre 900 y 1,000 mm también en promedio anual.

En presencia de eventos tipo “Niño”, las precipitaciones sobrepasan los 1,200 mm anuales, afectando las actividades económicas tales como la agricultura.

6.3 Hidrografía

La quebrada Pijobamba tiene un régimen pluvial, pues se activa con las lluvias estacionales que se producen anualmente durante el verano, desde las zonas más altas de la cuenca se encuentran varios afluentes que lo convierte en el principal colector del drenaje en la zona.

13



Foto 02: Cauce de la quebrada Pijobamba compuesto por detritos de rocas erosionados y transportados desde la parte alta de la cuenca.

7. GEOMORFOLOGÍA

El relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de las grandes elevaciones y depresiones producidas fundamentalmente por movimientos de componente vertical y las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa se agrupan en la cadena meteorización-erosión, transporte y sedimentación (Gutiérrez, 2008).

El estudio de los procesos geomorfológicos (erosión, transporte y sedimentación) se efectúa en un sistema proceso-respuesta, siendo el proceso el agente creador y la respuesta la forma resultante

En este acápite se describen las características de las geoformas presentes en el centro poblado Pijobamba en relación al origen y procesos que modifican el paisaje actual.

En base a la topografía adquirida del SIG y mediante herramientas computacionales (SIG y CAD) se ha elaborado el Modelo Digital del Terreno (MDT) y plano de pendientes, con el fin de delimitar las características topográficas del terreno, se cartografiaron las unidades geomorfológicas, **Plano P-04**, que se describen a continuación:

7.1 Modelo Digital del Terreno (MDT)

Es la representación digital de la superficie terrestre en tres dimensiones, permite reconocer geoformas presentes en el área de estudio; se obtuvo a partir de la base topográfica digital a escala 1: 30,000, obtenida del servidor ASTERGDEM, mejorado con la información del radar de la NASA Shuttle Topográfico Mission (SRTM), los datos SRTM tienen un error vertical del DEM de menos de 16m, mejorando la calidad en comparación con ASTERGDEM, se ha trabajado con coordenadas geográficas lat/long, resolución espacial de 5 m con referencia al geode WGS 84/EGM96.



El MDT elaborado se presenta a escala gráfica 1:2,000, cubre un área de 10 has y se presenta en formato de impresión A3, **Plano P-02**.

En el MDT elaborado se observa que las viviendas se encuentran asentadas sobre altitudes que van desde los 3,500 a 3,540 m.s.n.m; el río Pijobamba presenta hasta 100 m de desnivel topográfico con relación a la ladera donde se asienta el poblado de del mismo nombre.

7.2 Mapa de Pendientes

Mapa temático que mediante un sistema gráfico digital representa los diferentes grados de desnivel (inclinación de una superficie respecto a la horizontal de un territorio).

Consiste en representar mediante una gama de colores zonas del terreno con pendiente semejante, por lo tanto el objetivo de este mapa es reconocer las geoformas presentes en el terreno en base a la inclinación de las distintas unidades geomorfológicas. Se obtiene en base a la aplicación de la rutina SPATIAL ANALYST del software ArcGis, usando como archivo fuente el MDT generado anteriormente.

Las viviendas e infraestructuras de Pijobamba se encuentran asentadas sobre terrenos cuyas pendientes oscilan entre 15° a 25°, **Plano P-03**.

7.3 Unidades Geomorfológicas

Para identificar las geoformas se ha considerado los factores como: pendiente del terreno y el agente geológico que ha intervenido en el modelamiento de la superficie, de esta forma se han identificado 3 unidades geomorfológicas en la zona de estudio, **Plano P-04**:

7.3.1 Origen tectónico estructural

La zona de estudio se encuentra ubicada en Los Andes Centrales, específicamente en la Cordillera Oriental, la misma que ha sido fuertemente modelada durante millones de años por el movimiento de las placas tectónicas, cuya acción conjunta ha dado como resultado un territorio fuertemente accidentado caracterizado por valles transversales y longitudinales.

16

7.3.1.1 Montañas

Son montañas que no superan los 3,570 m.s.n.m. de altitud, son la evidencia del inicio del levantamiento andino.

Están representados por los cerros Hijadero y Pijobamba, a ambas márgenes de la quebrada del mismo nombre, esta unidad presenta gran actividad geodinámica debido a que en sus laderas se producen caídas de rocas, Foto 03.



Foto 03: El cerro Pijobamba está ubicado en la margen izquierda del río del mismo nombre y cubierto por detritos de roca.



Foto 04: Vista panorámica del C.P. Pijobamba, asentado sobre la ladera del cerro con el mismo nombre que presenta una pendiente mayor a 20°.

7.3.2 Origen Fluvial

El más importante de todos los procesos geológicos que actúan sobre la superficie terrestre es el agua de escorrentía (Morisawa, 1968). Crea una gran parte del relieve, modela constantemente las geoformas donde se construyen muchas de las ciudades.

Los ríos son esencialmente agentes de erosión que implican el movimiento y transporte de los materiales.

En la zona de estudio este tipo de modelado está conformado por agentes externos tales como los cursos de aguas permanentes o regulares, la escorrentía superficial y las redes de drenaje originadas por períodos de lluvias intensas (900-1,000 mm). Las formas resultantes de estos agentes son:

7.3.2.1 Lecho Fluvial

Es el canal o cauce originado por la acción erosiva del agua y los materiales en conjunto, durante todo el desarrollo de las quebradas y ríos de la zona, dejando

marcado la forma del cauce, del perfil transversal y en general de las formas del drenaje fluvial (escorrentía), Foto 05.



Foto 05: El río Pijobamba, registró durante el año 2014 gran actividad debido a que las lluvias fueron intensas, ampliando su cauce de materiales movilizados.

7.3.3 Origen depositacional

El mecanismo de transporte es principalmente el agua proveniente de precipitaciones que originan flujos superficiales (escorrentía), la gradiente de la ladera o la pendiente es un factor que incrementa la ocurrencia de flujos.

Ocurrido el evento viene el proceso depositacional de los materiales conformados por gravas, clastos y bloques angulosos, los mismos que han sido cartografiados en la etapa de geotecnia.

7.3.3.1 Abanico aluvial

Se formó de antiguos aluviones que descendieron de la parte alta del cerro Hijadero y Pijobamba, posteriormente se acumularon sedimentos en donde hoy se asientan las viviendas de Pijobamba y que finalmente formaron un abanico, que se encuentra



paralelo al torrente de la quebrada Pijobamba, Foto 06. Cabe destacar que, los flujos que dan origen a éstas geoformas tienen dirección S-N, Foto 07.

Los materiales están conformados por clastos y bloques angulosos de 20 a 70 cm de diámetro, presentan una escasa selección e incipiente estratificación debido a las características de los eventos que originaron dichas geoformas.



Foto 06: El principal aluvión se desplazó sobre áreas de cultivo ubicadas en la margen derecha del río Pijobamba.



Foto 07: El sector Oeste del C.P. de Pijobamba no presenta eventos geodinámicos por lo que la municipalidad de del lugar ha propuesto esta área como una zona para probable reasentamiento.

8. ASPECTOS GEODINÁMICOS

La geodinámica abarca el estudio de los procesos y cambios físicos que ocurren constantemente sobre la superficie de la Tierra, estas transformaciones son posibles debido a la intervención de agentes internos y externos que crean, forman, degradan y modelan la superficie terrestre. Esta rama de la geología se subdivide en:

8.1 GEODINÁMICA INTERNA

El territorio peruano está sometido a una constante actividad sísmica, debido a la interacción de la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca considerada como la primera fuente sismogénica en el Perú, produciendo los eventos de mayor magnitud conocidos hasta el presente. La segunda fuente, la constituye la zona continental, cuya deformación ha dado origen a la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores (Modificado de Cahill et al, 1992; Tavera et al, 2001).

8.2 GEODINÁMICA EXTERNA

La geodinámica externa estudia la acción de los procesos exógenos sobre la superficie de la Tierra, donde intervienen diversos factores como las lluvias, el viento, entre otros; éstos originan la destrucción y el modelamiento del relieve.

Entre ellas, las precipitaciones pluviales son consideradas uno de los agentes con mayor incidencia en la geodinámica del territorio, pues constituyen el principal factor detonante de los movimientos en masa (MM) tales como: Reptación, deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas; los cuales a su vez afectan la seguridad física de los centros poblados donde ocurren este tipo de eventos.

Además, la presencia de “El Niño”, ocasiona el incremento de la temperatura en la superficie del mar, provocando lluvias torrenciales con valores que sobrepasan los índices normales de precipitaciones.



A continuación se detallan y describen los eventos de geodinámica en el caserío de Pijobamba, **Plano P-05**:

8.2.1 Movimientos en masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

En la zona de estudio se han identificado tres tipos de eventos: Reptación de suelos, deslizamientos y las caídas de rocas. A continuación se describen ambos eventos:

8.2.1.1 Reptación de Suelos

La reptación es un movimiento extremadamente lento e imperceptible, excepto para largos períodos de tiempo (Sharpe, 1938). Es el desplazamiento descendente causado por efecto de la gravedad, generalmente ocurre en taludes con presencia de material arcilloso y suelto.

Las zonas afectadas por estos eventos obedecen a factores condicionantes como son la pendiente y la geología, entre los principales, además, se ven influenciados por factores detonantes como son los períodos de lluvia, generando mecanismos de expansión y contracción alternantes en materiales arcillosos, producto de la humedad estacional en el suelo, aumentando el peso del suelo.

La reptación de suelos se manifiesta en las laderas con la formación de pequeñas ondulaciones a manera de terrazas o escalones, asimismo, con la inclinación de árboles, Foto 08.

Este tipo de proceso se desarrolla en gran parte del área urbana de Pijobamba, se han delimitados varias zonas de reptación y extensos agrietamientos, Foto 09.



Foto 08: En la parte baja del C.P. de Pijobamba los terrenos presentan escalones a manera de terrazas características típicas de la reptación de suelos.



Foto 09: Agrietamientos en la ladera del cerro Pijobamba, indican la formación de nuevas zonas de debilidad.

8.2.1.2 Caídas de rocas

Son eventos que involucran el desprendimiento de clastos y bloques de rocas que caen por efectos de la gravedad, movimientos sísmicos, entre otros. En el

proceso de caída pueden aumentar o disminuir de velocidad, los volúmenes y dimensiones de los materiales dependerá de la pendiente, el grado de intemperismo y diaclasamiento de las rocas.

Estos movimientos en masa, se observan en la ladera Este del cerro Pijobamba, Fotos 10 y 11.



Foto 10: El cerro Pijobamba está constituido por rocas intensamente diaclasadas lo que facilita el desprendimiento de estas, además, contribuye el factor pendiente con rangos mayores a 45.



Foto 11: Desde la parte alta del cerro Pijobamba han ocurrido varios eventos por caídas de rocas, debido principalmente a la pendiente.

8.2.1.3 Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de material intemperizado, bloques y masas de roca se desprenden y se desplazan cuesta abajo, sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava, la que se le considera la superficie de falla del evento.

Los planos de deslizamientos encontrados son cóncavas, debido a que el material se encuentra muy poco meteorizado, Foto 12.

24



Foto 12: Los sedimentos principalmente arcillosos intercalados con areniscas, al sobresaturarse se movilizan a favor de la pendiente.

8.2.2 Procesos fluviales

Debido a que, estos procesos no se encuentran dentro de la clasificación de los Movimientos en Masa, se describen de forma separada.

8.2.2.1 Erosión Fluvial

Es el desgaste continuo ocasionado por el flujo de agua sobre la superficie, el grado de erosión depende de lo torrencioso que sea el flujo, esta condición está

ligada a fuertes lluvias. La dinámica de la erosión fluvial es cíclica dependiendo de los periodos de lluvia, en la zona de estudio no existen obras de mitigación tales como enrocados o muros de contención que disminuyan la acción erosiva en las laderas, Fotos 13 y 14. La pérdida de terrenos de cultivo evidencia la fuerte erosión que ejerce el río Pijobamba y se intensifica en presencia de “El Niño”.

25



Foto 13: En época de lluvias el caudal del río Pijobamba se incrementa hasta erosionar las laderas sobre las que se ubican el 10 % de la zona urbana.



Foto 14: En algunos sectores se ha observado los sedimentos de origen aluvional depositados en las laderas de Pijobamba y sobre los cuales se asientan las viviendas.

9. GEOLOGÍA

Para la descripción de este capítulo se realizó el compendio de la geología regional realizada por el INGEMMET (a escala regional 1:100,000) y se detalló en una geología local en base al cartografiado realizado en campo, con la finalidad de describir las principales unidades litológicas aflorantes y sus características más resaltantes.

9.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Geológicamente gran parte de la zona estudiada está conformada por rocas principalmente sedimentarias cuyas edades comprenden desde el Jurásico Superior, Cretáceo Inferior hasta el Cuaternario Reciente. Las formaciones sedimentarias tienen origen marino continental, es decir fueron antiguos fondos oceánicos que luego emergieron con el inicio del desarrollo andino, esta orogenia se inició en el Paleozoico Superior hace 290 millones de años.

Wilson J. y otros en el año 1967, estudiaron la geología de la parte NW del cuadrángulo de Pallasca, los caseríos de Pijobamba y Chagavara se encuentran comprendidos dentro del cuadrángulo antes mencionado, en el año 1995 INGEMMET realizó la actualización por medio de la Dirección de Carta Geológica Nacional, en base a ambos estudio se citan las unidades litológicas que afloran en las inmediaciones de Pijobamba.

Para describir las principales unidades geológicas, se tomó como base la información descrita por INGEMMET a escala regional 1:100,000, del Cuadrángulo de Pallasca (17h).

9.2 GEOLOGÍA LOCAL

En la etapa de campo, se realizó el reconocimiento y delimitación de las unidades aflorantes en el CP Pijobamba, los cuales se presentan

en el **Plano P-06** a escala 1:2,000, además de adjuntar una sección geológica (Sección A-A'), que se presenta como parte de los anexos.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos Aluviales	Qh-al
			Depósitos Coluvio-Aluviales	Qh-co/al
			Depósitos Fluvio-Aluviales	Qh-fl/al
	NEOGENO			
	PALEOGENO			
MESOZOICA	CRETACEO	Superior		
		Inferior		
	JURÁSICO	Superior	Formación Chicama	Js-ch

Figura 02: Columna litroestratigráfica de las unidades que afloran en la zona de estudio.

9.2.1 Formación Chicama (Js-Ch)

Esta unidad está conformada por estratos de lutitas con intercalaciones de areniscas, contienen abundantes nódulos ferruginosos de color negro y amarillento rojizo debido a las oxidaciones presentes, Foto 15.

Las rocas que conforman la Formación Chicama son de baja dureza y de consistencia blanda, debido a la cantidad de material limo-arcilloso, esto favorece la ocurrencia de eventos geodinámicos como reptación de suelos, Foto 16.

Sobre esta Formación se asientan las viviendas del poblado de Pijobamba.





Foto 15: Afloramientos de lutitas en la parte superior y areniscas parte inferior ubicados a 50 m al Oeste del C.P. de Pijobamba



Foto 16: Estratos de lutitas muy intemperizadas que afloran en la carretera hacia Chagavara.

9.2.2 Depósitos Cuaternarios

Son materiales de cobertura constituidos por depósitos de diferente origen, principalmente sedimentario, coluvial y aluvial.

Las características de estos materiales se describen a continuación:



9.2.2.1 Depósitos aluviales (Qh-al)

Se denominan así a los materiales heterogéneos que han sido transportados y depositados por acción de los flujos de agua superficial provenientes de las partes altas del cerro Pijobamba, pero a diferencia de los depósitos fluviales presentan menor transporte.

Los suelos del área de estudio se presentan bloques angulosos intercalados con arenas de grano medio a grueso con alto porcentaje de limos y arcillas, Fotos 17 y 18.

Estos depósitos cubren el 70% del área de estudio, además sobre estos materiales se han desarrollado diversas actividades agrícolas, Foto 19.



Foto 17: El 70% de la zona urbana de Pijobamba se asienta sobre depósitos aluviales, los materiales provienen de la meteorización de las rocas que componen las laderas de los cerros circundantes.



Foto 18: Vista desde el cerro Pijobamba de donde se han desprendido la mayor cantidad de materiales sobre los que actualmente se asientan las viviendas del CP.



Foto 19: En algunos cortes del cauce de la quebrada Pijobamba se pueden observar los materiales transportados de antiguos aluviones.

9.2.2.2 Depósito coluvio-aluvial (Qh-co/al)

Está conformado por materiales angulosos a subredondeados debido a su corto recorrido, son originados por la meteorización de las rocas, la acción

de la gravedad y por flujos de agua superficial (escorrentía). El origen de este tipo de materiales se da cuando bloques y fragmentos rocosos son transportados por flujos (aluvión) depositándose en las partes bajas de las laderas de los cerros y en las zonas con alta pendiente, Foto 20.



31

Foto 20: Depósito de origen coluvial son transportados por corrientes de agua y llegan hasta el cauce del río Pijobamba.

9.2.2.3 Depósitos fluvio-aluvial (Qh-fl)

Estos materiales son transportados y depositados por la quebrada Pijobamba, por lo que se encuentran distribuidos principalmente a lo largo del cauce del río del mismo.

En el centro del cauce se pueden observar clastos y bloques de gran tamaño de lutitas y areniscas provenientes de eventos geodinámicos anteriores en la cabecera de la quebrada antes mencionada, en menor proporción se han encontrado gravas subredondeadas a redondeadas, Fotos 21 y 22.



Foto 21: En la parte central y bordes del cauce del río Pijobamba se observan acumulaciones de clastos y bloques de tamaño medio.



Foto 22: Cauce del río Pijobamba, la línea blanca indica hasta donde se encontraba el antiguo cauce.

10. ASPECTOS GEOTÉCNICOS

La geotecnia es la rama de la geología aplicada que se encarga del estudio de las propiedades físicas, así como el comportamiento de los suelos y rocas, mediante la aplicación de técnicas de exploración e investigación geotécnica, entre las cuales se tiene: calicatas, perforaciones, ensayos de mecánica de suelos, etc.

Los estudios de geotecnia se realizan con la finalidad de elaborar el diseño de cimentaciones para estructuras tales como: viviendas, edificios, puentes, carreteras, taludes, presas, etc. También permite identificar y solucionar problemas en suelos como: asentamientos, licuefacción, expansividad y agresividad, entre otros.

Se hace mención que, en el CP Pijobamba se realizó el estudio geotécnico el cual consistió en la elaboración de calicatas y ensayos de penetración ligera (DPL). Asimismo, de las calicatas se extrajeron muestras de suelo con el fin de realizar ensayos geotécnicos como: granulometría, plasticidad, corte directo y el cálculo de la capacidad portante de los suelos, a continuación se detallan los mismos:

10.1 Exploraciones a cielo abierto (Calicatas, Norma ASTM D420)

Es una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico de un suelo. Son excavaciones de profundidad superficial (hasta 3 m aproximadamente), realizadas con de manera manual o maquinaria (retroexcavadora). En la zona urbana de Pijobamba se ejecutaron un total de 03 calicatas.

10.1.1 Principio

Las calicatas son empleadas en los trabajos de ingeniería geotécnica y otros campos afines, permiten la inspección directa del subsuelo que se desea estudiar.

10.1.2 Instrumentos

- 01 Pala



- 01 flexómetro o wincha
- 01 GPS portátil
- 01 cámara digital
- Bolsas de muestreo

10.1.3 Procedimiento

El procedimiento de campo incluyó las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la zona de estudio: Se realizó un análisis visual de las características del terreno, evaluando la accesibilidad y lugares apropiados donde ubicar los ensayos prospectados.
- Excavaciones: Estas tuvieron las siguientes dimensiones: 1.5 x 1.5 m y aproximadamente 3 m de profundidad.
- Logeo: Proceso de extracción de la muestra del subsuelo y la descripción de las características físicas que presenta el corte estratigráfico.

10.1.4 Descripción de calicatas

Una vez terminada la excavación de la calicata, se procede a logear y describir el perfil litológico del subsuelo, para ello se han elaborado 03 fichas de descripción de calicatas, las mismas que se adjuntan en el Anexo de geotecnia. Las excavaciones se localizan en las siguientes coordenadas UTM, Cuadro 01, **Plano P-07**.

CALICATA	UTM ESTE (m)	UTM NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	PROFUNDIDAD (m)
PCA-01	191090	9112490	3505	1.60
PCA-02	191120	9112337	3520	2.70
PCA-03	190836	9112572	3535	2.00

Cuadro 01: Ubicación de calicatas.

Cabe destacar que, las profundidades promedio están entre 2.00 y 2.70, no fue posible profundizar más debido a la presencia de clastos y bloques de hasta 10" de diámetro.

10.2 Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094)

Es un equipo de campo de registro continuo (se contabiliza el número de golpes para penetrar un tramo de varillaje a lo largo de todo el ensayo), permite estimar la resistencia del material (suelo) al hincado del cono dinámico. La ventaja del equipo es que es un equipo muy práctico y se puede transportar fácilmente. Se hace mención que, esta exploración solo es aplicable en terrenos arenosos, arcillosos y limos arenosos, no recomendable para gravas, fragmentos gruesos, conglomerados y terrenos rocosos.

35

10.2.1 Principio

Consiste en introducir al suelo una varilla de acero en la que se encuentra un cono metálico de penetración de 60° de punta, mediante la aplicación de golpes de un martillo de 10 kg, este se deja caer desde una altura de 50 cm. Como medida de la resistencia a la penetración se registra el número N° (número de golpes por cada 10 cm de penetración), ha sido correlacionado con algunas propiedades relativas al suelo, particularmente con sus parámetros de resistencia al corte, capacidad portante, densidad relativa, etc. A través de fórmulas empíricas donde se introduce el "N" y se obtiene el ángulo de fricción interna de los distintos materiales.

Los ensayos de DPL han sido ubicados al costado de las calicatas con la finalidad de conocer la resistencia de los distintos estratos al corte.

10.2.2 Equipos y materiales

El equipo de DPL cuenta con los siguientes accesorios, Figura 03:

- Cono Dinámico: Pieza metálica cilíndrica de dimensiones estandarizadas, está en contacto directo con el suelo y se utiliza para medir la resistencia del suelo.
- Martillo o Martinete: Pieza cilíndrica utilizada para generar la energía mecánica requerida para la hincas del cono.
- Cabeza de golpeo o Yunque: Pieza que recibe el impacto del martillo cuando es utilizado y cuyo objetivo es transmitir la energía producida hacia la punta del cono dinámico.
- Varillaje: Barras metálicas las cuales transmiten la energía producida por el martillo hacia el cono. Las barras se conectan desde el yunque hacia el cono cilíndrico, poseen una longitud de un metro y líneas de referencia cada diez centímetros. Esto con el objeto de facilitar el registro de datos.
- Placa base: Placa metálica que permite dar soporte a los componentes del equipo. Esto permite que los componentes se encuentren de manera vertical. La placa base permite la extracción de las barras de traspaso de carga luego de finalizado el sondaje.
- Barra guía: Pieza unida al yunque que permite dar la altura de caída requerida por el martillo y a su vez guía en su caída libre hacia el yunque.

Adicionalmente se usó dos llaves francesas, guantes y tapones de seguridad.



Figura 03: Equipos y accesorios que conforman el DPL.

10.2.3 Procedimiento

El procedimiento de campo incluyó las siguientes actividades:

- Ubicación de ensayos: Se ubicaron al costado de las calcatas.
- Ensamble de equipo: Consiste en conectar los accesorios del equipo, la punta cónica va al final de la varilla de penetración, esta se une a la varía que contiene el yunque, posteriormente se ajustan las uniones y finalmente se empieza a penetrar el suelo con la caída libre del martillo (acción de la gravedad).
- Proceso de toma de datos: Se debe registrar el número de golpes por cada 10 cm que la varilla penetra el suelo; se sigue este procedimiento hasta que el suelo ofrezca resistencia (no exceder los 45 golpes de acuerdo a norma técnica).
- En el cuadro 02, se indica la ubicación de los ensayos de penetración ligera (DPL) realizados en las inmediaciones de la zona urbana de Pijobamba y la profundidad alcanzada.

Las fichas de los ensayos se adjuntan en los anexos de geotecnia, Cuadro 02.

DPL	UBICACIÓN			PROFUNDIDAD (m)
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	ELEVACIÓN (m.n.s.m)	
DPL-01	191088	9112487	3500	5.60
DPL-02	191082	9112530	3495	0.86
DPL-03	191131	9112416	3505	1.47
DPL-04	191100	9112322	3525	2.07
DPL-05	191024	9112488	3515	2.07

Cuadro 02: Datos de ubicación y profundidad de los ensayos de penetración dinámica ligera.

Los ensayos de DPL han alcanzado una profundidad máxima de 5.60 m y mínima de 0.86 m, ya que los suelos están conformados por clastos y bloques a partir de los 1.50 m de profundidad, presentan ángulos de fricción promedio de 27° y 32°, característico de suelos arcillosos.

10.3 Ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080)

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia al esfuerzo corte de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones (esfuerzos verticales y horizontales) que simulen la que existe o existiría en el terreno producto de la aplicación de una carga. Esta resistencia a la cortante en el suelo se debe a dos componentes: la cohesión (relacionado comportamiento plástico que presentan las partículas finas de una muestra) y el ángulo de fricción interna que hace se refiere al rozamiento que existe en las partículas granulares. Para conocer esta resistencia en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (P_v) y luego una carga

horizontal (Ph) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra.

De las muestras extraídas de campo se enviaron al laboratorio de la UNALM las muestras de las 03 calicatas, cuyos resultados se adjuntan en el Cuadro 03.

MUESTRA	Ángulo de fricción interna del suelo (°)	Cohesión aparente del suelo (Kg/cm ²)	Densidad húmeda (tn/m ³)	Densidad seca (tn/m ³)	Humedad %
PCA-01**	17 – 22.5	0.005	-	-	-
PCA-02**	17 – 22.5	0.005	-	-	-
PCA-03*	22.37	0.294	1.85	1.58	17.05

Cuadro 03: Valores obtenidos del ensayo de corte directo. Fuente

GECONSAC, 2015.

* **Resultados obtenidos en laboratorio.**

** **Valores estándares aproximados.**

Los resultados obtenidos muestran que los suelos de la zona urbana del C.P. de Pijobamba no presentan cohesión, mientras que los ángulos de fricción interna superan los 25°, característico de suelos granulares como las arenas y las gravas.

10.4 Capacidad de carga admisible

De los ensayos de corte directo se usan los datos: ángulo de fricción y la cohesión, a los cuales se les calcula con la ayuda de fórmulas empíricas la capacidad de carga última de los suelos (mayor presión unitaria que el suelo puede resistir sin llegar al estado plástico). En base a esta última se obtiene la capacidad de carga admisible que resulta al ser multiplicado por un factor de seguridad, cuyo valor es de 1/3, de acuerdo a la norma técnica peruana para el diseño de cimentaciones.

Se hace mención que, los resultados de capacidad de carga de los 03 sitios analizados se presentan en el Cuadro 04 y **Plano P- 08**.



Además, los suelos en el centro poblado Pijobamaba fueron calculados para una profundidad de cimentación de 1.20 m y ancho mínimo de cimentación de 1.00 m y que presentan valores de capacidad alta a muy alta a la resistencia al corte según la Tabla 01.

MUESTRA	Capacidad de carga última (Tn/m ²)	Capacidad de carga admisible (Kg/cm ²)
PCA-01	33.08	1.02
PCA-02	33.02	1.22
PCA-03	33.12	1.22

Cuadro 04: Capacidad portante de las tres (03) muestras extraídas en la zona urbana de Pijobamba, Fuente GECONSAC, 2015.

Capacidad de Carga Admisible Kg/cm ²	DENOMINACIÓN
<1.0	Muy Baja
1.0 – 2.0	Baja
2.0 – 3.0	Media
>3.0	Alta

Tabla 01: Rango de capacidad Portante.

De los resultados obtenidos en el Cuadro 04 y tomando en cuenta la Tabla 01, se puede determinar que, gran parte del área urbana de Pijobamba se asienta sobre suelos con capacidad portante baja (1.0 – 2.0 kg/cm²). Esta zonificación se muestra en el **Plano P-08**.

10.5 Tipos de Suelos en el centro poblado de Pijobamba

En base a la información geotécnica recopilada de las calicatas, posteos realizados en Pijobamba, de los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos realizados en el laboratorio **GECONSAC** de



la ciudad de Trujillo y complementado con la inspección visual en campo se han identificado los siguientes tipos de suelos, los mismos que se han agrupado haciendo uso del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), **Plano P-09**:

- **Suelos tipo SC**

Están conformados por arenas arcillosas con presencia de gravas y clastos angulosos de hasta 4" de diámetro, el contenido de humedad supera el 15%, por lo que se consideran materiales con permeabilidad baja y se encuentran ligeramente húmedos, se presentan inconsolidados o sueltos.

La capacidad de carga de este tipo de suelos es menor a 1.00 kg/cm², la disposición de los materiales en porcentajes es 15% de gravas, 40% de arenas y 45% de finos (arcillas y limos).

- **Suelos tipo CL**

Estos suelos están conformados por arcillas inorgánicas de plasticidad media, el contenido de humedad es de 33%, su permeabilidad es de media a baja, se les consideran como suelos blandos, la capacidad de carga admisible fluctúa entre 1.00 y 1.20 Kg/cm², los materiales granulares no sobrepasan el 30% en promedio, mientras que los finos no superan el 60%. Como dato adicional tenemos que el límite líquido de estos materiales llega a 24.18% mientras que el límite plástico de 11.73% y el índice de plasticidad es de 12.45%.

11. ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD A FENÓMENOS NATURALES EN EL CENTRO POBLADO PIJOBAMBA

Está en función del inventario de eventos geodinámicos y el análisis de la susceptibilidad a la ocurrencia de éstos, en un área geográfica determinada. Es así que en este ítem se realiza la estimación de la peligrosidad principalmente a reptación de suelos, caída de rocas y deslizamientos en el poblado de Pijobamba y alrededores.

42

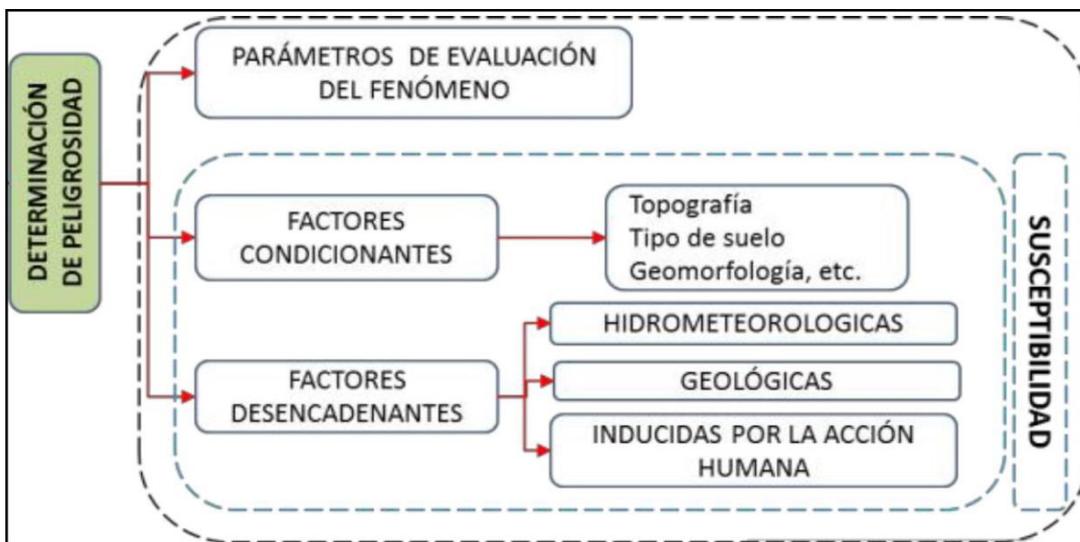


Figura 04: Esquema para la determinación de la peligrosidad según CENEPRED, 2013.

11.1 Reptación de suelos

Forma parte de los movimientos en masa, se caracterizan por ser lentos e imperceptibles para su evaluación se consideran factores como: textura del suelo, pendiente, erosión y velocidad de desplazamiento.

11.1.1 Parámetros de evaluación de la reptación de suelos

Se consideran los siguientes parámetros:



PARÁMETRO		TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.548	
DESCRIPTORES	TX1	Fina: suelos arcillosos (arcilloso, arenoso, arcilloso limoso, arcilloso).	PTX1	0.503
	TX2	Moderadamente Fina: suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcilloso y/o franco limoso arcilloso).	PTX2	0.260
	TX3	Mediana: suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso).	PTX3	0.134
	TX4	Moderadamente Gruesa: suelos francos (franco arenoso).	PTX4	0.068
	TX5	Guersa: suelos (arenosos, franco arenoso).	PTX5	0.035

Tabla 02: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.306	
DESCRIPTORES	PN1	30° a 45°	PPN1	0.503
	PN2	25° a 45°	PPN2	0.260
	PN3	20° a 30°	PPN3	0.134
	PN4	10° a 20°	PPN4	0.068
	PN5	Menor a 5°	PPN5	0.035

Tabla 03: Pendiente, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		EROSIÓN	PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRIPTORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales consolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamientos y erosión.	PE5	0.035

Tabla 04: Erosión, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO	PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido (v = 5 m/s).	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido (v = 0.5 m/s).	PVD2	0.260
	VD3	Rápido (v = 0.0033 m/s).	PVD3	0.134
	VD4	Moderada (v = 3.0093 x 10-4 m/s).	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta (v = 5.144x10-8 m/año a 5.144x10-10)	PVD5	0.035

Tabla 05: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.

A continuación en la Tabla 06 se cita el resultado de la evaluación del evento por reptación de suelos, cuyo valor es de 0.073.

FENÓMENO: REPTACION DE SUELOS								Valor
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad del desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.548	0.503	0.306	0.260	0.101	0.260	0.045	0.035	0.383

Tabla 06: Evaluación del evento de reptación, Fuente: CENEPRED.

11.1.2 Estimación de la susceptibilidad por reptación de suelos

Para ello se deben evaluar tanto los factores condicionantes y detonantes, a fin de sumar sus valores resultantes. Se hace mención que, los pesos ponderados para ambos es de 0.5.

$$\sum_{i=1}^n \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Factores Condicionantes

PARÁMETRO	RELIEVE	PESO PONDERADO: 0.145		
DESCRIPTORES	Y1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	PY1	0.503
	Y2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	PY2	0.260
	Y3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	PY3	0.134
	Y4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	PY4	0.068
	Y5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	PY5	0.035

Tabla 07: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	TIPO DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.515		
DESCRIPTORES	Y6	Rellenos sanitarios.	PY6	0.503
	Y7	Arena Eólica y/o limo (con agua).	PY7	0.260
	Y8	Arena Eólica y/o limo (sin agua).	PY8	0.134
	Y9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o	PY9	0.068
	Y10	Afloramientos rocosos y estratos de grava.	PY10	0.035

Tabla 08: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	COBERTURA VEGETAL	PESO PONDERADO: 0.058		
DESCRIPTORES	Y11	70 - 100 %	PY11	0.503
	Y12	40 - 70 %	PY12	0.260
	Y13	20 - 40 %	PY13	0.134
	Y14	5 - 20 %	PY14	0.068
	Y15	0 - 5 %	PY15	0.035

Tabla 09: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	USO ACTUAL DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.282		
DESCRIPTORES	Y16	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento.	PY16	0.503
	Y17	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados.	PY17	0.260
	Y18	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.	PY18	0.134
	Y19	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	PY19	0.068
	Y20	Sin uso/improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	PY20	0.035

Tabla 10: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.

El valor de los factores condicionantes evaluados se cita en la Tabla 11.

FACTORES CONDICIONANTES								Valor
Tipo de relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.134	0.515	0.068	0.058	0.260	0.282	0.260	0.143

Tabla 11: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.

Factores Detonantes

PARÁMETRO	HIDROMETEREOLÓGICOS		PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	SH1	Lluvias.	PSH1	0.503
	SH2	Temperatura.	PSH2	0.260
	SH3	Viento.	PSH3	0.134
	SH4	Humedad del aire.	PSH4	0.068
	SH5	Brillo solar.	PSH5	0.035

Tabla 12: Hidrometeorológicos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	GEOLÓGICO		PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	SG1	Colisión de placas tectónicas.	PSG1	0.503
	SG2	Zona de actividad volcánica.	PSG2	0.260
	SG3	Fallas geológicas.	PSG3	0.134
	SG4	Movimiento de masas.	PSG4	0.068
	SG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.).	PSG5	0.035

Tabla 13: Geológicos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	INDUCIDO POR LA ACCIÓN HUMANA		PESO PONDERADO: 0.633	
DESCRIPTORES	SI1	Actividades económicas.	PSI1	0.503
	SI2	Sobre explotación de recursos naturales.	PSI2	0.260
	SI3	Infraestructura.	PSI3	0.134
	SI4	Asentamientos humanos.	PSI4	0.068
	SI5	Crecimiento demográfico.	PSI5	0.035

Tabla 14: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.

El valor de los factores desencadenantes evaluados se cita en el siguiente cuadro.

FACTORES DESENCADENANTES O DETONANTES						
Hidrometeorológicos		Geológico		Inducidos por la acción humana		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.260	0.068	0.633	0.134	

Tabla 15: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.

La susceptibilidad estimada se cita en el siguiente cuadro.

SUSCEPTIBILIDAD				
FACT. CONDICIONANTE		FACT. DETONANTES		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.143	0.50	0.156	0.50	0.149

Tabla 16: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.

Este valor según el siguiente Cuadro, califica como SUSCEPTIBILIDAD MEDIA.

Nivel	Rango
Alto	0.260 – 0.503
Medio	0.068 – 0.260
Bajo	0.035 - 0.068

Cuadro 05: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, modifica de CENEPRED en base a los niveles de peligrosidad.

11.2.1.1 Zonificación de la susceptibilidad a reptación de suelos

Las zonas que se presentan Susceptibilidad Alta, abarcan el 60 % y sobre las cuales se asienta la zona urbana del C.P. de Pijobamba.

El 40 % del área de estudio presenta Susceptibilidad Media, éstas se localizan a 20 m. al Norte del C.P. en mención.

Finalmente, las zonas de Susceptibilidad Baja, se localizan a 10 m al Sureste del área urbana, Figura 05.



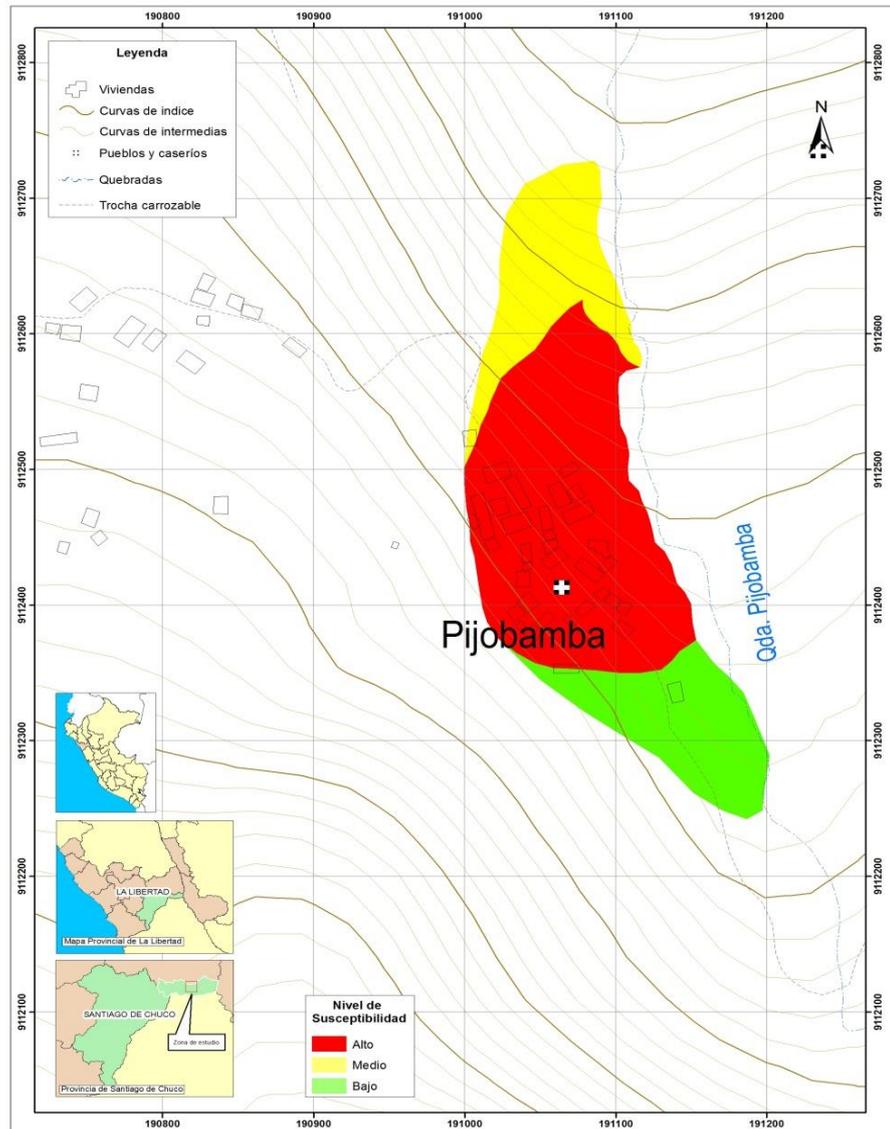


Figura 05: Zonificación de la susceptibilidad a reptación de suelos.

11.1.3 Estimación de la peligrosidad por reptación de suelos

Esta se realiza de la misma forma que los eventos anteriores, primero se evaluó el fenómeno y luego la susceptibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que, la susceptibilidad antes estimada es igual para todos los eventos. Por lo cual, se procedió a calcular la peligrosidad en el Tabla 17.





ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD				
EVENTO O FENÓMENO		SUSCEPTIBILIDAD		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.383	0.50	0.149	0.50	0.266

Tabla 17: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de reptación, CENEPRED.

El valor estimado de peligrosidad por reptación es de 0.266, característico de sectores con peligro alto para mejor detalle se anexa en Cuadro 06, donde se clasifica el grado de peligrosidad, de acuerdo al valor obtenido.



NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1,000,000,000 m ³ , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequía: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	$0.260 \leq R < 0.503$
PELIGRO ALTO	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por períodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100,000,000 m ³ , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequía: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	$0.134 \leq R < 0.260$
PELIGRO MEDIO	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5. Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10,000,000 m ³ , alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequía: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	$0.068 \leq R < 0.134$
PELIGRO BAJO	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del	$0.035 \leq R < 0.068$

Cuadro 06: La descripción del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto, muy alto.

El área de estudio presenta peligro muy alto con valor 0.266, Fuente CENEPRED.

11.1.3.1 Zonificación de la peligrosidad por reptación de suelos

El área evaluado abarca 4 has, de las cuales 1 ½ has se encuentran en **Peligro Muy Alto**, esto representa el 38 % del área de estudio, se ubican a 7 m. al Este de la zona urbana.



En **Peligro Alto**, se encuentra 1 ha, representa el 25 % del área de estudio, sobre las cuales se asienta el 50 % de la zona urbana.

Las zonas que presentan **Peligro Medio**, abarcan 1/2 ha y sobre las cuales se asienta el 50% restante del área urbana.

Finalmente, 1/2 ha, que representan el 17 % del área en estudio, presentan **Peligro Bajo** y se localizan a 50 m al Sur del C.P de Pijobamba.

11.2 Caída de rocas

Son eventos que involucran el desprendimiento de clastos y bloques de rocas que caen por efectos de la gravedad, movimientos sísmicos, entre otros.

11.2.1 Parámetros de evaluación de caída de Rocas

Se consideran los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.548		
DESCRIPTORES	TX1	Fina: suelos arcillosos (arcilloso, arenoso, arcilloso limoso, arcilloso).	PTX1	0.503
	TX2	Moderadamente Fina: suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcillosos y/o franco limoso arcilloso).	PTX2	0.260
	TX3	Mediana: suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso).	PTX3	0.134
	TX4	Moderadamente Gruesa: suelos francos (franco arenoso).	PTX4	0.068
	TX5	Guersa: suelos (arenosos, franco arenoso).	PTX5	0.035

Tabla 18: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.306		
DESCRIPTORES	PN1	30° a 45°	PPN1	0.503
	PN2	25° a 45°	PPN2	0.260
	PN3	20° a 30°	PPN3	0.134
	PN4	10° a 20°	PPN4	0.068
	PN5	Menor a 5°	PPN5	0.035

Tabla 19: Pendiente, Fuente: CENEPRED.



PARÁMETRO	EROSIÓN		PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRIPTORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales consolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamientos y erosión.	PE5	0.035

Tabla 20: Erosión, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO		PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido (v = 5 m/s).	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido (v = 0.5 m/s).	PVD2	0.260
	VD3	Rápido (v = 0.0033 m/s).	PVD3	0.134
	VD4	Moderada (v = 3.0093 x 10-4 m/s).	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta (v = 5.144x10-8 m/año a 5.144x10-10 m/año).	PVD5	0.035

Tabla 21: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.

A continuación en la Tabla 22 se cita el resultado de la evaluación del evento por reptación de suelos, cuyo valor es de 0.345.

FENÓMENO: CAÍDA DE ROCAS								Valor
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad del desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.548	0.260	0.306	0.503	0.101	0.260	0.045	0.503	0.345

Tabla 22: Evaluación del evento de caída de rocas, Fuente: CENEPRED.

11.2.2 Estimación de la susceptibilidad a caída de rocas

Para ello se deben evaluar tanto los factores condicionantes y detonantes, a fin de sumar sus valores resultantes. Se hace mención que, los pesos ponderados para ambos es de 0.5:

$$\sum_{i=1}^n \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Factores Condicionantes

PARÁMETRO		RELIEVE	PESO PONDERADO: 0.145	
DESCRIPTORES	Y1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	PY1	0.503
	Y2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	PY2	0.260
	Y3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	PY3	0.134
	Y4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	PY4	0.068
	Y5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	PY5	0.035

Tabla 23: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		TIPO DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.515	
DESCRIPTORES	Y6	Rellenos sanitarios.	PY6	0.503
	Y7	Arena Eólica y/o limo (con agua).	PY7	0.260
	Y8	Arena Eólica y/o limo (sin agua).	PY8	0.134
	Y9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o	PY9	0.068
	Y10	Afloramientos rocosos y estratos de grava.	PY10	0.035

Tabla 24: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		COBERTURA VEGETAL	PESO PONDERADO: 0.058	
DESCRIPTORES	Y11	70 - 100 %	PY11	0.503
	Y12	40 - 70 %	PY12	0.260
	Y13	20 - 40 %	PY13	0.134
	Y14	5 - 20 %	PY14	0.068
	Y15	0 - 5 %	PY15	0.035

Tabla 25: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		USO ACTUAL DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.282	
DESCRIPTORES	Y16	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento.	PY16	0.503
	Y17	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por períodos determinados.	PY17	0.260
	Y18	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.	PY18	0.134
	Y19	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	PY19	0.068
	Y20	Sin uso/improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	PY20	0.035

Tabla 26: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.

El valor de los factores condicionantes evaluados se cita en la Tabla 27.

FACTORES CONDICIONANTES								Valor
Tipo de relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.134	0.515	0.068	0.058	0.134	0.282	0.068	0.081

Tabla 27: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.

Factores Detonantes

PARÁMETRO		HIDROMETEREOLÓGICOS	PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	SH1	Lluvias.	PSH1	0.503
	SH2	Temperatura.	PSH2	0.260
	SH3	Viento.	PSH3	0.134
	SH4	Humedad del aire.	PSH4	0.068
	SH5	Brillo solar.	PSH5	0.035

Tabla 28: Hidrometereológicos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		GEOLÓGICO	PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	SG1	Colisión de placas tectónicas.	PSG1	0.503
	SG2	Zona de actividad volcánica.	PSG2	0.260
	SG3	Fallas geológicas.	PSG3	0.134
	SG4	Movimiento de masas.	PSG4	0.068
	SG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.).	PSG5	0.035

Tabla 29: Geológicos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		INDUCIDO POR LA ACCIÓN HUMANA	PESO PONDERADO: 0.633	
DESCRIPTORES	SI1	Actividades económicas.	PSI1	0.503
	SI2	Sobre explotación de recursos naturales.	PSI2	0.260
	SI3	Infraestructura.	PSI3	0.134
	SI4	Asentamientos humanos.	PSI4	0.068
	SI5	Crecimiento demográfico.	PSI5	0.035

Tabla 30: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.

El valor de los factores desencadenantes evaluados se cita en el siguiente cuadro.

FACTORES DESENCADENANTES O DETONANTES						
Hidrometereológicos		Geológico		Inducidos por la acción humana		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.260	0.068	0.633	0.134	0.156

Tabla 31: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.

La susceptibilidad estimada se cita en el siguiente cuadro.

SUSCEPTIBILIDAD				
FACT. CONDICIONANTES		FACT. DETONANTES		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.081	0.50	0.156	0.50	0.119

Tabla 32: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.

Este valor según el siguiente Cuadro, califica como SUSCEPTIBILIDAD MEDIA.

Nivel	Rango
Alto	0.260 – 0.503
Medio	0.068 – 0.260
Bajo	0.035 - 0.068

Cuadro 07: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, modifica de CENEPRED en base a los niveles de peligrosidad.

54

11.2.1.1 Zonificación de la susceptibilidad a caída de rocas

Las zonas que se presentan Susceptibilidad Alta, abarcan el 70 % se localizan al Suroeste del C.P. de Pijobamba.

El 15 % del área de estudio presenta Susceptibilidad Media, éstas se localizan a 120 m. al Sur del C.P. en mención.

Finalmente, las zonas de Susceptibilidad Baja, abarcan el 15% y sobre las cuales se asienta el 50 % del área urbana, Figura 06.



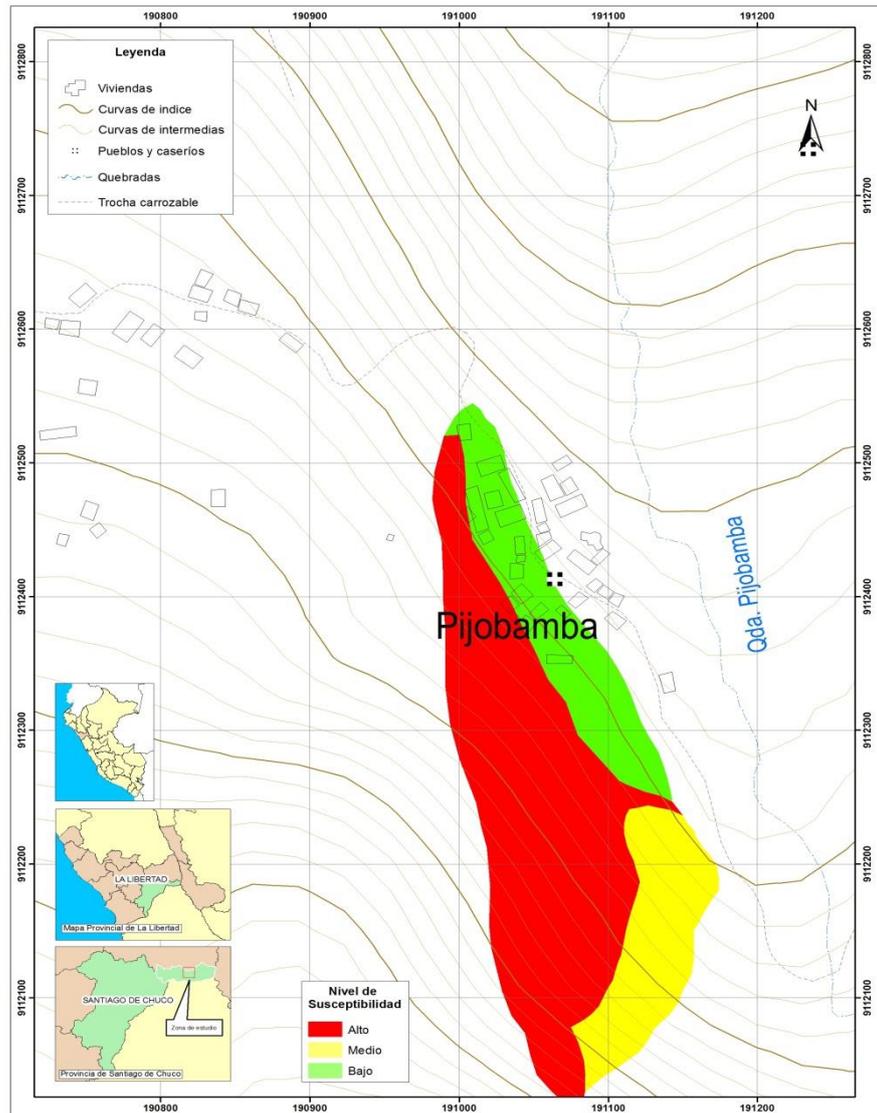


Figura 06: Zonificación de la susceptibilidad por caída de rocas.

11.2.3 Estimación de la peligrosidad por caída de rocas

Esta se realiza de la misma forma que los eventos anteriores, primero se evaluó el fenómeno y luego la susceptibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que, la susceptibilidad antes estimada es igual para todos los eventos. Por lo cual, se procedió a calcular la peligrosidad en el Tabla 33.

ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD				
EVENTO O FENÓMENO		SUSCEPTIBILIDAD		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.345	0.50	0.119	0.50	0.232

Tabla 33: Estimación de la peligrosidad por eventos geodinámicos de caída de rocas, Fuente: CENEPRED.

El valor estimado de peligrosidad por caída de rocas es de 0.232, característico de sectores con peligro medio para mejor detalle se anexa en el Cuadro 08, donde se clasifica el grado de peligrosidad, de acuerdo al valor obtenido.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1,000,000,000 m ³ , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequia: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.260 ≤ R < 0.503
PELIGRO ALTO	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100,000,000 m ³ , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134 ≤ R < 0.260
PELIGRO MEDIO	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10,000,000 m ³ , alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	0.068 ≤ R < 0.134
PELIGRO BAJO	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del	0.035 ≤ R < 0.068

Cuadro 08: La estratificación del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.

Una vez conocidos los valores de la peligrosidad se ha podido determinar que, el centro poblado Pijobamba presenta peligrosidad alta, Plano P-09.

11.2.3.1 Zonificación de la peligrosidad a caída de rocas

El área evaluado abarca 3 1/2 has, de las cuales se encuentran en **Peligro Alto** el 52 % del área de estudio, en estas se asienta el 20% de las zona urbana.

Las zonas que presentan **Peligro Medio**, abarcan 1/2 ha y sobre las cuales se asienta el 60% del área urbana.

Finalmente, el 23 % del área en estudio, presentan **Peligro Bajo** y sobre las cuales se asienta el 20% restante del área urbana.

57

11.3 Deslizamientos

Los deslizamientos son MM, en las que volúmenes de material intemperizado, bloques y masas de roca se desprenden y se desplazan cuesta abajo, sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava, la que se le considera la superficie de falla del evento.

11.3.1 Parámetros de evaluación de deslizamientos

Se consideran los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.548
DESCRIPTORES	TX1 Fina: suelos arcillosos (arcilloso, arenoso, arcilloso limoso, arcilloso).	PTX1 0.503
	Moderadamente Fina: suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcillosos y/o franco limoso arcilloso).	PTX2 0.260
	TX3 Mediana: suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso).	PTX3 0.134
	TX4 Moderadamente Gruesa: suelos francos (franco arenoso).	PTX4 0.068
	TX5 Guersa: suelos (arenosos, franco arenoso).	PTX5 0.035

Tabla 34: Textura del suelo, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO	PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.306
DESCRIPTORES	PN1 30° a 45°	PPN1 0.503
	PN2 25° a 45°	PPN2 0.260
	PN3 20° a 30°	PPN3 0.134
	PN4 10° a 20°	PPN4 0.068
	PN5 Menor a 5°	PPN5 0.035

Tabla 35: Pendiente, Fuente: CENEPRED.



PARÁMETRO		EROSIÓN	PESO PONDERADO: 0.101	
DESCRITORES	E1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales consolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	PE1	0.503
	E2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2	0.260
	E3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3	0.134
	E4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	PE4	0.068
	E5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamientos y erosión.	PE5	0.035

Tabla 36: Erosión, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO	PESO PONDERADO: 0.045	
DESCRITORES	VD1	Extremadamente rápido (v = 5 m/s).	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido (v = 0.5 m/s).	PVD2	0.260
	VD3	Rápido (v = 0.0033 m/s).	PVD3	0.134
	VD4	Moderada (v = 3.0093 x 10 ⁻⁴ m/s).	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta (v = 5.144x10 ⁻⁸ m/año a 5.144x10 ⁻¹⁰ m/año).	PVD5	0.035

Tabla 37: Velocidad del desplazamiento, Fuente: CENEPRED.

A continuación en la Tabla 38 se cita el resultado de la evaluación del evento por reptación de suelos, cuyo valor es de 0.468.

FENÓMENO: DESLIZAMIENTOS								
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad del desplazamiento		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.548	0.503	0.306	0.134	0.101	0.134	0.045	0.068	0.333

Tabla 38: Evaluación del deslizamiento, Fuente: CENEPRED.

11.3.2 Estimación de la Susceptibilidad a Deslizamientos

Para ello se deben evaluar tanto los factores condicionantes y detonantes, a fin de sumar sus valores resultantes. Se hace mención que, los pesos ponderados para ambos es de 0.5:

$$\sum_{i=1}^n \text{Factor}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Factores Condicionantes

PARÁMETRO		RELIEVE	PESO PONDERADO: 0.145	
DESCRIPTORES	Y1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	PY1	0.503
	Y2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	PY2	0.260
	Y3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	PY3	0.134
	Y4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	PY4	0.068
	Y5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	PY5	0.035

Tabla 39: Relieve del Terreno, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		TIPO DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.515	
DESCRIPTORES	Y6	Rellenos sanitarios.	PY6	0.503
	Y7	Arena Eólica y/o limo (con agua).	PY7	0.260
	Y8	Arena Eólica y/o limo (sin agua).	PY8	0.134
	Y9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o	PY9	0.068
	Y10	Afloramientos rocosos y estratos de grava.	PY10	0.035

Tabla 40: Tipos de suelos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		COBERTURA VEGETAL	PESO PONDERADO: 0.058	
DESCRIPTORES	Y11	70 - 100 %	PY11	0.503
	Y12	40 - 70 %	PY12	0.260
	Y13	20 - 40 %	PY13	0.134
	Y14	5 - 20 %	PY14	0.068
	Y15	0 - 5 %	PY15	0.035

Tabla 41: Cobertura Vegetal, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		USO ACTUAL DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.282	
DESCRIPTORES	Y16	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento.	PY16	0.503
	Y17	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados.	PY17	0.260
	Y18	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.	PY18	0.134
	Y19	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	PY19	0.068
	Y20	Sin uso/improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	PY20	0.035

Tabla 42: Uso actual de suelos, Fuente: CENEPRED.

El valor de los factores condicionantes evaluados se cita en la Tabla 43.

FACTORES CONDICIONANTES								Valor
Tipo de relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.134	0.515	0.068	0.058	0.134	0.282	0.260	0.136

Tabla 43: Valor resultante de la evaluación de los factores condicionantes, Fuente: CENEPRED.

Factores Detonantes

PARÁMETRO		HIDROMETEREOLÓGICOS	PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	SH1	Lluvias.	PSH1	0.503
	SH2	Temperatura.	PSH2	0.260
	SH3	Viento.	PSH3	0.134
	SH4	Humedad del aire.	PSH4	0.068
	SH5	Brillo solar.	PSH5	0.035

Tabla 44: Hidrometereológicos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		GEOLÓGICO	PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	SG1	Colisión de placas tectónicas.	PSG1	0.503
	SG2	Zona de actividad volcánica.	PSG2	0.260
	SG3	Fallas geológicas.	PSG3	0.134
	SG4	Movimiento de masas.	PSG4	0.068
	SG5	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.).	PSG5	0.035

Tabla 45: Geológicos, Fuente: CENEPRED.

PARÁMETRO		INDUCIDO POR LA ACCIÓN HUMANA	PESO PONDERADO: 0.633	
DESCRIPTORES	SI1	Actividades económicas.	PSI1	0.503
	SI2	Sobre explotación de recursos naturales.	PSI2	0.260
	SI3	Infraestructura.	PSI3	0.134
	SI4	Asentamientos humanos.	PSI4	0.068
	SI5	Crecimiento demográfico.	PSI5	0.035

Tabla 46: Inducidos por la acción del hombre, Fuente: CENEPRED.

El valor de los factores desencadenantes evaluados se cita en el siguiente cuadro.

FACTORES DESENCADENANTES O DETONANTES						
Hidrometereológicos		Geológico		Inducidos por la acción humana		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.260	0.068	0.633	0.134	0.156

Tabla 47: Valor resultante de la evaluación de los factores detonantes, Fuente: CENEPRED.

La susceptibilidad estimada se cita en el siguiente cuadro.

SUSCEPTIBILIDAD				
FACT. CONDICIONANTE		FACT. DETONANTES		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.136	0.50	0.156	0.50	0.146

Tabla 48: Susceptibilidad estimada en las inmediaciones del área de estudio, Fuente: CENEPRED.

Este valor según el siguiente Cuadro, califica como SUSCEPTIBILIDAD MEDIA.

Nivel	Rango
Alto	0.260 – 0.503
Medio	0.068 – 0.260
Bajo	0.035 - 0.068

Cuadro 09: Rango establecido para determinar el nivel de susceptibilidad, modifica de CENEPRED en base a los niveles de peligrosidad.

61

11.3.2.1 Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos

Las zonas que se presentan Susceptibilidad Alta, abarcan el 35 % y se localizan al Norte del C.P. de Pijobamba.

El 20 % del área de estudio presenta Susceptibilidad Media y se localizan al Noreste del centro poblado en mención.

Finalmente, las zonas de Susceptibilidad Baja, abarcan el 45% y sobre las cuales se asienta el 40 % del área urbana, Figura 07.



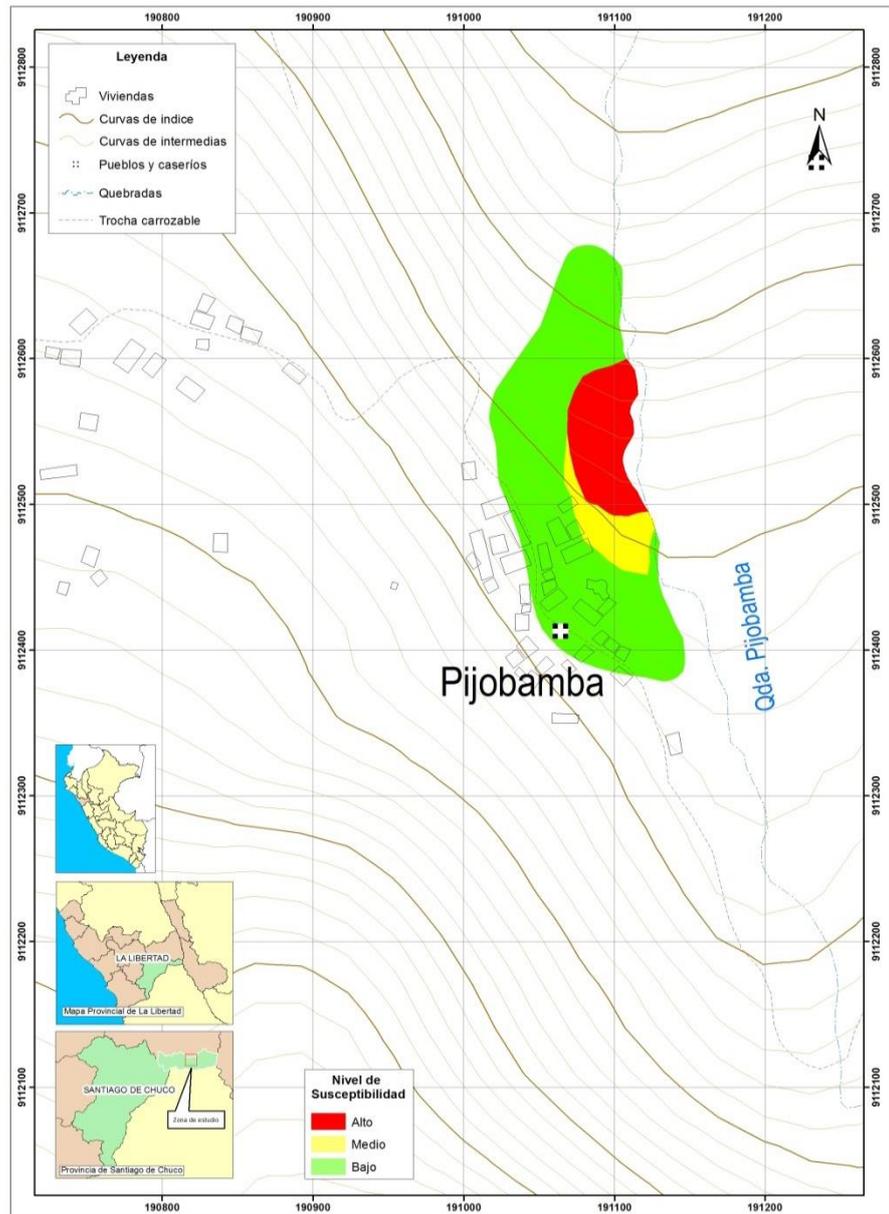


Figura 07: Zonificación de la susceptibilidad por deslizamientos.

11.3.3 Estimación de la peligrosidad por deslizamientos

Esta se realiza de la misma forma que los eventos anteriores, primero se evaluó el fenómeno y luego la susceptibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que, la susceptibilidad antes estimada es igual para todos los eventos. Por lo cual, se procedió a calcular la peligrosidad en el Tabla 49.



ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD				
EVENTO O FENÓMENO		SUSCEPTIBILIDAD		
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor
0.333	0.50	0.146	0.50	0.239

Tabla 49: Estimación de la peligrosidad por deslizamiento, Fuente: CENEPRED.

El valor estimado de peligrosidad por deslizamientos es de 0.239, característico de sectores con peligro muy alto para mejor detalle se anexa en el Cuadro 10, donde se clasifica el grado de peligrosidad, de acuerdo al valor obtenido.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1,000,000,000 m ³ , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequía: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.260 ≤ R < 0.503
PELIGRO ALTO	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100,000,000 m ³ , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequía: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134 ≤ R < 0.260
PELIGRO MEDIO	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10,000,000 m ³ , alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequía: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	0.068 ≤ R < 0.134
PELIGRO BAJO	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del	0.035 ≤ R < 0.068

Cuadro 10: La estratificación del peligro se divide en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. El área de estudio presenta peligro muy alto (0.134 – 0.260). Fuente: CENEPRED.



Una vez conocidos los valores de la peligrosidad se ha podido determinar que, el centro poblado Pijobamba presenta peligrosidad muy alta, Plano P-09.

11.3.3.1 Zonificación de la peligrosidad a deslizamientos

El área evaluado abarca 4 has, de las cuales se encuentran en **Peligro Alto** el 45 % del área de estudio y se ubican a 21 m al Este del C.P. de Pijabamba.

Las zonas que presentan **Peligro Medio**, abarcan 1 ha y sobre las cuales se asienta el 10% del área urbana.

Finalmente, el 30 % del área en estudio, presentan **Peligro Bajo** y sobre las cuales se asienta el 70% restante del área urbana.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La infraestructura y las viviendas del centro poblado de Pijobamba se encuentran asentadas sobre una ladera formada antiguamente por aluviones producto de procesos erosivos y deposicionales.
- La litología de la zona está constituida por rocas sedimentarias como areniscas y lutitas de la Formación Chicama, que al erosionarse se transforman en sedimentos arcillosos. Los tipos de rocas mencionados se presentan intensamente fracturadas y meteorizadas.
- Del cartografiado geológico y geotécnico se ha logrado identificar dos tipos de suelos. Los primeros están conformados por arenas arcillosas (SC), presentan gravas y clastos angulosos, se encuentran medianamente saturados. El segundo tipo de suelos son las arcillas de plasticidad media (CL) cuyo contenido de humedad sobrepasa el 33% encontrándose saturados, son suelos blandos, el 50% de la zona urbana está asentado sobre este tipo de suelos.



- El C.P. de Pijobamba se encuentra afectada por eventos geodinámicos como: reptación de suelos, caída de rocas y deslizamientos. Siendo la reptación de suelos el evento de mayor incidencia sobre el área urbana, debido a la falta de obras de mitigación en ambos márgenes del río se muestran zonas de intensa erosión, esto hace que se formen nuevos agrietamientos.
- El nivel de peligrosidad evaluado a través de la metodología propuesta por CENEPRED, clasifica a la zona como **PELIGROSIDAD MUY ALTA**, para reptación de suelos, caracterizada por ser una zona inestable, presenta afloramientos rocosos muy meteorizados intensamente fracturados, la zona urbana se asienta sobre materiales inconsolidados producto de antiguos aluviones, la presencia de nivel freático hace que este tipo de sedimentos se sobresaturen, mientras que para el caso de caída de rocas y deslizamientos esta zona presenta **PELIGROSIDAD ALTA**.
- Se debe realizar el levantamiento topográfico en la zona de estudio a escala 1:1,000, con la finalidad de calcular los volúmenes reales de los materiales involucrados en el deslizamiento.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F.J.; Andreu, F.J.; Fe, M.; Ferrer, M.; de Simón, A.; Fernández, I.; Olalla, C.; Gómez, J.; Sanpedro, J. y Cienfuegos, F.J. 1987. "Manual de Taludes". Serie Geotecnia. IGME. Madrid. 456 pp.
- Cruden, D. M., (1991) A simple definition of a landslide. IAEG Bull., 43,27-29.
- Cobbing, J. y otros (1996), INGEMMET. Cuadrángulo de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca (20-h, 20-i, 20-j, 21-i y 21-j), boletín 76.





- Cruden, D. M. y Varnes, D. J., (1996). Landslide types and Processes. In landslide-Investigation and Mitigation (pp.36-75).
- Corominas, J. y García Yagüe, A. (1997.) “Terminología de los movimientos de ladera”. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol.3: 1051-1072.
- www.senamhi.gob.pe/include_mapas/dat_esta_tipo.php.

