

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7107**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR LAS PALMERAS

Región Cajamarca  
Provincia San Ignacio  
Distrito San Ignacio



DICIEMBRE  
2020

## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	2
1.2. ANTECEDENTES .....	2
1.3. ASPECTOS GENERALES .....	3
1.3.1. Ubicación .....	3
1.3.2. Accesibilidad .....	3
1.3.3. Condiciones climáticas .....	14
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	14
2.1. GEOLOGÍA LOCAL .....	14
2.1.1. Volcánico Oyotún (J-vo) .....	14
2.1.2. Depósitos coluvio – deluviales (Qh-cd) .....	15
3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO .....	15
3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y DENUACIONAL .....	16
3.1.1. Unidad de montaña .....	17
3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL .....	17
3.2.1. Unidad de Piedemonte .....	17
4. PELIGROS GEOLÓGICOS .....	18
4.1. CONCEPTOS BÁSICOS .....	18
4.1.1. Deslizamientos .....	18
4.1.2. Reptación .....	19
4.2. TIPOS DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR LAS PALMERAS .....	19
4.2.1. Deslizamientos rotacionales .....	21
4.2.2. Deslizamiento traslacional .....	25
5. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN .....	27
5.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA CAPTACIÓN DE FLUJOS DE ESCORRENTÍA .....	27
5.1.1. Canal de coronación .....	27
5.1.2. Sistemas de drenaje espina de pescado .....	28
CONCLUSIONES .....	29
RECOMENDACIONES .....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR LAS PALMERAS

(Distrito y provincia de San Ignacio, Región Cajamarca)

### RESUMEN

En el sector Las Palmeras, ubicado en el distrito y provincia de San Ignacio, región Cajamarca, se encuentra asentado sobre un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación, afectando viviendas de la calle Las Dalias, el pasaje Las Begonias, y obras de infraestructura como la carretera San Ignacio-Namballe, en un tramo de 60 m. Es importante mencionar, que en la parte baja, en el jirón Zarumilla, se observa la presencia de surgencias de agua, que nos indica un nivel freático alto.

Las unidades geológicas en la zona evaluada comprenden afloramientos de andesitas color verde oscuro muy fracturadas del volcánico Oyotún; asimismo se identificó depósitos coluvio-deluviales, compuestos por clastos de diferentes tamaños envueltos en una matriz de suelos finos limo-arcillosos de color pardo amarillento. Estos suelos se encuentran poco consolidados y cuando se saturan disminuyen notablemente su resistencia, ocasionando la ocurrencia de deslizamientos y reptación.

Geomorfológicamente, el sector evaluado, se asienta sobre las subunidades de montaña en roca volcano-sedimentaria, con pendientes entre 20° a 30°, en cuyas laderas se observan derrumbes o caídas de rocas de tamaño mediano a pequeño; y depósitos de piedemonte, en la parte baja, con pendientes entre 10° - 15°, en los que se desarrollan deslizamientos y reptación de suelos.

Los factores condicionantes para la generación del deslizamiento son: a) terreno en contacto con sustrato conformado por rocas andesíticas del volcánico Oyotún, medianamente fracturado y a favor de la pendiente, b) depósitos coluvio-deluviales conformados por gravas angulosas, soportadas en una matriz limo-arcillosa de color pardo amarillento, que permiten la retención de agua, c) pendientes entre 20°- 30°.

Las reactivaciones, en el área del deslizamiento antiguo, se presentan como deslizamientos rotacionales y procesos de reptación. Los deslizamientos presentan coronas semicircular y escarpas con longitudes entre 40 y 60 metros.

Se identificó agrietamientos del terreno en la parte posterior de la escarpa principal, así como también en el cuerpo de la masa deslizada, por lo cual se puede afirmar que el deslizamiento tiene un avance progresivo/retrogresivo.

En la parte baja, jirón Zarumilla, se aprecia afloramientos de agua, lo que indica un nivel freático alto. Para la construcción de infraestructura en este sector, es necesario rebatir el agua subterránea mediante drenajes subsuperficiales y realizar estudios geotécnicos e hidrogeológicos de detalle.

Por las condiciones geológicas que presenta el sector Las Palmeras, se le considera de **Alto Peligro a la ocurrencia de deslizamientos y reptación de suelos**, que pueden originarse por la saturación de los terrenos durante lluvias intensas y/o sismos de gran magnitud; se recomienda reubicar las viviendas afectadas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 7), contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa), en zonas que tengan elementos vulnerables.

Es en el marco de estas competencias que se realizó la inspección de los eventos de tipo movimientos de masa, ocurridos el día 26 de mayo del 2019, en el sector Las Palmeras, distrito y provincia de San Ignacio, región Cajamarca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis León O. y Diana Vigo B. para que realicen la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron el 20 de agosto del 2019.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres), el cartografiado geológicos y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de San Ignacio, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Identificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en el sector Las Palmeras.
- Emitir las recomendaciones necesarias para la prevención y/o mitigación de los peligros geológicos que afectan el sector Las Palmeras.

### 1.2. ANTECEDENTES

Existen algunos trabajos por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y uno escala local, se detalla a continuación:

- Reyes y Caldas (1987), en el estudio denominado “Boletín N° 39 – Serie A, Carta Geológica Nacional”, en el cuadrángulo de Huancabamba 11-e, se menciona, a escala regional, las principales características litológicas, del sector evaluado en el distrito de San Ignacio.
- Zavala y Rosado (2011), en el estudio denominado “Riesgo Geológico en la Región Cajamarca”, indican que la ciudad de San Ignacio se encuentra emplazada sobre un antiguo depósito de deslizamiento de gran dimensión y que los peligros geológicos actuales se relacionan a procesos de deforestación de laderas, flujos de lodo e inundaciones en algunas quebradas que cruzan la ciudad.



- Lamadrid (2019), en el informe técnico “Seguridad en edificaciones”, menciona que existen viviendas afectadas en el Jr. Zarumilla, calle Amazonas, pasaje Las Begonias y calle Las Dalias a consecuencia de las lluvias intensas, en donde se ha producido deslizamientos de terrenos y filtraciones de agua que provienen de la parte alta, poniendo en peligros a todas las viviendas aledañas.

### 1.3. ASPECTOS GENERALES

#### 1.3.1. Ubicación

El sector Las Palmeras, se ubica en el distrito y provincia de San Ignacio, región Cajamarca. A una altitud promedio de 1320 m s.n.m., en las coordenadas UTM (WGS84 – 17 S) que se presenta en el cuadro 1. Su ubicación respecto a la ciudad de San Ignacio se muestra en la figura 1.

**Cuadro 1:** Ubicación de la zona de estudio

Punto	Norte (m)	Este(m)	Altitud (m s.n.m.)
1	9431269	720493	1369
2	9431269	720946	1339
3	9430875	720946	1298
4	9430875	720493	1385

#### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, se realizó mediante la ruta que se presenta en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Itinerario de traslado a la zona de estudio.

Ruta	Km	Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca – Chota – Cutervo – Jaén – San Ignacio	433.5	Asfaltada	9 h 45 min

Fuente: Elaboración propia.

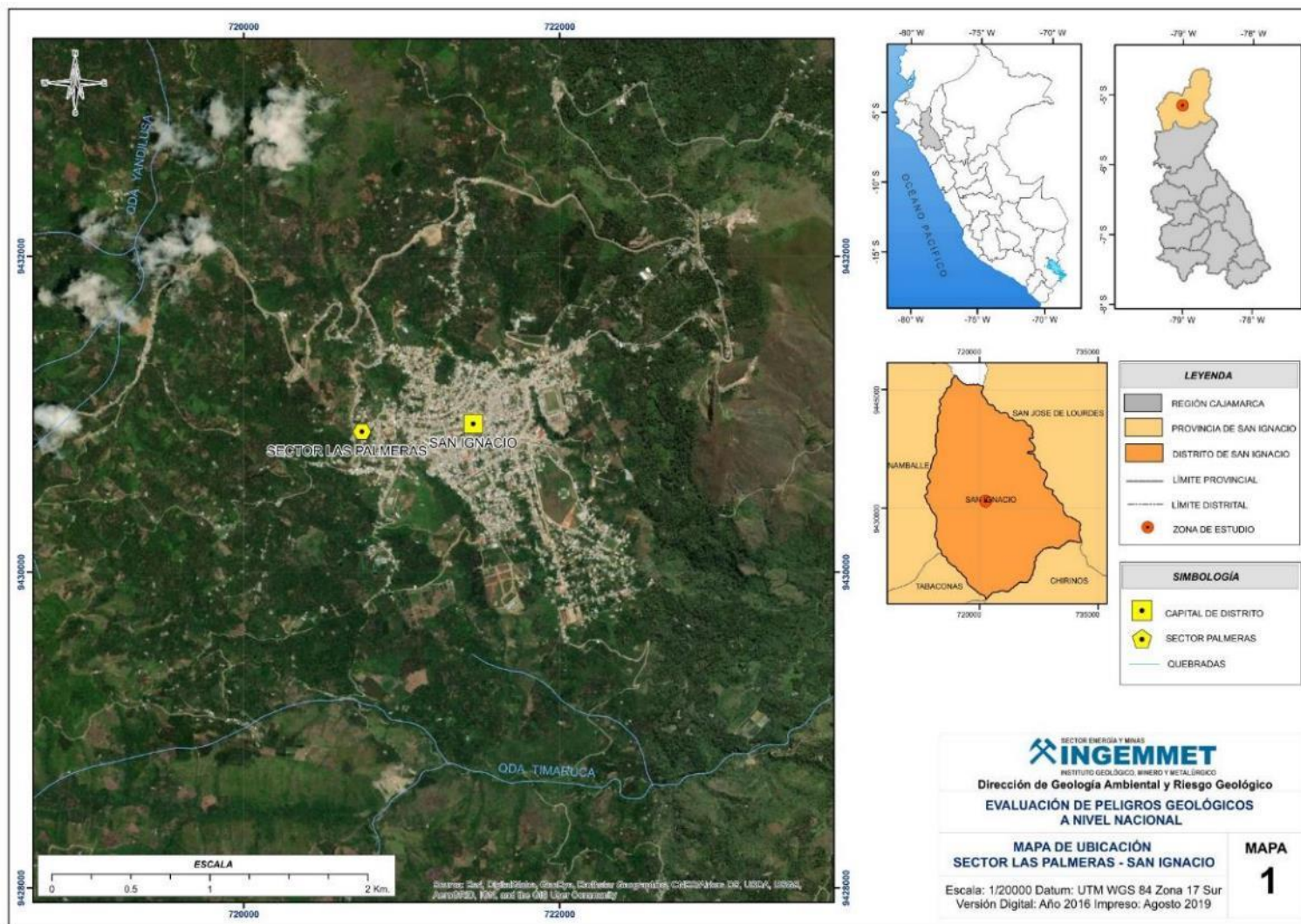
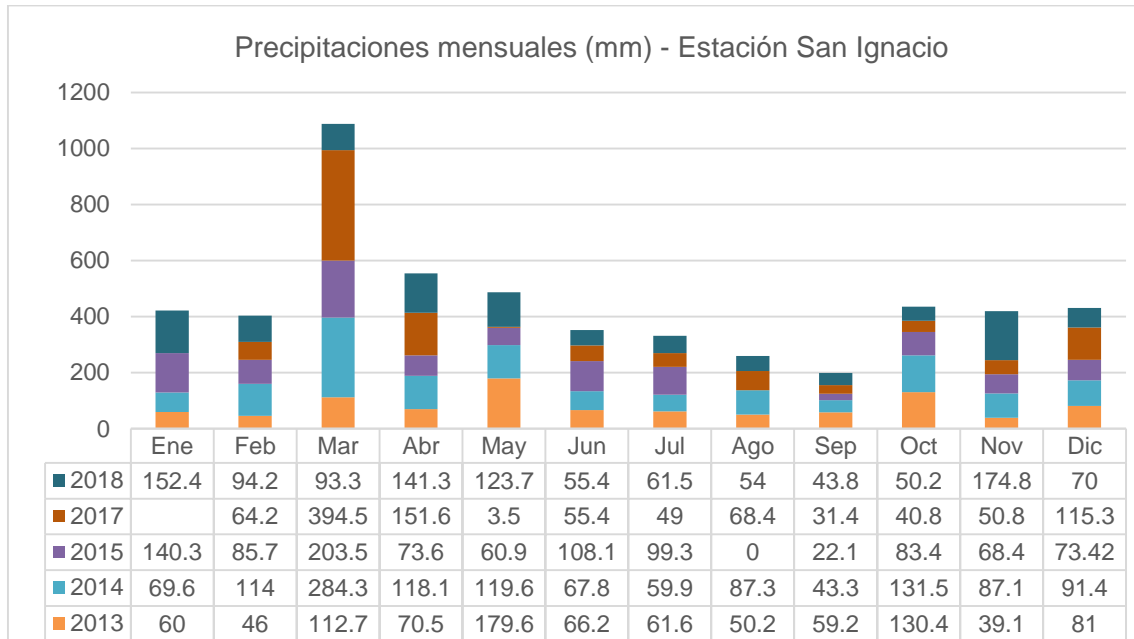


Figura 1. Ubicación del sector Las Palmeras respecto a la ciudad de San Ignacio.

### 1.3.3. Condiciones climáticas

La zona de estudio tiene un clima tropical y una temperatura promedio de 21.7°C. La precipitación mensual, según la estación meteorológica San Ignacio del SENAMHI, ubicada a 1243 m s.n.m., a 0.65 km al NE del sector Las Palmeras (comprendidos entre los años 2013 al 2018), muestran que las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de enero a mayo (figura 2), con picos de precipitación en marzo del 2014 (284 mm) y el 2017 (394 mm).



**Figura 2.** Precipitaciones mensuales registradas por la estación San Ignacio.

Fuente: Elaborada en base al SENAMHI.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local del área de estudio se ha evaluado teniendo como base el “Boletín N° 39 – Serie A, Carta Geológica Nacional”, al que corresponde el cuadrángulo de Huancabamba 11-e (Reyes y Caldas, 1987).

En la zona de estudio se presentan afloramientos de andesitas de color verde oscuro pertenecientes al Volcánico Oyotún, suprayaciendo depósitos cuaternarios coluvio-deluviales de espesor variado.

### 2.1. GEOLOGÍA LOCAL

Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio, corresponden a afloramientos del Volcánico Oyotún y depósitos cuaternarios tipo coluvio-aluviales, cuyas características se mencionan a continuación:

#### 2.1.1. Volcánico Oyotún (J-vo)

Corresponde al Jurásico inferior, conformado por una secuencia de rocas volcánicas con algunas intercalaciones sedimentarias. En el talud superior de la carretera San Ignacio-Namballe (sector Las Palmeras), se ha identificado afloramientos de andesitas



de color verde oscuro muy fracturadas y muy alteradas (ver fotografía 1), identificando derrumbes o caídas de bloques de roca de tamaño mediano a pequeño.



**Fotografía 1:** Afloramiento de andesitas del volcánico Oyotún en la carretera San Ignacio – Namballe. Nótese el alto grado de meteorización y fracturamiento de las rocas

### 2.1.2. Depósitos coluvio – deluviales (Qh-cd)

Son depósitos de piedemonte, originados por la movilización del terreno, por acción de la gravedad y agua, conformados por gravas y bloques angulosos.

En la zona de estudio, estos depósitos están constituidos por clastos de diferentes tamaños envueltos en una matriz de suelos finos limo-arcillosos de color pardo amarillento.

En el sector Las Palmeras, estos depósitos poco consolidados o inconsolidados son inestables en pendientes escarpadas ocasionando deslizamientos en temporadas de lluvias intensas y reptación de suelos (ver figura 3 y 4).

## 3. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en los sectores evaluados en el distrito de San Ignacio se empleó la publicación de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del INGEMMET; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos (degradacionales o denudativos y agradacionales o depositacionales) en la evolución del relieve.

En el Cuadro 3, se presentan las principales unidades y subunidades geomorfológicas asociadas con el tipo de peligro geológico identificado y su grado de actividad.





**Figura 3:** Deslizamiento de un depósito coluvio-deluvial emplazado en una ladera.

**Cuadro 3:** Unidades geomorfológicas identificada

Proceso morfodinámico	Unidad	Subunidad	Peligro Geológico Asociado	Grado de Actividad
Tectónico degradacional y denudacional	Montañas y colinas	Montañas en roca volcánica (RM- rv)	Deslizamiento	Activo
Deposicional o agradacional	Piedemonte	Piedemonte coluvio – deluvial (P-cd)	Deslizamiento y Reptación	Activo

### 3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y DENUDACIONAL

Según Villota (2005), éstas resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o por procesos exógenos agradacionales, conduciendo a la modificación parcial o total del mismo.

Los paisajes geomorfológicos en proceso de denudación forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo, en la zona de estudio, se ha identificado la siguiente unidad:

### 3.1.1. Unidad de montaña

Unidad componente de las estribaciones de la cordillera Occidental, en la zona de estudio incluye la siguiente subunidad:

- **Subunidad de montaña en roca volcánica (RM-rv):** Corresponde a una elevación natural del terreno, constituida principalmente por rocas del Volcánico Oyotún. La cima es generalmente semiredondeada y sus laderas irregulares presentan pendientes moderadas a altas (20°- 30°). Esta geoforma se ha identificado hacia el Noroeste de la ciudad de San Ignacio (ver figura 4), en ésta se presentan derrumbes o caídas de bloques de roca de tamaño mediano a pequeño.

### 3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEPOSITACIONAL O AGRADACIONAL

Según Villota (2005), estas geoformas son el resultado de procesos morfodinámicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles; tales como el agua de escorrentía y los vientos. Éstos últimos, tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.



**Figura 4:** Unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio.

#### 3.2.1. Unidad de Piedemonte

Unidad conformada por la acumulación de materiales heterogéneos de tamaño variado, sobre la base de las laderas de montañas (figura 5). Incluye la siguiente subunidad:

- **Subunidad de Piedemonte:** compuesta por las acumulaciones sucesivas de material detrítico y fino en el pie de las laderas, originados por la movilización del terreno, por acción de la gravedad y el agua. Está constituida, predominantemente, por suelos finos limoarcillosos, inestables en pendientes escarpadas ocasionando deslizamientos y reptación.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el sector Las Palmeras se ha identificado movimientos en masa del tipo deslizamiento y reptación que afectan seriamente a viviendas ubicadas entre el pasaje Las Begonias y la calle Las Dalias. Así mismo, en la Av. Zarumilla se identificó que el nivel freático está a menos de 1.5 metros de la superficie del terreno. Por lo cual, no es recomendable la construcción de edificaciones u otras estructuras sin un estudio previo de suelos.

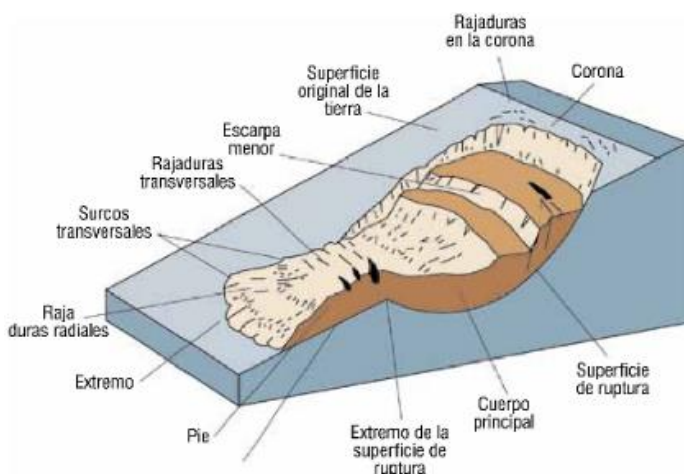
### 4.1. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se definen algunos conceptos básicos referentes a peligros geológicos que serán utilizados en el presente informe.

#### 4.1.1. Deslizamientos

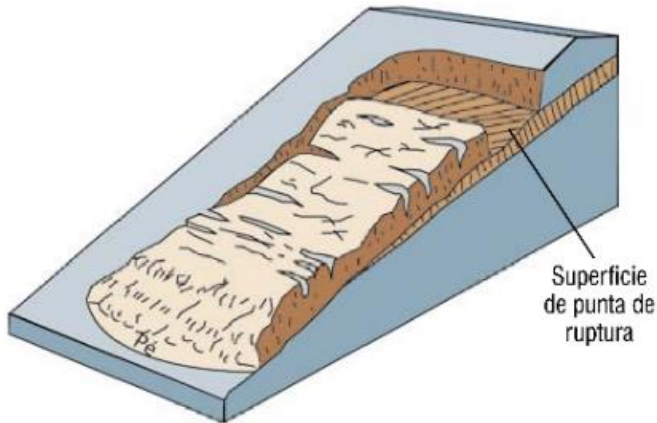
Movimiento descendente de un suelo o una masa rocosa que se produce al superarse la resistencia al corte del material. Inicialmente, el movimiento no ocurre simultáneamente sobre todo lo que eventualmente se convierte en la superficie de la ruptura; pues, el volumen de material desplazado se amplía desde un área de falla local.

A menudo, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie del terreno original a lo largo del cual se formará la escarpa principal del deslizamiento (Turner y Schuster, (1996). Los dos principales tipos de deslizamientos son rotacionales y traslacionales (ver figuras 5 y 6).



**Figura 5:** Ilustración de un deslizamiento rotacional (Highland y Bobrowsky, 2008).

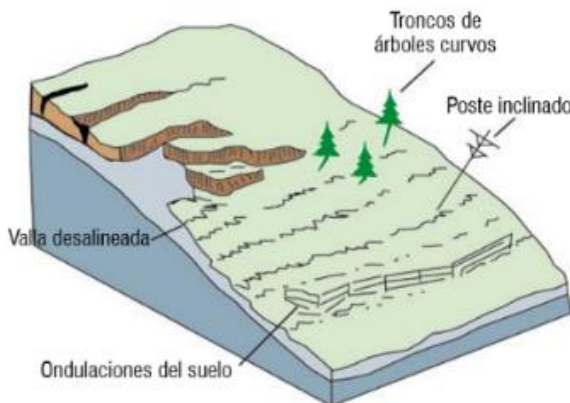




**Figura 6:** Ilustración de un deslizamiento traslacional (Highland y Bobrowsky, 2008)

#### 4.1.2. Reptación

Es un corrimiento de tierra lenta y consiste en un movimiento descendente insensiblemente lento y constante del suelo o roca que forma la pendiente (figura 7). El movimiento es causado por tensión cortante interna que es suficiente para causar la deformación, pero insuficiente para provocar una falla. En general, los tres tipos de reptación son: (1) de temporada, cuando el movimiento se da dentro de la profundidad del suelo afectado por los cambios estacionales en la humedad del suelo y la temperatura, (2) continuo, cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia continua del material; y (3) progresivo, cuando las pendientes alcanzan el punto de falla para otros tipos de movimientos de masas.



**Figura 7:** Esquema de una corriente de tierra lenta, llamada reptación (Highland y Bobrowsky, 2008).

#### 4.2. TIPOS DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR LAS PALMERAS

El sector está asentado sobre un deslizamiento antiguo, el cual está en proceso de reactivación en forma de deslizamientos rotacionales y de reptación de suelos, estos han afectado el pasaje Las Begonias, la calle Las Dalias (viviendas, y postes de suministro de energía eléctrica) y la carretera San Ignacio – Namballe. En las figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15, se esquematizan los principales peligros geológicos identificados y en la figura 16 se presenta el mapa de peligros geológicos.

En la parte baja del sector Las Palmeras, en el jirón Zarumilla, se identificó surgencia de agua, en excavaciones realizadas con fines de construcción, se puede apreciar el



contacto entre un estrato superficial de suelo orgánico y uno de suelos arcillosos, de coloración grisácea, (figura 8 y 9).



**Figura 8:** Surgencia de agua subterránea en el contacto entre suelo orgánico y suelos arcillosos de coloración grisácea.



**Figura 9:** Atenuación de la pendiente en el Sector Zarumilla, que favorece la surgencia de agua subterránea.

#### 4.2.1. Deslizamientos rotacionales

Estos deslizamientos, presentan agrietamientos en la parte posterior del escarpe principal, por lo que se considera un avance retrogresivo. De acuerdo a la evaluación técnica se registró las siguientes características y dimensiones:

- Pendiente de la ladera: 20° – 30°
- Forma de la superficie de rotura: rotacional
- Forma de la corona: semicircular
- Longitud de escarpas principales: 40 y 60 metros (figura 15).
- Salto principal (escarpes) de 0.4 y 0.7 metros.
- Ancho de las grietas: 8 – 15 cm.
- Estado de actividad: Activo de avance retrogresivo.
- Agrietamientos semicirculares en la plataforma de la carretera San Ignacio – Namballe (figura 12).

#### a) Factores

##### Factores condicionantes

- Depósitos coluvio-deluviales conformados por gravas angulosas, soportadas en una matriz limo-arcillosa (GC) de color pardo amarillento.
- Las laderas con pendientes que varían entre 20°y 30°.
- Estos terrenos por ser de origen arcilloso, permiten la retención del agua.
- Por la combinación de la pendiente, la masa inestable y la saturación, esto último permite una lubricación del terreno generando el movimiento.

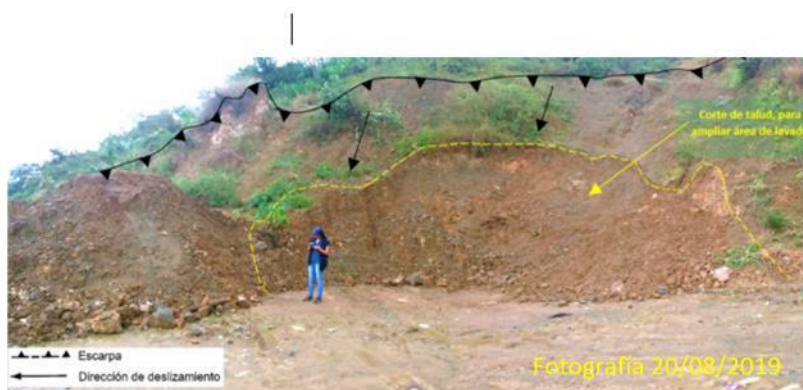
##### Factores Desencadenantes

- Precipitaciones estacionales intensas saturan el terreno, disminuyendo la resistencia de los suelos.
- Movimientos sísmicos, como el acaecido el 26 de mayo del 2019, activan los deslizamientos, aumentando el esfuerzo cortante y disminuyen la resistencia de los materiales que conforman el talud.

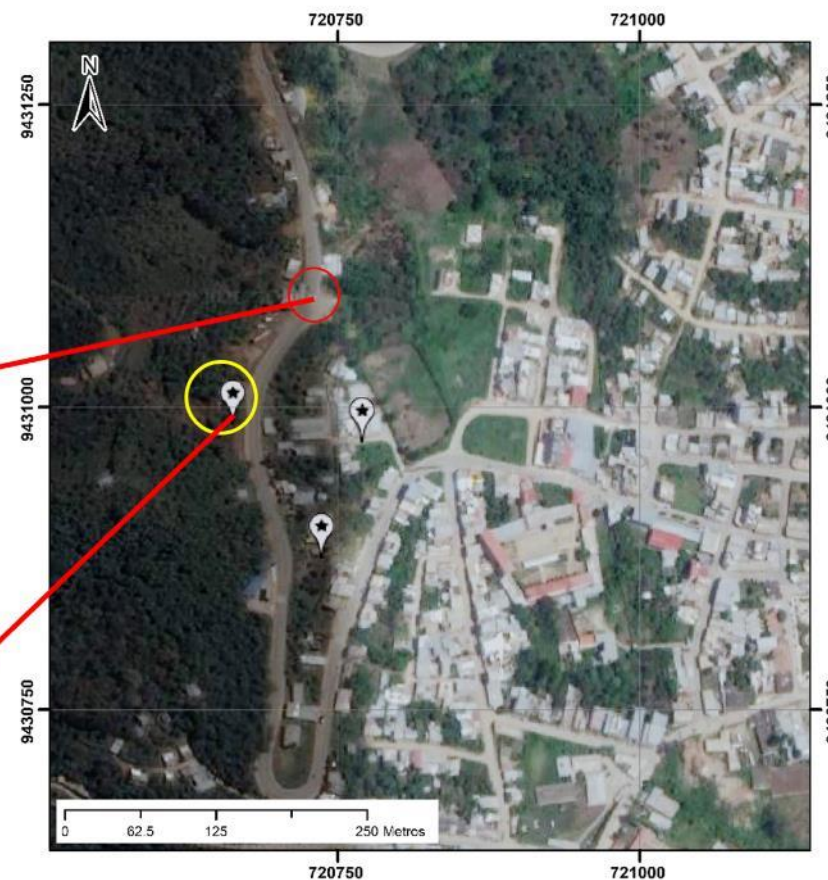




**Figura 11:** Asentamiento de la plataforma de la carretera en el sector Las Palmeras, con líneas rojas punteadas se muestran las grietas principales.



**Figura 12:** Retiro de material de la base de un deslizamiento activo, para ampliar la plataforma del terreno destinado para el lavado de carros, empezando a originarse desplazamientos en la zona removida.



**Figura 10:** Imagen satelital del sector Las Palmeras. El círculo amarillo representa la zona de deslizamiento en el talud superior, derrumbes y/o caídas de rocas. El círculo rojo representa la zona de asentamiento de la plataforma de la carretera San Ignacio – Namballe.

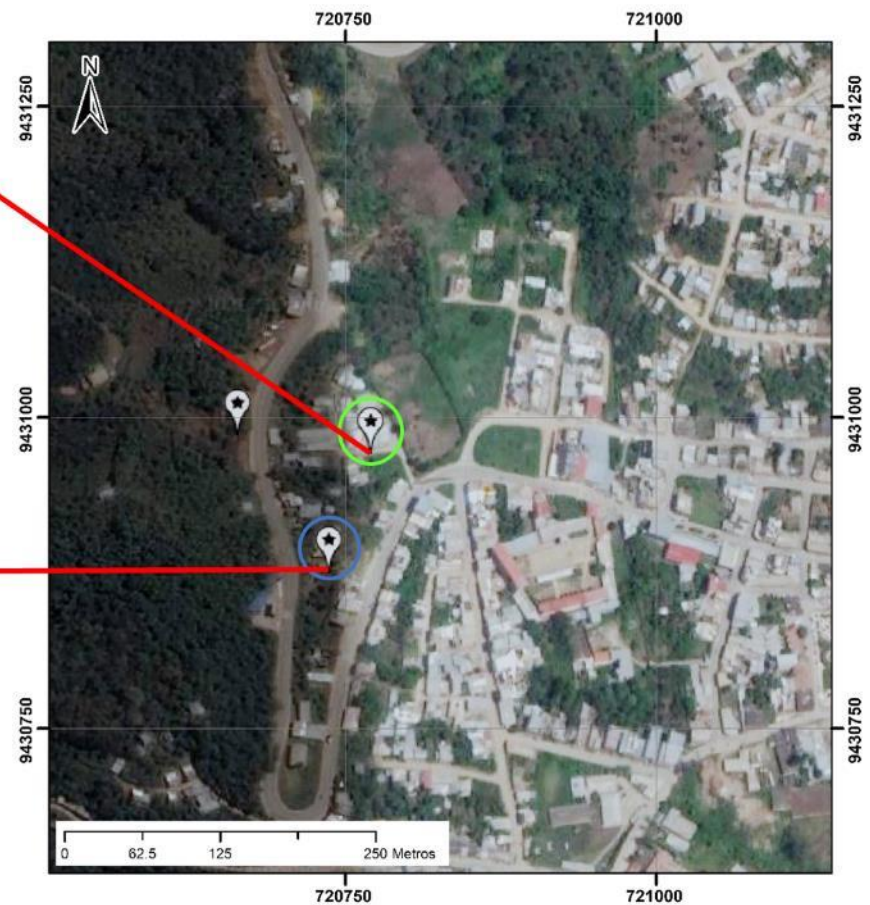




**Figura 14:** Vivienda en evidente colapso, las paredes están inclinadas y existen amplias grietas longitudinales y transversales. El terreno se encuentra saturado.



**Figura 15:** Deslizamiento rotacional en el sector Las Palmeras.



**Figura 13:** Imagen satelital del sector Las Palmeras. El círculo verde representa la ubicación de una vivienda en condición de colapso. El círculo azul muestra la ubicación de un escarpe de deslizamiento reciente.



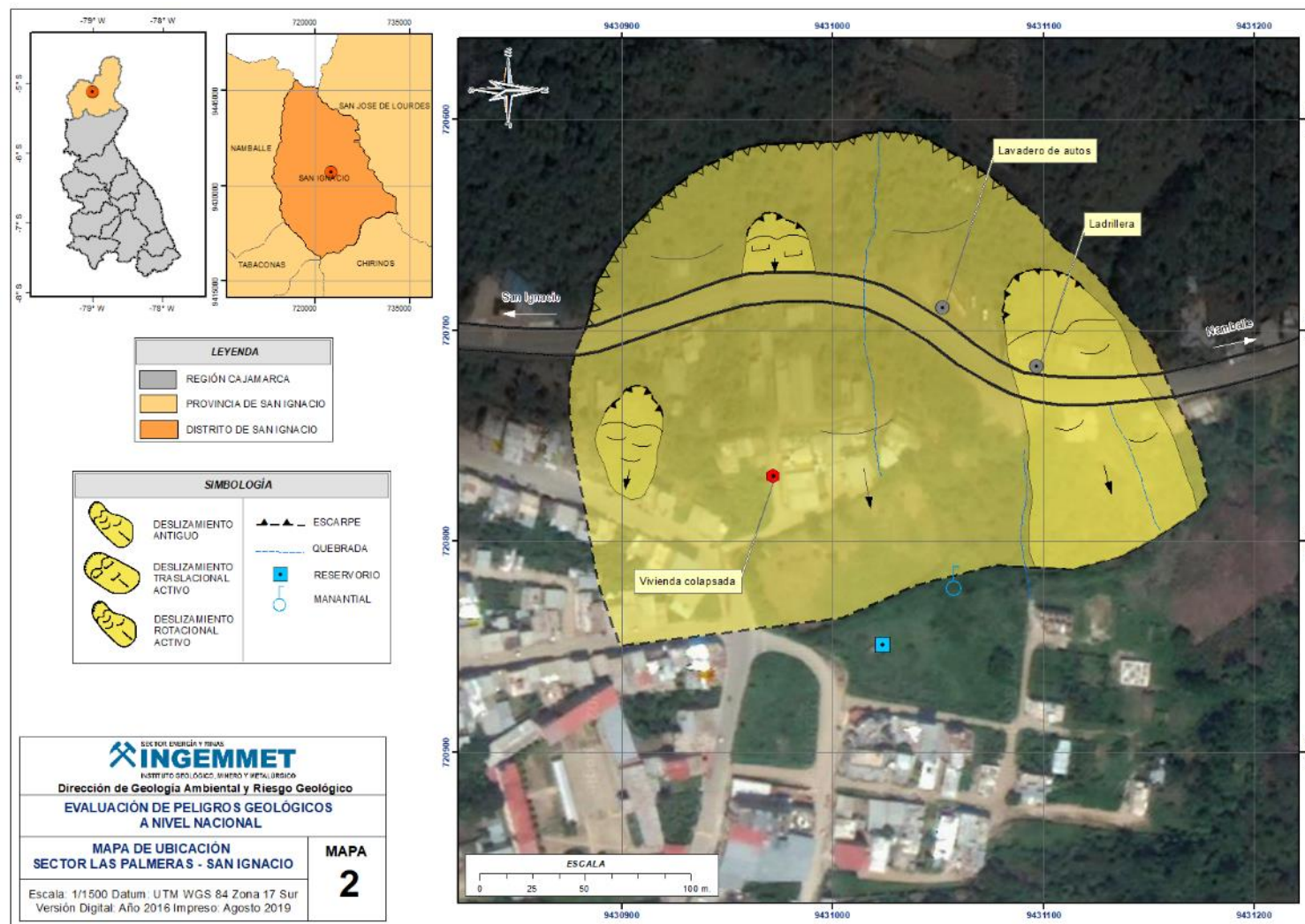


Figura 16: Mapa de Peligros del Sector Las Palmeras – San Ignacio.

Factores Antrópicos

- Tanques de agua sin canalización (figura 17).
- Canales de riego sin revestimiento.
- Amplias zonas destinadas para el lavado de automóviles (figura 18).
- Áreas de construcción de ladrillos.
- Estos factores antrópicos contribuyen con la saturación del terreno.



**Figura 17:** Tanque de almacenamiento de agua ubicado aguas arriba al deslizamiento. El rebose del mismo discurre libremente en el talud.



**Figura 18:** Zona destinada para el lavado de vehículos que no cuenta con sistema de drenaje, recubrimiento, ni pendiente adecuada para evacuar el agua utilizada durante la actividad, ocasionando anegamiento y saturación del terreno. Nótese el talud superior inestable.



**b) Daños**

- La reactivación del deslizamiento, ha afectado a viviendas ubicadas dentro del mismo cuerpo y alrededor de su corona (figuras 19 y 20).
- En la plataforma de la carretera San Ignacio – Namballe, se identificó un deslizamiento con avance progresivo (a lo largo de 60 metros), también se evidencian grietas semicirculares en la plataforma (figura 21), que confirman el desplazamiento del terreno en el talud inferior de la carretera (figura 22), razón por la que constantemente se rellena la plataforma, para evitar interrumpir el libre tránsito vehicular; adyacente a este tramo de la plataforma, se encuentra una zona destinada para la elaboración de ladrillos (fotografía 2), actividad en la que se requiere abundante agua, saturando el terreno y disminuyendo la resistencia del mismo.



**Figura 19:** Agrietamiento en vivienda ubicada cerca al escarpe principal del deslizamiento. El grosor de las grietas varía entre 8 - 10 cm.



Fotografía 20/08/2019

**Figura 20:** Vivienda con numerosas grietas transversales y longitudinales, al borde del colapso.



Fotografía 20/08/2019

**Figura 21:** Grieta semicircular que atraviesa la plataforma de la carretera San Ignacio – Namballe.





**Figura 22:** Vista del talud inferior de la carretera San Ignacio - Namballe, en el sector afectado por asentamiento de la plataforma.



**Fotografía 23:** Zona destinada a la construcción de ladrillo, nótese que el terreno se encuentra saturado.

#### 4.2.2. Deslizamiento traslacional

En el talud superior de la carretera San Ignacio – Namballe se identificó un deslizamiento traslacional (contacto del suelo con la roca), una de las causas antrópicas para la reactivación de este deslizamiento fue el corte de talud de la carretera. (figura 23).

El deslizamiento traslacional tiene una corona y un ancho de 50 metros, la longitud desde la corona hacia el pie del deslizamiento en 28 m.



**Figura 23:** Vista del deslizamiento traslacional que se ha producido a lo largo del contacto entre suelo y roca, adviértase que existe una familia de juntas a favor del talud.

#### a) Factores

##### Factores condicionantes

- El sustrato está conformado por rocas andesíticas del volcánico Oyotún, el cual se encuentra medianamente fracturado, por lo cual tenemos bloques de hasta de más de 50 centímetros, el fracturamiento y la pendiente de 20° a 30°.

##### Factores desencadenantes

- El corte de talud de la carretera modificó la pendiente natural, lo cual inestabilizó la ladera
- Lluvias intensas saturan los suelos y fracturas en las rocas disminuyendo su resistencia, originando los movimientos en masa.
- La colmatación de las cunetas debido a la falta de mantenimiento, ocasiona que el agua de escorrentía discurra por la plataforma hacia el talud inferior, saturándolo e iniciando movimientos de masa. (figura 24)
- Movimiento sísmico del 26 de mayo del 2019.





**Figura 24:** Cunetas colmatadas debido a la falta de mantenimiento, el agua de escorrentía discurre por la carpeta asfáltica.

## 5. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

A continuación, se describen algunas propuestas generales para mitigar las zonas afectadas, estas medidas estructurales tienen el objetivo de minimizar los daños frente a la ocurrencia de eventos geodinámicos y deberán estar sustentadas en estudios de geología y geotecnia.

### 5.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA CAPTACIÓN DE FLUJOS DE ESCORRENTÍA

#### 5.1.1. Canal de coronación

Las zanjas se ubican en la corona del deslizamiento o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente la escorrentía proveniente del agua de lluvia y evitar el paso a través del talud o ladera afectada. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 25).

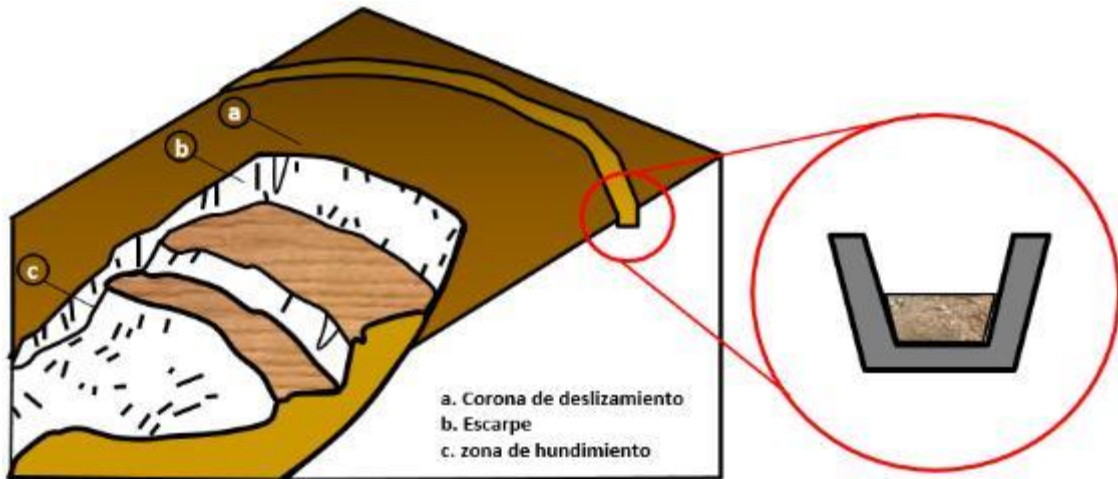


Figura 25. Esquema de zanjas de coronación o drenaje de deslizamiento.

### 5.1.2. Sistemas de drenaje espina de pescado

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud, se deben de construir canales recolectores de forma dendrítica o también llamada espina de pescado que extraigan el agua de las zonas afectadas o susceptibles a deslizamientos, drenando o vertiendo el agua hacia el río o quebradas también revestidas, los canales deben de impermeabilizarse a fin de evitar la infiltración del agua (figura 26).

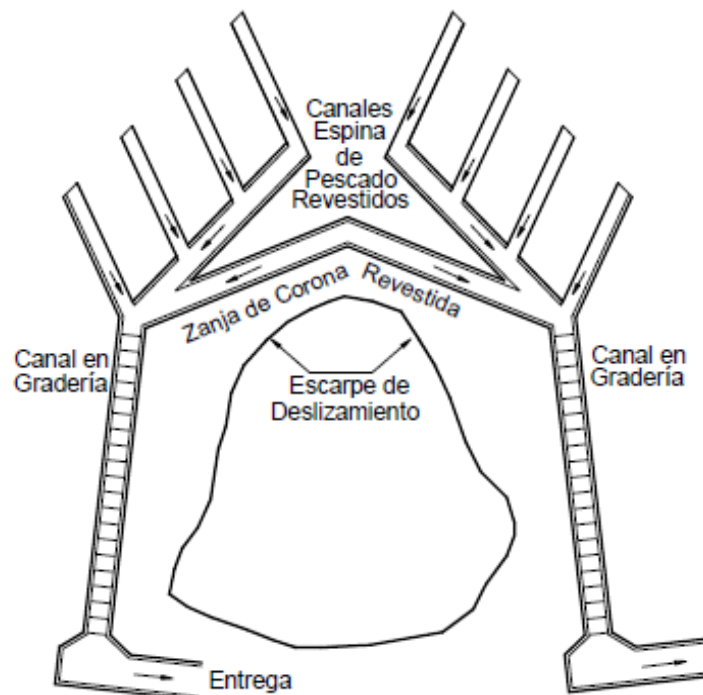


Figura 26. Esquema en planta de canales colectores Espina de Pescado (Suarez, 2010).



## CONCLUSIONES

- a) En el sector Las Palmeras, la litología predominante está constituida por andesitas color verde oscuro del Volcánico Oyotún, meteorizadas y muy fracturadas; asimismo se identificó depósitos coluvio-deluviales, compuestos por clastos de diferentes tamaños envueltos en una matriz de suelos finos limo-arcillosos de color pardo amarillento.
- b) Geomorfológicamente, se asienta sobre las subunidades de montaña en roca volcano-sedimentaria, con pendiente de 20° a 30° y piedemonte en la parte baja, con una pendiente de 6° a 10°.
- c) La geodinámica en la zona de estudio, está definida por procesos de movimientos en masa como deslizamientos en proceso de reactivación, los escarpes alcanzan de 40 a 60 m. de longitud, un salto vertical de 0.4 a 0.7 m.
- d) Los factores de la reactivación son:
  - ✓ Rocas de mala calidad
  - ✓ Terreno con pendiente entre 20° y 30°, que permite el desplazamiento de suelos cuesta abajo.
  - ✓ Terreno saturado
  - ✓ Factores antrópicos: tanques de agua sin canalización, amplias zonas destinadas para el lavado de automóviles y construcción de ladrillos; lo mencionado favorece la saturación del terreno.Los factores detonantes son lluvias intensas y sismos.  
La combinación de estos factores, va a reactivar el deslizamiento antiguo.
- e) La reactivación del deslizamiento afectó viviendas ubicadas entre el pasaje Las Begonias y la calle Las Dalias, quedando inhabitables; asimismo afectó 60 m de la carretera San Ignacio-Namballe.
- f) Por las condiciones actuales, se considera el Sector Las Palmeras, como zona crítica por peligro geológico, de peligro muy alto por movimientos en masa, ante la ocurrencia de lluvias intensas o movimiento sísmicos.

## RECOMENDACIONES

- a) Reubicar las viviendas afectadas, que se ubican dentro del cuerpo del deslizamiento.
- b) No permitir la construcción de nuevas viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos.
- c) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales, evacuar las aguas superficiales hacia las quebradas más próximas.
- d) Revestir los canales y quebradas, para impedir la infiltración de agua en el subsuelo.
- e) Implementar y construir las medidas de mitigación estructural como: zanjas de coronación, drenajes dendríticos y canales para manejo de la escorrentía superficial, con el objetivo de conducir adecuadamente el agua proveniente de la parte alta de la ladera, la infiltración y evitar la erosión de suelo.
- f) Canalizar el rebose de los tanques de agua que discurren libremente por la ladera inestable.
- g) Evitar la deforestación de las laderas y sobre todo impedir la excavación de los taludes para la obtención de materiales de construcción.
- h) Mejorar el sistema de drenaje de la ladrillera ubicado cerca al tramo de la carretera afectada, evitando la infiltración constante y la saturación de los terrenos.
- i) Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos cerca de los deslizamientos, flujos y cárcavas.
- j) Para estabilizar el deslizamiento, en el sector las Palmeras, se recomienda usar métodos que contemplen el control de agua subsuperficial, se recomienda pantallas impermeables profundas o líneas de bombeo de agua consistentes en hileras de pozos verticales. El diseño de estas pantallas debe tener en cuenta los efectos que sobre las áreas adyacentes tiene el cambio del régimen de aguas subterráneas. Sin embargo, las medidas de estabilización pertinentes deberán proceder de un estudio geológico - geotécnico e hidrogeológico de detalle, que incluya las medidas de estabilización idóneas en función a los factores que promueven la inestabilidad en el sector las Palmeras.

  
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610

  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, F. J., Andreu, F., & Fe, M. (1991). Manual de Ingeniería de Taludes. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Crozier, M. J., & Glade, T. (2005). Landslide hazard and risk: issues, concepts and approach. Landslide hazard and risk, 1-40.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes. Transportation research board special report, (247).
- Deoja, B., Dhital, M. R., Thapa, B., & Wagner, A. (1991). Mountain Risk Engineering Handbook: Vol I. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).
- Elorza, M. G. (2008). Geomorfología, Madrid, España: Pearson Educación. 920 p.
- Lamadrid, E. (2019). Informe Técnico de seguridad en edificaciones, 7p.
- Highland, L.M., y Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, (4), 432 p.
- Reyes, L., & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos, Pomahuaca. Boletín INGEMMET (Serie A: Carta Geológica Nacional)
- Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. 548 p.
- Suarez, J. (2009). Deslizamientos: análisis geotécnico. Colombia. Editorial Universidad Industrial de Santander, UIS, 341p.
- Turner, A. K., & Schuster, R. L. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Special Report 247. Trans. Res. Board, National Academy Press, Washington, DC.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p.