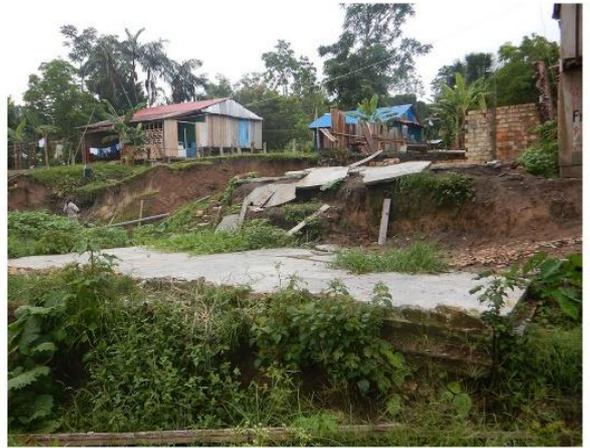


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7243**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE SANTA CLOTILDE

Departamento Loreto  
Provincia Maynas  
Distrito Napo



## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE SANTA CLOTILDE**

*(Distrito de Napo, provincia de Maynas, departamento Loreto)*

Elaborado por la Dirección de  
Geología Ambiental y Riesgo  
Geológico del Ingemmet

*Equipo de investigación:*

*Guisela Choquenaira Garate*

*Normas Sosa Senticala*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en la localidad de Santa Clotilde. Distrito de Napo, provincia Maynas, departamento de Loreto. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7243, 36 p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	7
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	7
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	9
1.3.1. Ubicación.....	9
1.3.2. Accesibilidad.....	9
1.3.3. Clima .....	10
1.3.4. Hidrología fluvial del río Napo .....	10
1.3.5. Sismicidad .....	11
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	12
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	13
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	13
3.1.1. Formación Pebas (Nm-pe) .....	13
3.1.2. Formación Nauta (NQ-n/i).....	13
3.1.3. Depósito fluvial (Q-fl).....	14
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	15
<b>4.1. Pendientes del terreno</b> .....	15
<b>4.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	15
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	17
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	17
5.1.1. Propagación lateral-deslizamiento.....	18
5.1.2. Derrumbe .....	22
<b>6. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DEL TALUD</b> .....	24
<b>6.1. Factores condicionantes</b> .....	24
<b>6.2. Factores desencadenantes</b> .....	24
<b>6.3. Otros factores antrópicos</b> .....	24
<b>6.4. Daños y efectos secundarios</b> .....	25
<b>7. ZONA DE REUBICACIÓN</b> .....	28
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>9. RECOMENDACIONES</b> .....	30
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	32
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	29
<b>ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	33

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo propagación lateral - deslizamiento y derrumbes, realizado en la localidad de Santa Clotilde, perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Napo, provincia de Maynas, departamento de Loreto. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

Los peligros geológicos, identificados se producen en terrenos con materiales de tipo limoarcillitas semiconsolidadas de la Formación Pebas, que se presentan muy húmedas, altamente plásticas, de color marrón oscuro a pardo amarillentas debido a la alta meteorización. A esta unidad suprayace los conglomerados polimícticos moderadamente meteorizados (III), con clastos subangulosos a subredondeados, que varían de 0.1 cm a 0.5 cm, intercalada con capas de arena laminada, de grano fino a medio, medianamente compactada de la Formación Nauta.

El contexto geomorfológico está definido por lomadas modeladas en rocas sedimentarias, de cimas planas – alargadas, cuyas laderas poseen una inclinación de 15°. A partir de la calle Patricia Marquesa, el relieve cambia a una superficie ligeramente plana (5°), de forma escalonada, para luego pasar a una superficie plana o llana (1°), hasta la confluencia con el río Napo, que atraviesa la localidad de Santa Clotilde en dirección SE.

El 09 de enero, aproximadamente a las 8 a.m., en Santa Clotilde, se produjo movimientos en masa tipo propagación lateral – deslizamiento y derrumbes, con desplazamientos de orden 0.5 m a 2 m en dirección NE y desplazamientos de 0.2 m a 0.80 m en dirección SW, afectando 20 viviendas, calles (Patricia Marquesa), la Parroquia, el mercado Municipal de Napo, puerto de Napo y el buzón de agua potable.

La ocurrencia de derrumbes, se produjeron en las paredes subverticalizadas de las terrazas que limita con el río Napo, hacia el extremo norte de Santa Clotilde, con zonas de arranque hasta de 10 m de longitud, comprometiendo limoarcillitas muy plásticas. Además, se observó agrietamientos transversales y longitudinales de hasta 0.2 m de apertura en la parte posterior de la corona, lo cual nos refiere la actividad retrogresiva del evento.

Se considera que, el evento se originó debido a la dinámica fluvial del río Napo, que produjo el descenso del nivel de agua, aproximadamente en 5 m, dejando a cara libre las paredes de la terraza, produciéndose la pérdida de la presión de poros en el material, lo que conllevó a la inestabilidad. El factor desequilibrante, con efecto retardado, pudo ser el movimiento sísmico, sentido por los pobladores, el día previo al evento (8 de enero del 2022, sin registro por IGP).

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica actual, se determina que la localidad de Santa Clotilde es considerada **como zona crítica y de Peligro Alto** a movimientos en masa de tipo propagación lateral-deslizamiento, y derrumbes, que podrían reactivarse ante la ocurrencia de sismos y lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente, se recomienda reubicar las viviendas localizadas en la parte inferior de la calle Patricia Marquesa, el mercado de Napo y la parroquia, que muestran grietas en las paredes.

El terreno propuesto como zona de acogida para el reasentamiento poblacional de las 20 viviendas afectadas, presenta características geológicas y geomorfológicas favorables. En la actualidad no se aprecian movimientos en masa que les pueda afectar.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Napo , según Oficio N° 025-2022-A-MDN, en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa tipo propagación lateral - deslizamiento y derrumbes en la localidad de Santa Clotilde, que afectó alrededor de 20 viviendas, mercado Municipal de Napo, parroquia, calles y avenidas.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Guisela Choquenaira Garate y Norma Sosa Senticala, para realizar la evaluación de peligros geológicos, del 25 al 29 de enero del 2022.

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 y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Napo y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Santa Clotilde, que compromete viviendas e infraestructura vial.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el distrito de Napo, se tienen:

- A. Boletín N° 68, serie C, “Geodinámica e ingeniería geológica: Peligro geológico en la región Loreto (Medina et al., 2019), menciona que, en los alrededores de la localidad de Santa Clotilde, específicamente, en los sectores San Juan de Yanayacu (455) y Llanchana (456) se identificó inundación fluvial por incremento de caudal del río Napo. El estudio también realizó un análisis de susceptibilidad a inundación y erosión fluvial, presentado en un mapa a escala 1: 1, 750 000, donde la localidad de Santa Clotilde presenta niveles de susceptibilidad baja a alta (figura 1). Entendiéndose, la

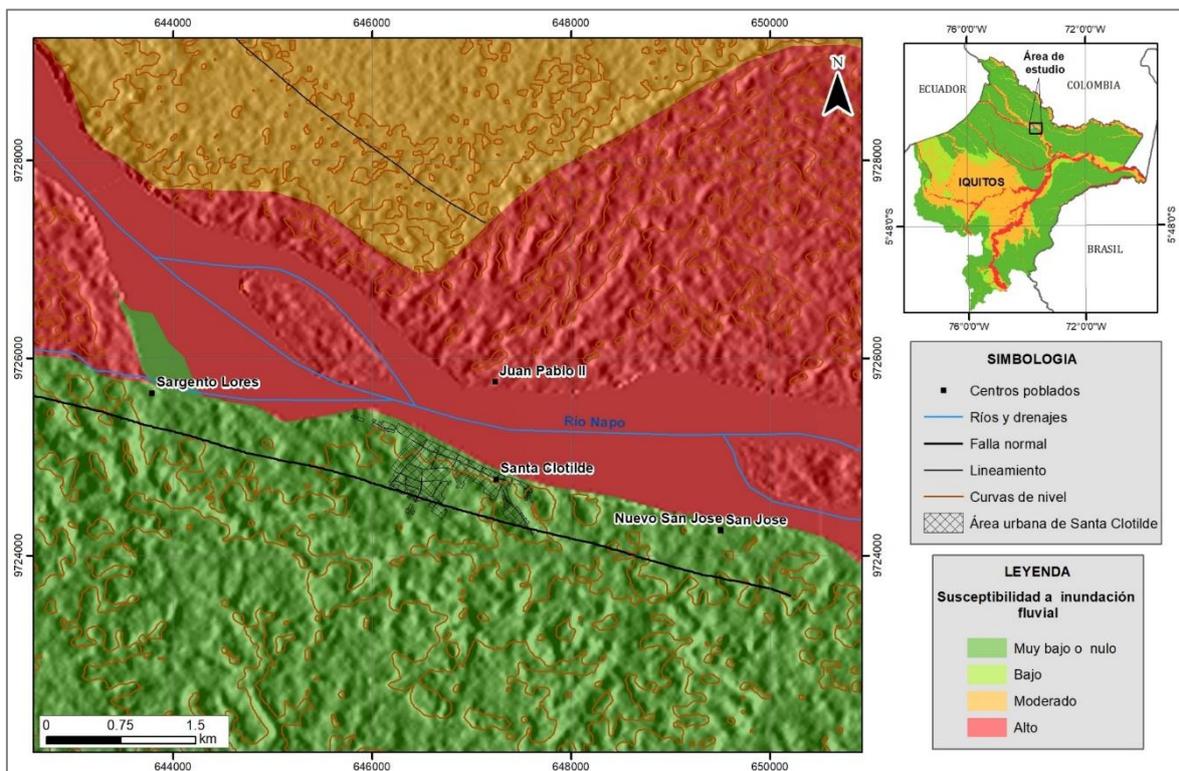
susceptibilidad como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (inundación y/o erosión fluvial), expresado en grados cualitativos y relativos.

En el cuadro 1, se resume la cronología de eventos sucedidos o que han llamado la atención en el pasado en el distrito de Napo, como la ocurrencia de inundaciones fluviales y erosión fluvial, entre otros.

**Cuadro 1.** Cronología de los principales peligros geohidrológicos en el distrito de Napo.

Fecha	Descripción del peligro
4/21/1998	Inundación en el distrito de Napo: Desborde del río Napo y sus afluentes causaron inundación y diversos daños: 3378 personas damnificadas, 563 viviendas destruidas, 956 hectáreas de cultivos afectados, y la presencia de enfermedades como el cólera y malaria. Fuente: INDECI.

- B. En la “Memoria descriptiva de los cuadrángulos de Bolívar, Curay, Santa Clotilde, Quebrada Aguablanca, quebrada Sabaloyacu, San Lorenzo, Intuto, río Pintayacu, río Mazán, río Corrientes, Libertad, río Nanay, Santa Rosa, Yacumana, río Itaya, Yanayacu, Chapajilla y Nauta (Martínez et al., 1999); describe la geología y geomorfología de la localidad de Santa Clotilde, a escala 1: 100 000, resaltando cambios sobre la estratigrafía (formaciones Peba y Nauta) y la conformación de unidades geomorfológicas de lomadas modeladas en rocas sedimentarias y terrazas fluviales.



**Figura 1.** Rangos de susceptibilidad a inundación y erosión fluvial en la localidad de Santa Clotilde, distrito de Napo, provincia de Maynas, departamento de Santa Clotilde. Fuente: Medina et al., 2019.

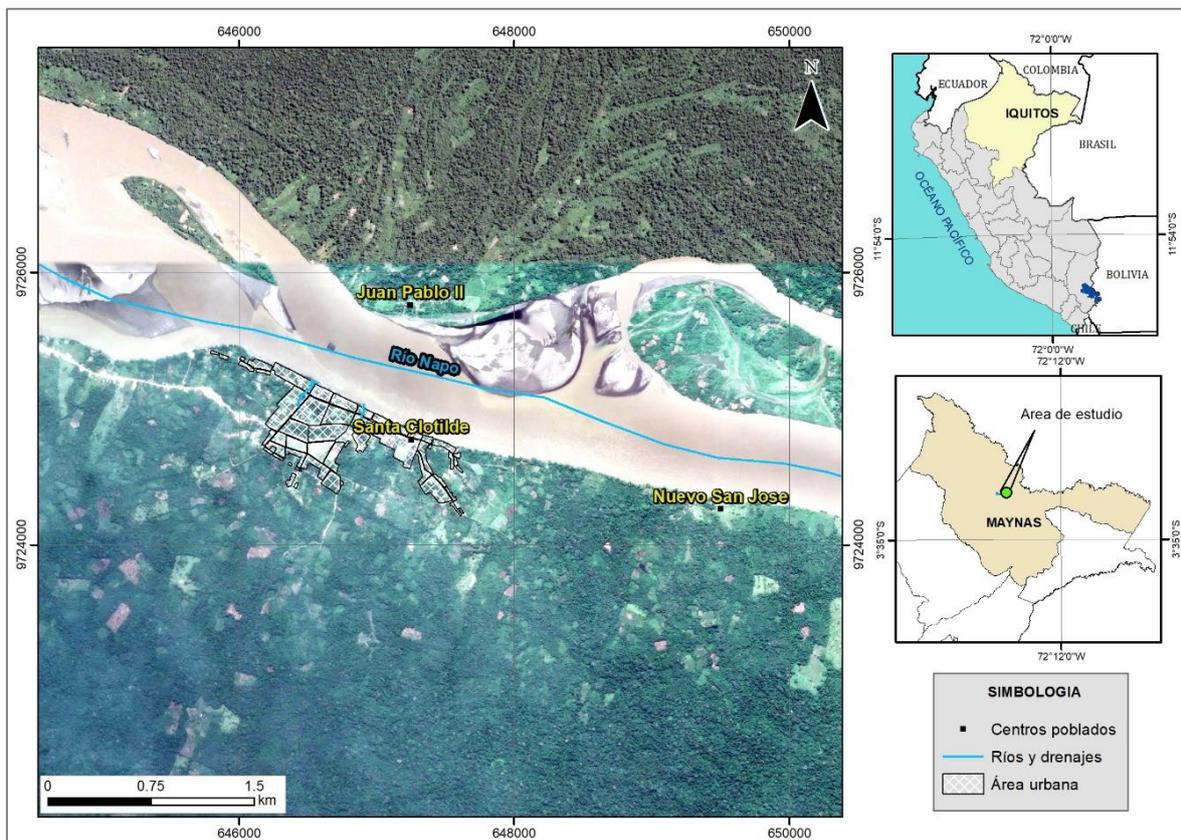
### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

La localidad de Santa Clotilde, se localiza en la margen derecha del río Napo, al noreste de Indiana. Políticamente, pertenece al distrito de Napo, provincia de Maynas, departamento de Loreto (figura 2); en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Coordenadas del área evaluada

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	261885	8891066	2°29'18.14"	73°41'30.20"
2	266955	8891225	2°28'36.01"	73°40'55.68"
3	264878	8883857	2°28'56.45"	73°40'7.28"
4	260479.	8885704	2°29'45.87"	73°40'19.03"
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	263753	8887090	2°29'14.94"	73°40'45.72"



**Figura 2.** Ubicación de la localidad de Santa Clotilde, distrito de Napo, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

#### 1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde la ciudad de Lima (INGEMMET-sede central), mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

**Cuadro 3.** Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima - Iquitos	Vía aérea	-	1h 50 minutos
Iquitos-Indiana	Vía fluvial	-	1h
Indiana-Maynas	Camino carrozable	5.4	15 minutos
Maynas-Santa Clotilde	Vía fluvial	-	4 h 20 minutos

### 1.3.3. Clima

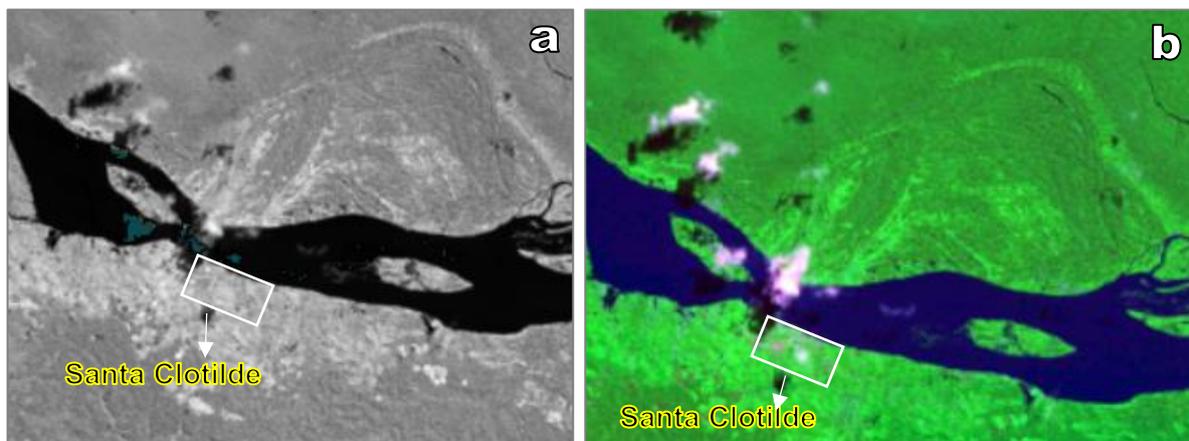
Según la clasificación de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la localidad de Santa Clotilde, ubicado en el denominado Llano Amazónico, se caracteriza por presentar un clima de bosque húmedo tropical, con una temperatura promedio anual de 26° y una precipitación de 2000 a 3000 mm anuales, mostrando una clara estacionalidad lluviosa, con máximos valores entre diciembre y abril y meses relativamente secos entre junio a septiembre; mientras que los meses de mayo y octubre – noviembre son meses transicionales.

Las lluvias como aspecto principal típico de una zona tropical, se presentan en magnitud como eventos débiles a muy fuerte y voluminosos, pudiendo alcanzar 30 a 50 mm en una hora; los meses más lluviosos pueden variar entre 250 a 400 mm. Este aspecto explica el alcance que pueden tener las avenidas fluviales, independientemente de la dinámica controlada por la morfología (Zavala, 2006).

### 1.3.4. Hidrología fluvial del río Napo

El principal drenaje de Santa Clotilde lo constituye el río Napo, el cual discurre en dirección promedio de noroeste a sureste, a lo largo de una superficie de piedemonte de la selva central del país. Su característica principal, como manera de diferenciación de los ríos amazónicos, es el color de sus aguas, definido por el color crema a ocre (rojiza), que evidencia la carga de sedimentos en suspensión que acarrea y la naturaleza de los materiales que erosiona e incorpora en sus márgenes, al bajar de las partes altas de la región andina y subandina

Las imágenes Aster muestran la evolución y dinámica del río Napo a lo largo del tiempo. Aguas arriba de Santa Clotilde, el cauce posee un ancho de 1.80 km, hacia la altura de la misma localidad se reduce a 0.66 km, evidenciando el proceso de estrangulamiento del cauce (figura 3).

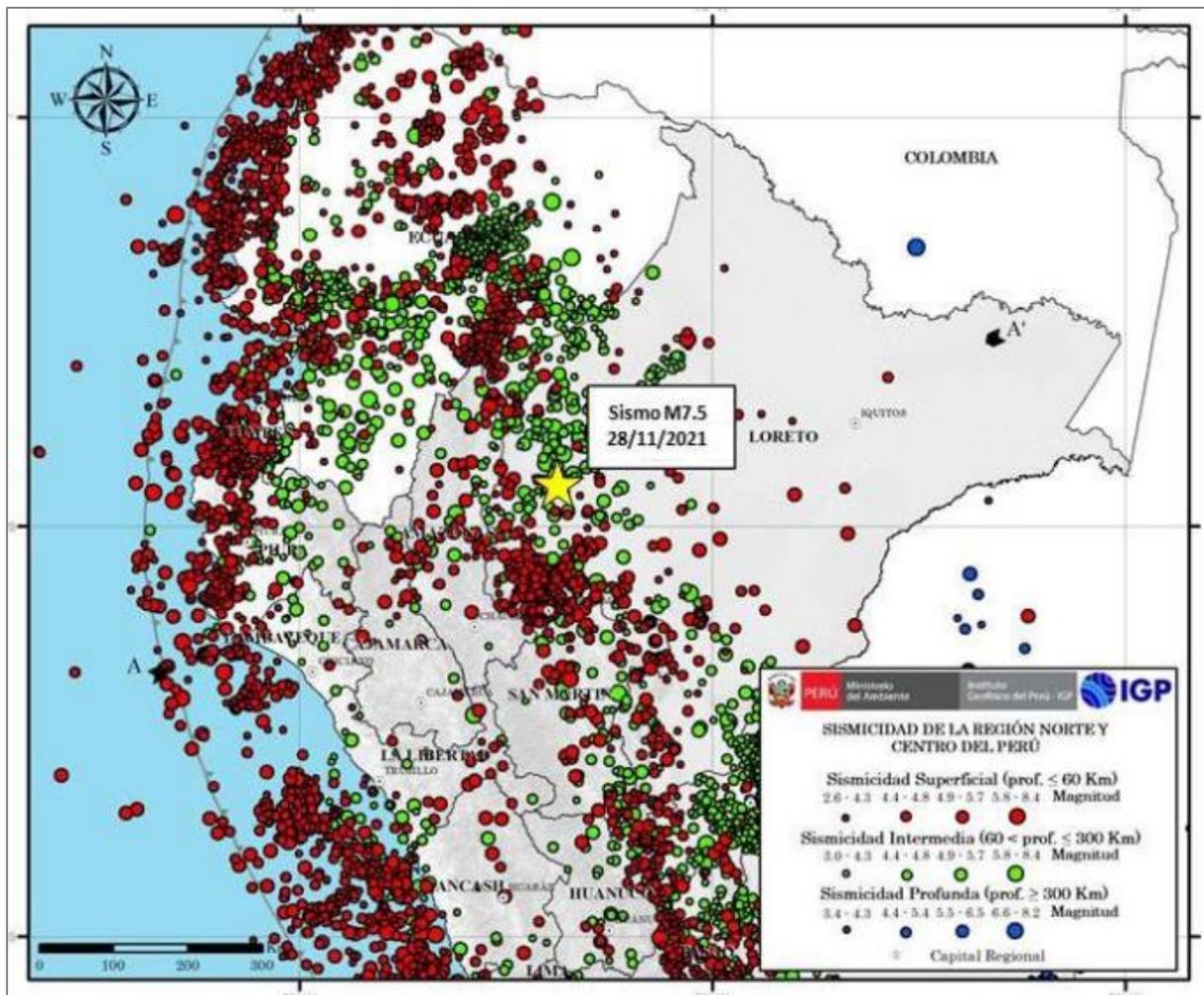


**Figura 3.** Evolucion y dinamica del río Napo a lo largo del tiempo geologico, evidenciando en la actualidad un proceso de estrangulamiento a la altura de la localidad de Santa Clotilde.

### 1.3.5. Sismicidad

En el Perú, la ocurrencia de sismos es continua y reporta un promedio de 900 sismos que producen en superficie variados niveles de sacudimiento del suelo (Tavera et al, 2021). Los sismos con magnitud mayores a  $M \geq 7.0$ , son menos frecuentes y cuando ocurren cerca de la superficie, debido a la fricción de placas, producen importantes daños en áreas relativamente grandes, mientras que, los sismos más superficiales son menos frecuentes, pero cuando ocurren, pueden producir licuación de suelos y/o procesos de remoción en masa, como propagación lateral, deslizamientos y derrumbes.

Según manifiestan los pobladores, día previo al evento se sintió un movimiento sísmico (sin registro por el Instituto Geofísico del Perú). De acuerdo a la base de datos del CENSIS (1960-2020) la zona nororiental de la región norte del Perú (figura 4), desde el Ecuador hasta la ciudad de Pucallpa, presenta un área de importante deformación a niveles intermedios de profundidad (círculos de color verde), lo que podría desencadenar eventos como lo acontecido el 09 de febrero en la localidad de Santa Clotilde.



**Figura 4.** Distribución espacial de la sismicidad en la región norte del Perú. La magnitud y profundidad de los sismos es indicado con el tamaño y color del círculo. La estrella amarilla indica la ubicación del sismo del Datem del Marañón (28/11/2021). En la sección vertical se muestra el hipocentro del sismo sobre la tendencia media de la sismicidad en profundidad para la región norte del Perú.

## 2. DEFINICIONES

Las siguientes definiciones se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

**Agrietamiento.** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

**Corona (Crown).** Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

**Derrumbe:** Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

**Deslizamiento (slide).** Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra (figuras 14 y 15), hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

**Escarpe (scarp).** sin.: escarpa. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

**Fractura (crack).** Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

**Meteorización (weathering).** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

**Movimiento en Masa (mass movement, landslide).** sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

**Propagación lateral.** Expansión de una masa de roca o suelo cohesivo, combinada con una subsidencia general de la masa fracturada de material. Sin.: extensión lateral, expansión lateral.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero – geológico en la localidad de Santa Clotilde se desarrolló en base a la información obtenida en campo y la Carta Geológica del cuadrángulo de Santa Clotilde – hoja 5-o (Martínez et al., 1999), a escala 1/100 000, donde se presentan rocas sedimentarias del Cenozoico y depósitos aluviales y fluviales del Cuaternario, éstos últimos a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la localidad de Santa Clotilde corresponden a rocas de origen sedimentario de las formaciones Pebas (Nm-pe) y Nauta (NQ-n/i), coberturadas por depósitos aluviales y fluviales, que han sido acumulados desde el Pleistoceno hasta la actualidad.

##### 3.1.1. Formación Pebas (Nm-pe)

Aflora en el límite con el río Napo, compuesto por limoarcillitas color marrón oscuro a pardo amarillentas debido a la alta meteorización. Hacia la calle principal, Patricia Marquesa, se presentan semiconsolidadas, muy húmedas y altamente plásticas (fotografía 1).



**Fotografía 1.** Limo arcillitas color marrón oscuro a pardo amarillento, muy húmedas y altamente plásticas, con algunas capas de arena compacta, de grano medio. Coordenadas UTM (WGS 84): 646975 E, 9724973 N a 108 m s.n.m.

##### 3.1.2. Formación Nauta (NQ-n/i)

Esta unidad aflora ampliamente en la parte SE-SW de la localidad de Santa Clotilde, conformado por arenas, limos y limoarcillitas laminadas, color marrón rojizo a pardo amarillentas semiconsolidadas, altamente plásticas y conglomerados polimícticos muy húmedos, con clastos de formas subangulosas, que varían de 0.1 cm a 0.5 cm (figura 5), con algunas capas de arena compacta, de grano fino a medio.



**Figura 5.** Arenas, limos y limoarcillitas semiconsolidadas y muy húmedas y conglomerados polimícticos, correspondiente al miembro inferior de la Formación Nauta. Coordenadas UTM (WGS 84): 646251 E, 9725268 N a 152 m s.n.m

### 3.1.3. Depósito fluvial (Q-fl)

Se encuentra dispuesto en ambas márgenes del río Napo, observándose claramente, hacia el extremo sureste de la localidad de Santa Clotilde, compuesto por una intercalación de arcillas color marrón parduzco y limo arcillitas pardo amarillentas semiconsolidadas y altamente plásticas, con desechos de plásticos (fotografía 1) depositado en temporada de crecida del río Napo, sobre este depósito se encuentran asentadas parte de la población de Santa Clotilde.



**Fotografía 2.** Material depositado en temporada de crecida del río Napo, compuesto por arcillas y limo arcillitas, con plásticos y desechos orgánicos.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el mapa 2 (Anexo 1), se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base al modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde la localidad de Santa Clotilde presenta con mayor predominio terrenos llanos ( $1^\circ$ ) a moderados ( $5^\circ$ - $15^\circ$ ), consideradas como zonas muy propensas a inundaciones y erosión fluvial.

La intervención antrópica, ha modificado las laderas con la finalidad de construir calles (c/p denominada Patricia Marquesa), originando un cambio fuerte de pendiente, el cual facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial hacia la parte baja de la localidad referida.

En el límite de la terraza fluvial con el río Napo, con un desnivel de aproximadamente de 5 m, el talud semiverticalizado posee pendientes mayores a  $>45^\circ$ , consideradas como zonas muy susceptibles a derrumbes.

### 4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez *et al.*, 2020).

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Cabe recalcar que, dichas definiciones y unidades establecidas en el mapa geomorfológico del departamento de Loreto, a escala 1/ 1 000 000 (Ingemmet, 2012), fueron complementadas con información obtenida en campo (figura 3).

#### 4.2.1. Unidad de colinas y lomadas

Están representadas por colinas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, con alturas que oscilan entre 50 y 300 m desde el nivel de base local y con pendiente mayor a  $7^\circ$  (Villota, 1998), que conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo; en conjunto ocupan un área de 55.41% dentro de las regiones (Medina, *et al.*, 2019).

**Subunidad de colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs):** Relieve modelado en afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones Peba y Nauta. Por el lado SE-SW circunda la localidad de Santa Clotilde, conformando elevaciones alargadas y laderas de baja ( $1^\circ$ ) a moderada pendiente ( $5^\circ$ - $15^\circ$ ). La cima de las lomadas es aprovechada por los pobladores para la agricultura y la construcción de viviendas.

#### 4.2.2. Unidad de planicies

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

**Subunidad de terraza fluvial (T-fl)** Conforman superficies de morfología plana de origen fluvial, expuestas a inundaciones periódicas en épocas de crecida del río Napo, está constituida por sedimentos recientes, de grano fino, de naturaleza limo arcillosa y arena, formando depósitos hasta de 2 m de grosor.



**Fotografía 3.** Vista de una terraza fluvial baja, donde se localiza parte de la localidad de Santa Clotilde.



**Fotografía 4.** Vista de la terraza fluvial afectada por el evento del 9 de enero.

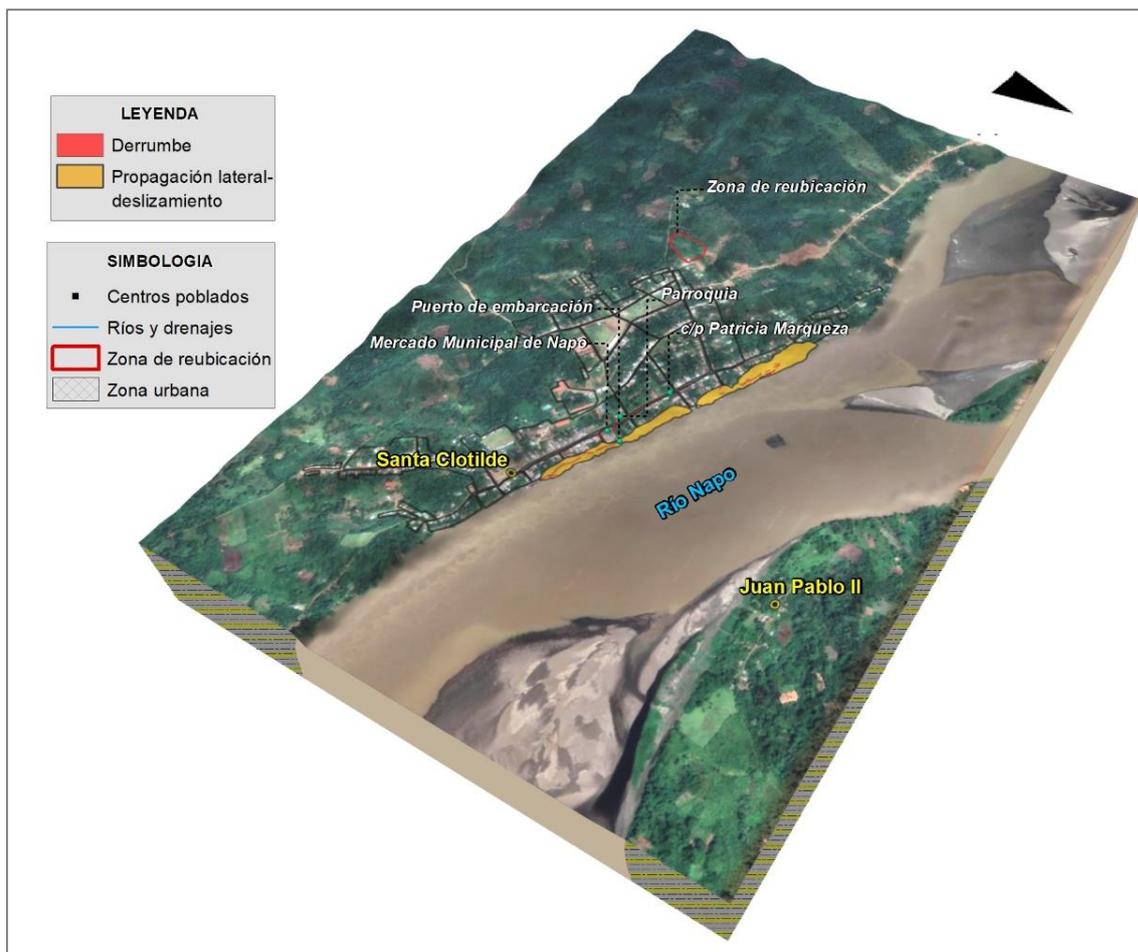
## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en la localidad de Santa Clotilde, corresponden a movimientos en masa de tipo propagación lateral - deslizamiento y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007), inducido por movimientos sísmicos y descenso del nivel del río Napo.

La caracterización de peligros geológicos, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la dinámica del evento, unidades litológicas y morfológicas. Además, registro de puntos GPS y fotografías a nivel de terreno.

### 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

La zona evaluada abarca un área aproximada de 10 Ha, representada por un evento de propagación lateral – deslizamiento y tres derrumbes (figura 6), este último producidas en las paredes subverticalizadas de la terraza fluvial y en parte de la Formación Pebas, compuesto por limoarcillitas semiconsolidadas (Anexo 1: Mapa 4).



**Figura 6.** Modelo representativo de peligros geológicos por propagación lateral-deslizamiento (cartografía en polígono naranja) y derrumbe (cartografía en polígonos rojos), que afectaron viviendas, infraestructura y vías de acceso de la localidad de Santa Clotilde.

### 5.1.1. Propagación lateral-deslizamiento.

El 09 de enero, aproximadamente a las 8 a.m., en la localidad de Santa Clotilde, a lo largo de 1.2 km, se produjo movimientos en masa tipo propagación lateral - deslizamiento, con desplazamientos en direcciones NE y SW (figura 7), sobre terrenos con materiales de tipo limoarcillitas semiconsolidadas, que se presentan muy húmedas y altamente plásticas, de color marrón oscuro a pardo amarillentas debido a la alta meteorización de la Formación Pebas y conglomerados polimícticos, con clastos de formas subangulosas, que varían de 0.1 cm a 0.5 cm, con algunas capas de arena medianamente compactada, de grano fino a medio de la Formación Nauta; estas características litológicas coadyuvaron en la activación del evento.

La dinámica fluvial del río Napo, que atraviesa la localidad de Santa Clotilde en dirección SE, en temporada de lluvia incrementa su caudal y llega inundar las viviendas ubicadas en la zona más llana (1° - 5°) y proximal al río. Sin embargo, en temporada de vaciado, el nivel del río desciende considerablemente, dejando a los afloramientos y suelos expuesto a la intemperie, con baja resistencia a los cambios de saturación y muy susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa ante la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas y sismos.

Según manifiestan los pobladores, día previo al evento, en la localidad de Santa Clotilde se sintió un movimiento sísmico (sin registro por IGP), por lo que se infiere que, dicho evento fue desencadenado por actividad sísmica.

Este evento posee tres segmentos bien marcados de desplazamiento, los cuales se describen a continuación:

**SEGMENTO A:** Se ubica en el extremo izquierdo de Santa Clotilde, posee un escarpe de forma semicircular discontinua, inicia con un desplazamiento de 0.5 m en limo arcillitas altamente plásticas y húmedas, con coloración pardo amarillento debido a la meteorización (fotografía 5), en superficie ligeramente inclinada (5° de pendiente), con algunos bloques basculados y árboles caídos.



**Fotografía 5.** Vista del escarpe, hacia el extremo izquierdo de Santa Clotilde. Coordenadas UTM (WGS 84): 646240 E, 9725310 N, a 117 m s.n.m.

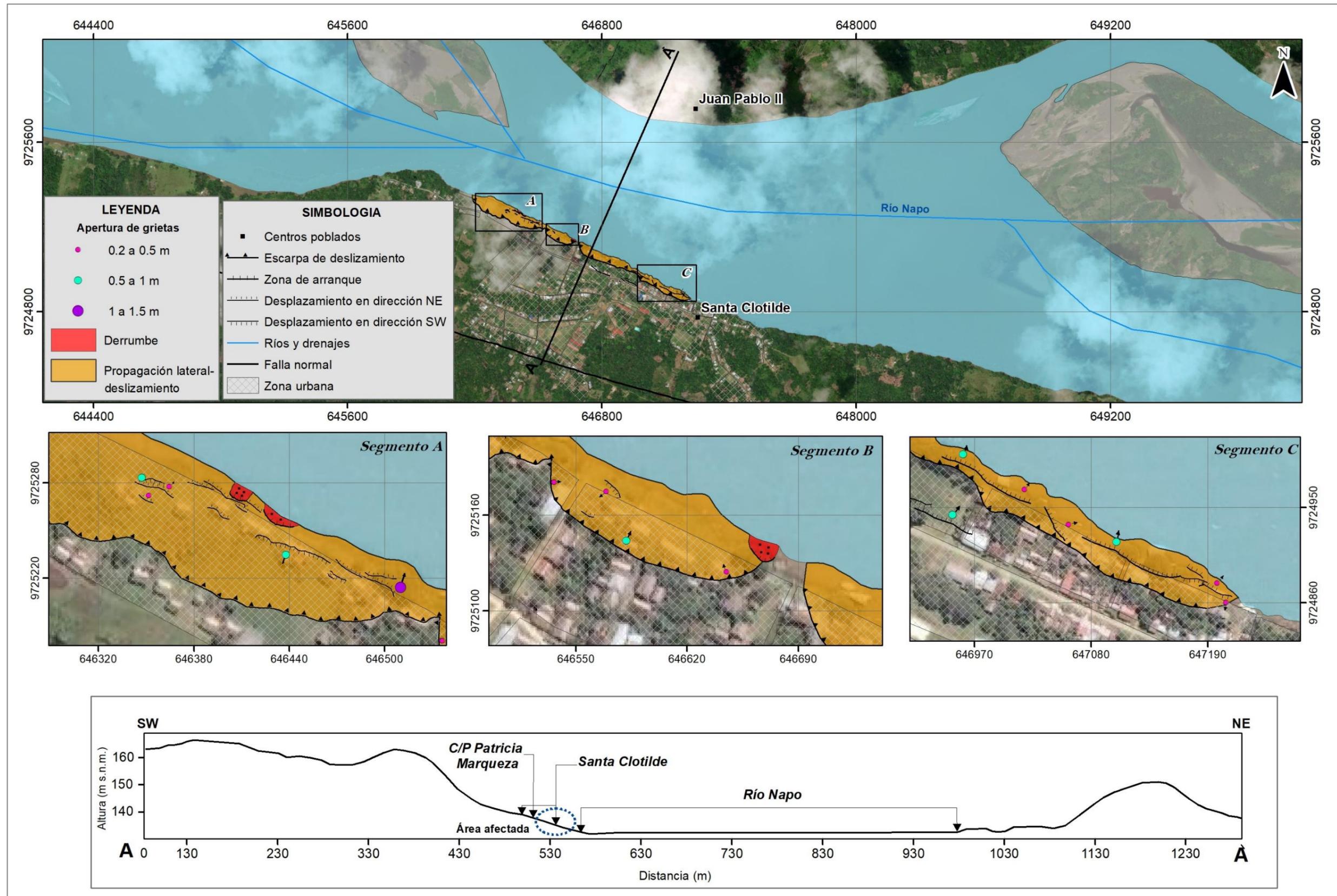


Figura 7. Cartografía de peligros geológicos en la localidad de Santa Clotilde, en los segmentos A, B y C, se muestran la dimensión de los agrietamientos, representadas en círculos.

El evento continúa, con actividad retrogresiva, en dirección SE, con desplazamientos que varían de 0.5 m hasta 1 m, en conglomerados polimícticos, con clastos subangulosos a subredondeados, inmersos en matriz limo arcillosa, muy húmeda (fotografía 6).

En la figura 8 se muestra desplazamientos de hasta 0.80 m, en dirección SW, movimiento en contra de la pendiente, formando superficies tipo “graben”, con el desplazamiento preferencial al NE. Esta dinámica del evento configura una morfología de subsidencia (figura 8).



**Fotografía 6.** Continuidad del escarpe en dirección SE de la localidad de Santa Clotilde.



**Figura 8.** a, b) Movimiento del terreno en dirección SW, formando superficies tipo “graben”, que configuran una morfología de subsidencia.

La zona central de este segmento, presenta mayor desplazamiento, con dos niveles de escarpa y salto principal de hasta 2 m, en dirección NE (movimiento en dirección al río Napo), observándose un plano de falla de 0.60 m en limoarcillitas altamente plásticas y húmedas (figura 9). La ocurrencia de este evento, desplazó la quebrada que disecta la localidad de Santa Clotilde en aproximadamente en 3 m, hacia la margen derecha; destruyó totalmente las viviendas y loza deportiva que se encontraban en su desplazamiento.



**Figura 9.** Vista del escarpe principal con un salto de hasta 2 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 646660 E, 9725108 N a 115 m s.n.m.

**SEGEMENTO B:** En esta zona, el desplazamiento presenta saltos de menor dimensión, en comparación con el segmento A, varían de 0.30 m a 0.80 m, en limoarcillitas color marrón parduzco, semiconsolidadas y altamente plásticas, con una coloración litológica más amarillenta hacia el puerto de Napo (fotografía 7).

En la calle principal, denominada Patricia Marquesa se ubica el mercado municipal de Napo y la Parroquia (figura 10), los cuales muestran grietas en las paredes, producto del desplazamiento del terreno. Así mismo, la presencia de agrietamientos longitudinales, ubicadas en la parte posterior de la zona de arranque, con aperturas de hasta 20 cm, nos infieren que el evento presenta actividad retrogresiva.



**Fotografía 7.** Desplazamiento de 0.30 cm en dirección al puerto Napo.



**Figura 10.** a) Afectación en la Parroquia b) Mercado Municipal de Napo, con agrietamientos en las paredes.

**SEGMENTO C.** Finalmente, el evento culmina en el extremo izquierdo de la localidad de Santa Clotilde, con desplazamientos de orden 0.20 m a 0.50 m, en dirección SW (fotografía 8), y 0.30 m a 0.60 m en dirección NE (fotografía 9), comprometiendo limoarcillitas semiconsolidadas y altamente plásticas, en superficie de terreno llano (1° de pendiente).



**Fotografía 8.** Desplazamientos en dirección SW, con saltos que varían de 0.20 m a 0.50 m.



**Fotografía 9.** Desplazamientos en dirección NE, con saltos que varían de 0.20 m a 0.60 m.

### 5.1.2. Derrumbe

La mayor incidencia de erosión fluvial, y ocurrencia de derrumbes, se produjo en las paredes subverticalizadas de las terrazas que limita con el río Napo, hacia el extremo norte de Santa Clotilde. En la fotografía 10, se observó un derrumbe, con 10 m de longitud en la zona de arranque, y bloques basculados en el cuerpo del mismo, dispuestos en dirección norte, comprometiendo parte de los sedimentos de la Formación Pebas, compuesto por arcillas pardo rojizas muy plásticas, con agrietamientos transversales y longitudinales de hasta 0.2 m de apertura en la parte posterior de la corona, lo cual nos refiere la actividad retrogresiva del evento.

En la fotografía 11 se evidencia otro derrumbe de menor magnitud, con zona de arranque de 8 m y una distancia entre la corona y pie del derrumbe de 5 m, compromete limoarcillitas poco consolidadas, en terreno llano (1°), con un cambio de pendiente (45°), en el límite con el río Napo.

En el cuerpo del derrumbe se desplazó un árbol con raíces profundas, en 4 m, además, colapsó un canal de drenaje.



**Fotografía 10.** Vista de derrumbe localizado en el extremo izquierdo (cartografiado en el segmento A), que compromete arcillas pardo rojizas muy plásticas.



**Fotografía 11.** Derrumbes localizados en el segmento en B, con árboles desplazados hasta 5 m en dirección .NE

## **6. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DEL TALUD**

### **6.1. Factores condicionantes**

#### **Factor litológico**

Las características litológicas, compuesto por materiales tipo limoarcillitas semiconsolidadas, de color marrón oscuro a pardo amarillentas debido a la alta meteorización, muy húmedas y altamente plásticas. Así mismo, la presencia de conglomerados polimícticos con clastos de formas subangulosas, que varían de 0.1 cm a 0.5 cm, en matriz limoarcillosa, con algunas capas de arena medianamente compactada, de grano fino a medio, muy húmedos y altamente meteorizados; son considerados como materiales de mala calidad y poca resistencia a los cambios de saturación de suelos (pérdida de presión de poros), como efecto de retiro de aguas en épocas de vaciante.

#### **Factor geomorfológico**

Terrenos llanos con inclinación llana (1°), muy propensas a inundaciones fluviales en época de crecidas del río Napo, con un cambio a terrenos ligeramente inclinados (5°), donde se produjo la escarpa principal del evento tipo propagación lateral – deslizamiento.

Las paredes subverticalizadas de las terrazas aluviales, presentan alta susceptibilidad a derrumbes por erosión fluvial y socavamiento producida por el río Napo, al pie de las mismas,

La localidad de Santa Clotilde, está sujeta a la dinámica fluvial del río Napo, que atraviesa dicha localidad en dirección SE. En temporada de lluvia incrementa su caudal, hasta en 5 m, llegando a inundar las viviendas ubicadas contiguas al río. Sin embargo, en temporada de vaciado el nivel del río desciende considerablemente, generando pérdida de presión de poros de los suelos, dejándolos altamente susceptibles a movimientos en masa.

### **6.2. Factores desencadenantes**

Los procesos por movimientos en masa tipo propagación lateral-deslizamiento y derrumbes, fueron desencadenados debido a la dinámica fluvial del río Napo, como efecto del descenso considerable de nivel de agua, dejando a cara libre las paredes de la terraza, produciéndose la pérdida de la presión de poros en el material, lo que conllevó a la inestabilidad.

Si bien, el departamento de Loreto es considerada como una zona sísmicamente baja, pero en los últimos años se registró sismos hasta de 7.5 Mw, causando daños considerables en las poblaciones; por lo que se infiere, que el factor desequilibrante, con efecto retardado, pudo ser el movimiento sísmico, sentido por los pobladores, el día 8 de enero del 2022 (sin registro por IGP).

### **6.3. Otros factores antrópicos**

El vertimiento de agua y desagüe sobre el terreno, podría acelerar el proceso de reactivación del evento por saturación del terreno, lo cual conllevaría al colapso total de las viviendas (fotografías 12 y 13).



**Fotografía 12.** Buzón de agua potable en pésimas condiciones debido a la ruptura del mismo.



**Fotografía 13.** Ruptura de tubería de desagüe colapsada, producto del desplazamiento del terreno.

#### **6.4. Daños y efectos secundarios**

La ocurrencia de propagación lateral – deslizamiento y derrumbes, causó los siguientes daños en la localidad de Santa Clotilde:

- Aproximadamente 20 viviendas (figura 11),
- Calles y avenidas (figura 12),
- La Parroquia.

- Mercado Municipal de Napo.
- Puerto de productores.
- Buzón de agua potable.



**Figura 11.** Vista de viviendas afectadas por la ocurrencia de propagación lateral – deslizamiento, en la localidad de Santa Clotilde.



**Figura 12.** Vista de calles afectadas por la ocurrencia de propagación lateral – deslizamiento, en la localidad de Santa Clotilde.

## 7. ZONA DE REUBICACIÓN

El terreno propuesto como zona de acogida para las 20 viviendas afectadas por el evento del 9 de enero del presente año, se localiza al suroeste de Santa Clotilde, sobre una lomada modelada en rocas sedimentarias, compuesto por conglomerados plimícticos secos de formas subangulosas, con clastos que varían de 0.5 m a 0.10 cm, inmersos en matriz limoarcillosa (fotografía 14).

Desde el punto de vista geomorfológico, el terreno posee pendientes bajas, comprendida en el rango de 1° a 5°, con un cambio abrupto en las laderas de 25°, lo que requiere que la población se ubique básicamente en el terreno llano, dejando un margen de hasta 5 m en el cambio de inclinación.

En la zona no se evidenció eventos antiguos, que afecten la seguridad física de las nuevas viviendas.



**Fotografía 14.** Vista del terreno propuesto como zona de acogida, para las viviendas afectadas por el evento del 09 de enero del presente año.

## 8. CONCLUSIONES

1. La localidad de Santa Clotilde se encuentra asentada en terrenos con materiales de tipo limoarcillitas semiconsolidadas de la Formación Pebas, que se presentan muy húmedas, altamente plásticas, de color marrón oscuro a pardo amarillentas debido a la alta meteorización y conglomerados polimícticos, con clastos de formas subangulosas, que varían de 0.1 cm a 0.5 cm, en matriz limoarcillosa; con algunas capas de arena medianamente compactada, de grano fino a medio de la Formación Nauta.
2. Morfológicamente, se encuentra sobre una terraza, con 6 m de altura en promedio, respecto al nivel del río Napo, que configura una superficie plana o llana ( $1^\circ$ ), hacia el sur, cambia a ligeramente plana, para luego a travesar ladera de lomada modelada en rocas sedimentarias, con inclinación de  $25^\circ$ .
3. El 09 de enero, aproximadamente a las 8 a.m., en la localidad de Santa Clotilde, se produjo movimientos en masa tipo propagación lateral – deslizamiento y derrumbes, con desplazamientos de orden 0.5 m a 2 m en dirección NE y desplazamientos de 0.2 m a 0.80 m en sentido contrario (SW), afectando 20 viviendas, calles (Patricia Marquesa) avenidas, la Parroquia, el mercado Municipal de Napo, puerto de Napo y el buzón de agua potable.
4. Se considera que, el evento se produjo debido a la dinámica fluvial del río Napo, como efecto del descenso considerable de nivel de agua, dejando a cara libre las paredes de la terraza, produciéndose la pérdida de la presión de poros en el material, lo que conllevó a la inestabilidad. El factor desequilibrante, con efecto retardado, pudo ser el movimiento sísmico, sentido por los pobladores, el día 8 de enero del 2022 (sin registro por IGP).
5. La mayor incidencia de erosión fluvial, y ocurrencia de derrumbes, se produjo en las paredes subverticalizadas de las terrazas que limita con el río Napo, hacia el extremo norte de Santa Clotilde, con zonas de arranque hasta de 10 m de longitud, comprometiendo arcillas pardo rojizas muy plásticas. Además, se observó agrietamientos transversales y longitudinales, con aperturas de hasta 0.2 m en la parte posterior de la corona, lo cual nos refiere la actividad retrogresiva del evento.
6. El terreno propuesto como zona de acogida para el reasentamiento poblacional de las 20 viviendas afectadas por el evento del 09 de enero del 2022, localizada sobre lomada modelada en roca sedimentaria, cuya cima configura un relieve llano ( $1^\circ$ ), presenta características geológicas y geomorfológicas favorables. Actualmente no se observó movimientos en masa que le pueda afectar.
7. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica actual, se determina que el sector Santa Clotilde, colindante al río Napo, es considerada **como zona crítica y de Peligro Alto** a movimientos en masa de tipo propagación lateral-deslizamiento, y derrumbes, que podrían reactivarse ante la ocurrencia de sismos y lluvias intensas y/o prolongadas.

## 9. RECOMENDACIONES

### NO ESTRUCTURALES

1. Reubicar a las viviendas localizadas en la parte inferior a la calle Patricia Marquesa (figura 13), como también el mercado de Napo y la parroquia, que muestran grietas en las paredes.

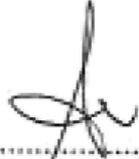


**Figura 13.** Vista de la zona no habitable de la localidad de Santa Clotilde.

2. En la zona no habitable clausurar la red de agua y desagüe para evitar mayor saturación en el terreno.
3. Controlar y supervisar los cortes de talud que se vayan a realizar en la zona de reubicación, para la habilitación de calles, con el fin de evitar inestabilidad en el talud. Estas medidas deben ser realizadas por un especialista.
4. Forestar las laderas desprovistas de vegetación, en los alrededores del terreno de reubicación.
5. A las autoridades locales se recomienda, realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, con el fin de que, la intervención antrópica no acelere los procesos activación y/o reactivación de movimientos en masa. Así mismo, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos.

### ESTRUCTURALES

6. Construir sistemas de drenaje en el terreno de reubicación con el propósito de captar las aguas de escorrentía que se formen en la cima de lomada modelada en roca sedimentarias, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de canales revestidos.



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

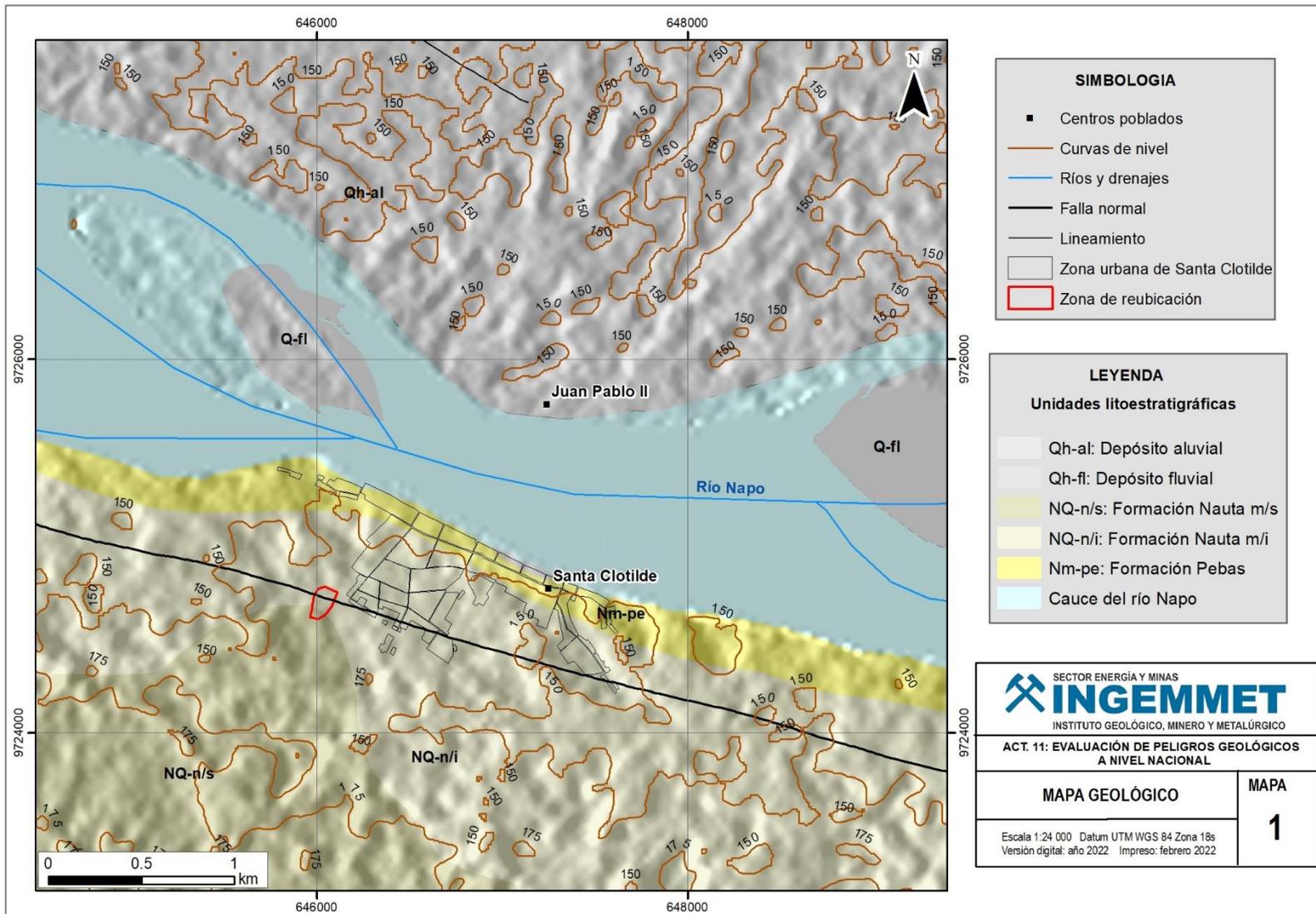


Ing. Guisela Choquenaira Garate

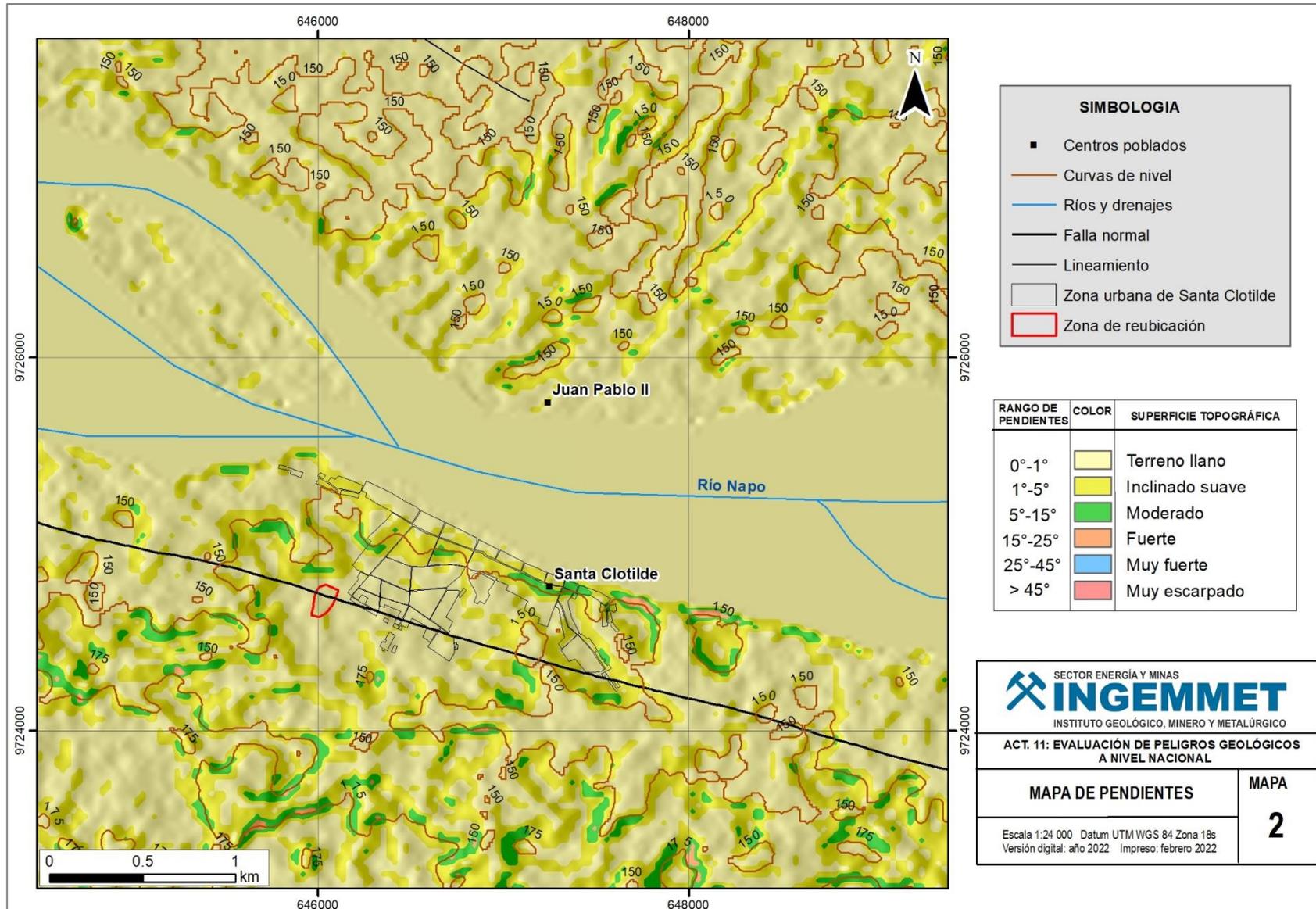
## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Martínez, W, Díaz, G, Romero, L. & Huayhua, J. (1999) – Geología de los cuadrángulos de Bolívar, Curay, Santa Clotilde, Quebrada Agua Blanca, Sabalayacu, San Lorenzo, Intuto, río Pintayacu, río Mazán, río Corrientes, Libertad, río Nanay, Santa Rosa, Yacumana, río Itaya, Yanayacu, Chapajilla y Nauta. Boletín 131, Serie A. Carta geológica Nacional. Ingemmet, 244 p.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- Köppen, W. (2010). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248.
- Tavera, H; Mamani, C & Mercado. A (2021) - Sismo del Datem del Mara3on del 28 de noviembre 2021 (M7.5) y niveles de sacudimiento del suelo. Instituto Geofisico del Perú.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)
  - Movimientos en masa en la regi3n andina: una guía para la evaluaci3n de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicaci3n Geológica Multinacional, 4.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2021) – SENAMHI. (consulta: 03 de abril 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- Suárez, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosi3n y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, 548 p.

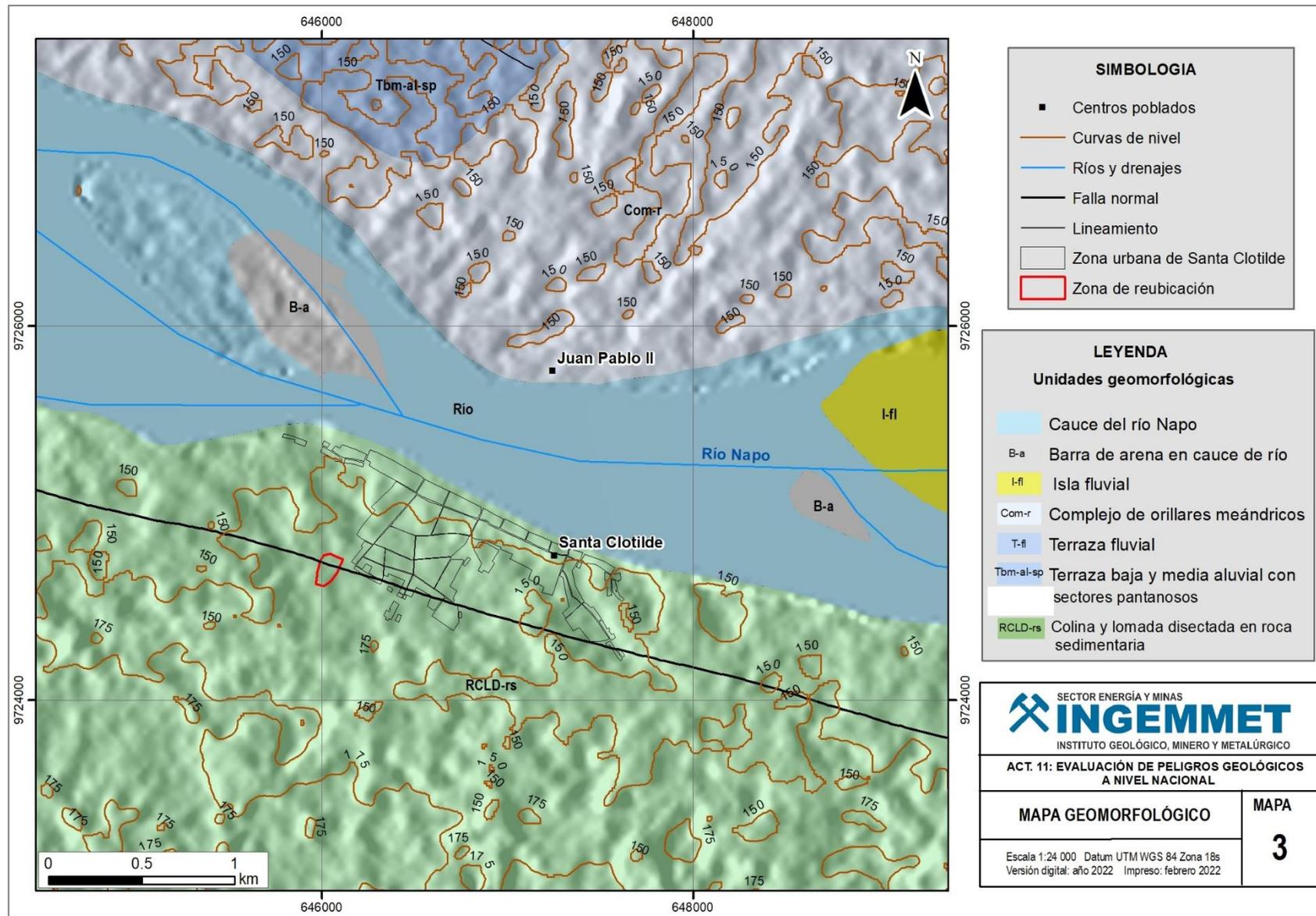
**ANEXO 1: MAPAS**



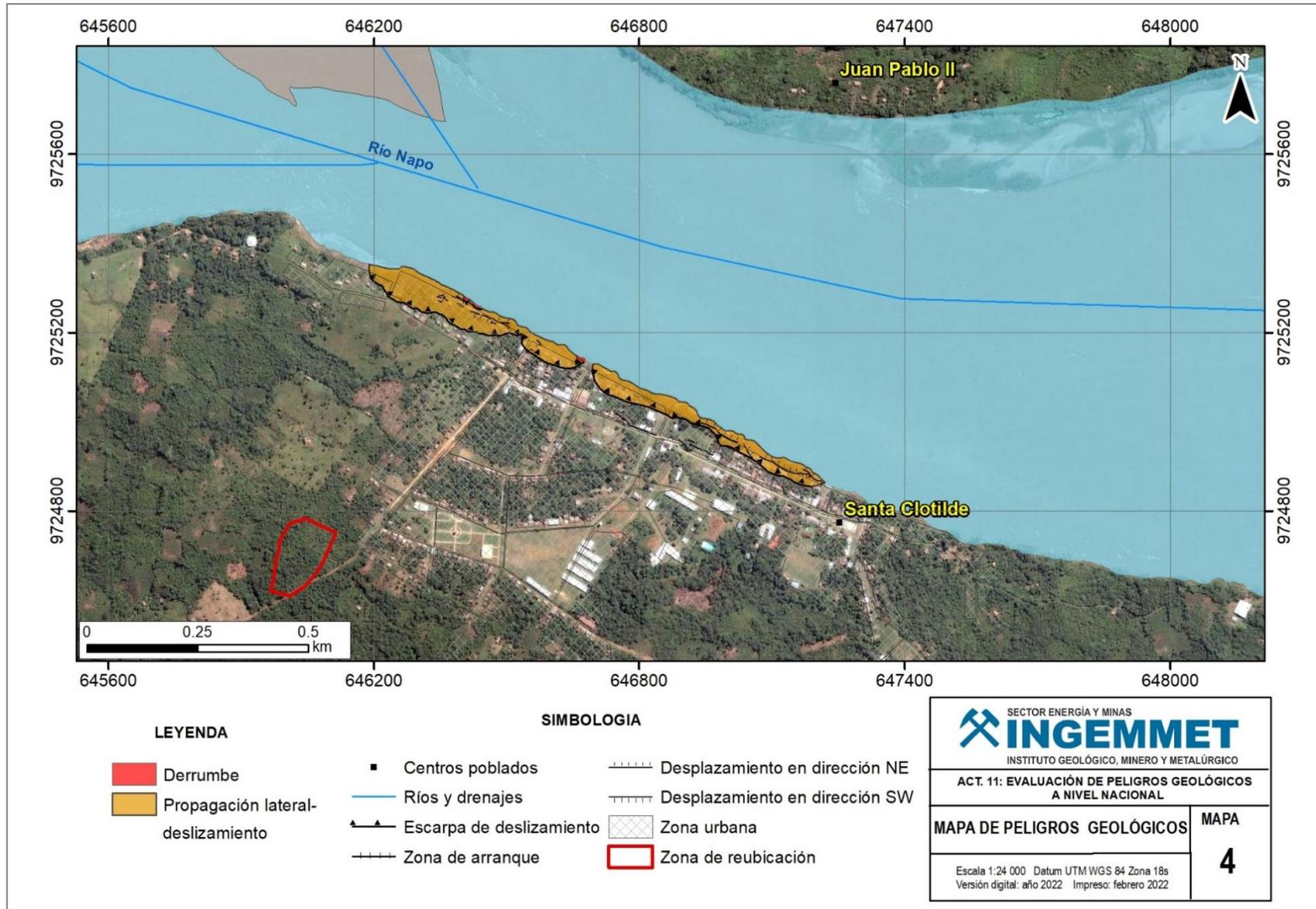
**Mapa 1.** Mapa geológico del área evaluada.



Mapa 2. Mapa de pendientes del área evaluada.



**Mapa 3.** Mapa geomorfológico del área evaluada.



**Mapa 4.** Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

## ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

### A. CORRECCIÓN POR DRENAJE

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas (cuadro 4). Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de los movimientos.

**Cuadro 4.** Métodos de drenaje

Método	Ventajas	Desventajas
<b>Canales superficiales para el control de escorrentía</b>	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.

Fuente: Suárez, 1996.

Los sistemas más comunes para el control del agua son: •

- Zanjas de coronación o canales colectores drenaje superficial).
- Subdrenes de zanja o subdrenes interceptores. •
- Subdrenes horizontales o de penetración

**Drenaje superficial:** El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro, lejos del talud que se va a proteger.

Tipos de obra de drenaje superficial

- a. Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.
- b. Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. 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.
- c. Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d. Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e. Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.

- f. Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g. Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h. Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua

No se recomienda en problemas de taludes, la utilización de conducciones en tubería por la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, con lo cual se generan problemas de infiltración masiva concentrada.