



**INFORME TÉCNICO N° 11**

# **INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE SAN JUAN DEL ORO**

Distrito San Juan del Oro, Provincia Sandia, Región Puno



**SEPTIEMBRE, 2016**

**LIMA - PERÚ**

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI) - CEPIG

**INFORME DE INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA  
LOCALIDAD DE SAN JUAN DEL ORO**

Distrito San Juan del Oro, Provincia Sandia, Región Puno

**Instituto Nacional de Defensa Civil**

**Dirección de Preparación**

Calle Dr. Ricardo Angulo Ramírez N° 694 Urb. Corpac, San Isidro, Lima-Perú.

**Teléfono:** (511) 224-3600

**Sitio web:** [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)

**Jefe del INDECI**

Vicealmirante (r) Alberto Manuel Lozada Frías

**Secretario General**

Lic. Luis Alfonso Zuazo Mantilla

**Director de Preparación del INDECI**

Gral. Brig. EP (r) Jorge Luis Sánchez Olivares

**Sub Director de Sistematización de Información sobre Escenarios de Riesgo de Desastres (SD SIER) y**

**Coordinador del CEPIG – INDECI**

Ing. Juber Ruiz Pahuacho

**Equipo Técnico CEPIG:**

Lic. Beneff Zúñiga Cruz

Bach. Sannny Marín Rodríguez

Bach. Samuel Terreros Escobedo

**Apoyo:**

Ing. Javier Pampamallco Choque – Director de la Dirección Desconcentrada de Puno

**Colaboración:**

Municipalidad de San Juan del Oro

## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	3
II.	OBJETIVOS .....	3
III.	ANTECEDENTES .....	4
IV.	SITUACIÓN GENERAL.....	4
IV.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	4
IV.2.	ACCESIBILIDAD .....	5
V.	DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA .....	6
V.1.	GEOMORFOLOGÍA.....	6
V.2.	GEOLOGÍA .....	9
VI.	PELIGRO POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	11
VII.	VULNERABILIDAD Y ELEMENTOS EXPUESTOS.....	20
VII.1.	VULNERABILIDAD .....	20
VII.2.	ELEMENTOS EXPUESTOS: ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS AFECTADOS.....	23
VII.3.	PUNTOS DE REUNIÓN EN CASO DE EVACUACIÓN .....	25
VII.4.	ZONAS PARA POSIBLE REUBICACIÓN TEMPORAL.....	26
VII.5.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON MUY ALTO RIESGO .....	27
X.	CONCLUSIONES .....	50
XI.	RECOMENDACIONES .....	52
XII.	BIBLIOGRAFÍA .....	56
XIII.	ANEXOS .....	58
	ANEXO 1: MAPAS .....	58

## I. INTRODUCCIÓN

La localidad de San Juan del Oro, ubicada en la Provincia de Sandía, viene siendo afectada por movimientos en masa (deslizamientos y reptación) desde hace 20 años aprox.; hecho que se ha visto considerablemente incrementado en los últimos años debido a las intensas precipitaciones registradas, la expansión territorial, la pérdida de áreas de vegetación, todo ello sumado a la falta de un sistema de drenaje adecuado, factor principal que convierte a dicha localidad en una zona muy inestable.

Debido a dicha problemática y a la necesidad de realizar la validación de la información ante la solicitud de Declaratoria de Estado de Emergencia; el INDECI, en coordinación con autoridades del Gobierno Regional de Puno y la Municipalidad distrital de San Juan del Oro, realizó la verificación "IN SITU" de las zonas críticas, en las cuales se levantó información geológica del tipo de roca, orientación de fracturas, puntos de surgencia de aguas, así como vulnerabilidad de viviendas y establecimientos públicos.

Durante la inspección se logró constatar que más del 80% de viviendas y establecimientos públicos presentan daños estructurales de magnitud considerable en muros, columnas y cimentaciones, muchas de las cuales se encuentran en estado de abandono debido al riesgo muy alto que representan para la población y su medio de vida.

## II. OBJETIVOS

- Realizar la evaluación y validación por peligro inminente a deslizamiento y reptación, en la localidad de San Juan del Oro, para determinar si procede la Declaratoria de Estado de Emergencia.
- Realizar el diagnóstico situacional de los fenómenos de remoción en masa que afectan a la localidad de San Juan del Oro, ante la solicitud de Declaratoria de Estado de Emergencia.
- Identificar la vulnerabilidad física de las principales edificaciones como viviendas, establecimientos públicos, etc.
- Proponer medidas correctivas y acciones de preparación para la Gestión Reactiva inmediatas y a largo plazo.

### III. ANTECEDENTES

- Mediante Oficio N° 096-2015/MDSJO/A, del 08 de abril de 2015, el alcalde de la Municipalidad Distrital de San Juan del Oro, solicita al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) realizar el estudio técnico de evaluación ante la activación de deslizamientos antiguos.
- Entre el 26 y 27 de Octubre, el INGEMMET, realiza la inspección de la zona afectada en presencia de autoridades locales. El mismo que es presentado como INFORME TÉCNICO N° A6708 “*Inspección Técnica de Peligros Geológicos del Pueblo San Juan del Oro*”.
- Mediante Oficio N° 112-2016-MSDJO/A, del 22 de Mayo del 2016, la Municipalidad de San Juan del Oro, solicita al Gobierno Regional de Puno intervenir con la Declaratoria de Estado de Emergencia por Peligro Inminente del Distrito de San Juan del Oro.

### IV. SITUACIÓN GENERAL

#### IV.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área afectada se ubica en la localidad de San Juan del Oro, provincia de Sandia, departamento de Puno. Se encuentra situado a una altitud de 1320 m.s.n.m. El área afectada está comprendida en las siguientes coordenadas: UTM: 483155.15 m E - 8427887.33 m S. Datum WGS 84, zona 19 S. (Ver Fig. 01)

DEPARTAMENTO	PUNO
PROVINCIA	SANDIA
DISTRITO	SAN JUAN DEL ORO
LOCALIDAD	SAN JUAN DEL ORO

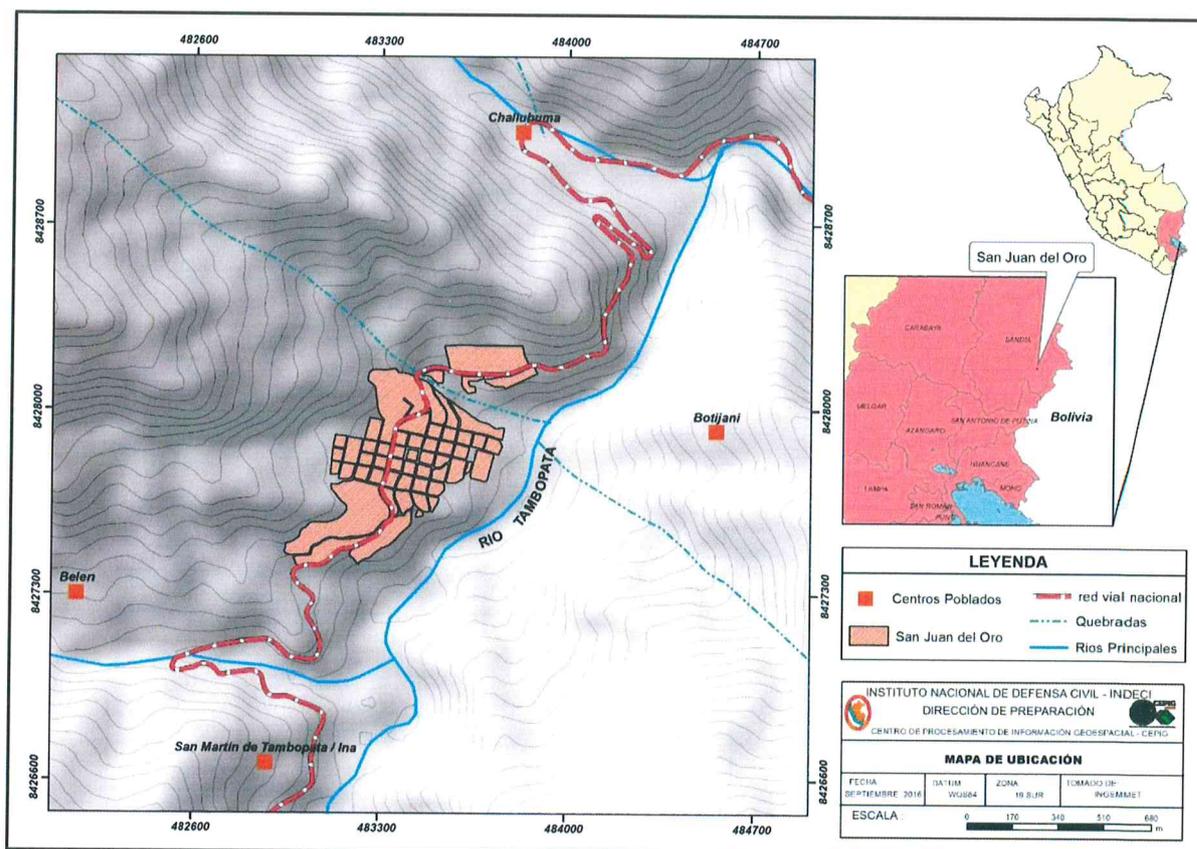


Fig. 01. Mapa de ubicación.

## IV.2. ACCESIBILIDAD

La accesibilidad a la localidad de San Juan del Oro se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Juliaca, en este punto hay que continuar el recorrido por vía terrestre a través de una vía asfaltada y afirmada (8 horas de recorrido), durante trayecto se pasa por los poblados de Huatusani, Putina, Quilcapunco, Ananea, Cuyo Cuyo, Sandia, Yanahuaya, hasta llegar a la localidad de San Juan del Oro. (Ver Fig. 02).

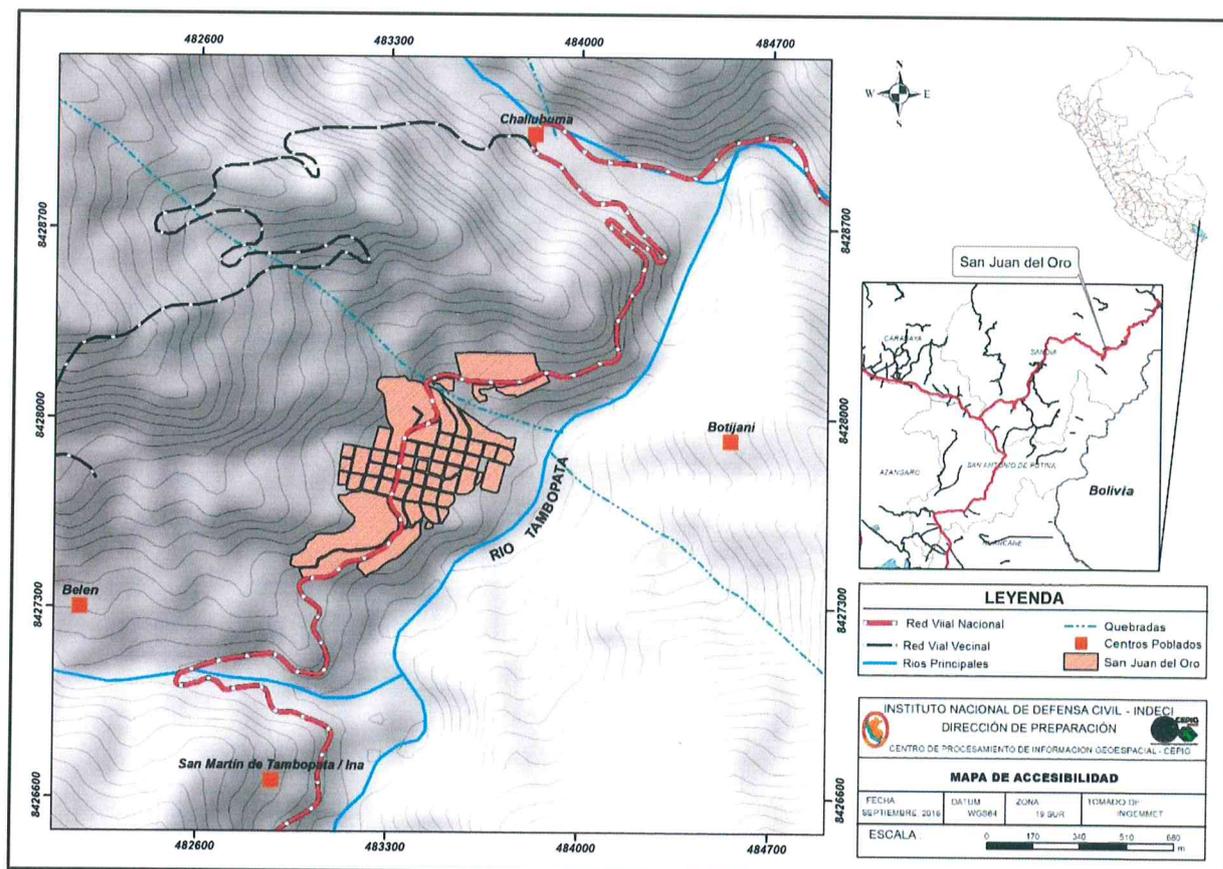


Fig. 02. Principales vías de acceso.

## V. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA

### V.1. GEOMORFOLOGÍA

San Juan del Oro se ubica dentro del dominio morfoestructural de la Cordillera Oriental del Perú, la cual se encuentra disectada por los cauces de los ríos y quebradas. En la zona, los valles con vertientes fuertes están modeladas en rocas metamórficas. Los cauces de los ríos tienen pendiente moderada y descienden hacia la vertiente del Atlántico.

#### UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Las geoformas se encuentran agrupadas en tres tipos de relieve en función a su altura relativa, las cuales se diferencian en: 1) montañas, 2) piedemontes y 3) planicies. Para ésta clasificación de las unidades geomorfológicas se tomó en cuenta la publicación de Villota (2005).

## A. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIÓN Y EROSIÓN

El paisaje morfológico resultante de los procesos denudativos son cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas.

Dentro de este grupo la unidad de Montañas alcanza alturas mayores a los 300 m respecto al nivel base local, son cumbres y estribaciones producto de la erosión y otros eventos naturales. En la zona se encuentra conformada por alineamientos, en un contexto predominante por rocas metamórficas.

- **Ladera de Montañas en roca metamórfica**

Conformada por laderas modeladas en lutitas pizarrosas, areniscas y cuarcitas pertenecientes a las Formaciones Purumpata y Sandía. El fondo del valle corresponde a 1200 m.s.n.m., mientras que las cumbres alcanzan a los 2550 m.s.n.m.

Las laderas en la zona presenta pendientes variables, entre los 15° y 25° son consideradas como pendiente fuerte, áreas localizadas presentan pendientes de 25° a 45° (pendiente muy fuerte) y entre 5° a 15° son consideradas de pendiente moderada en las cueles se desarrolla fenómenos de reptación.

## B. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL

Son geoformas producto de procesos constructivos, las cuales están determinadas por la fuerza de desplazamiento de los agentes móviles.

- **Vertiente o piedemonte coluvio – deluvial.**- Conformada por acumulaciones de laderas cuyo origen está en los procesos de movimientos en masa, así como de material detrítico proveniente de caídas o de escorrentía superficial, las cuales se depositan al pie de las laderas. Sobre ésta se encuentra asentada la población de San Juan del Oro.
- **Terraza aluvial.**- Se encuentran dispuestas a las márgenes de la llanura de inundación o lecho principal del río, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle.
- **Terraza fluvial.**- Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos de régimen estacionario. Están compuestas por fragmentos rocosos heterogéneos que son transportados por el río Tambopata, las cuales forman terrazas bajas y la llanura de inundación o el lecho de los ríos.

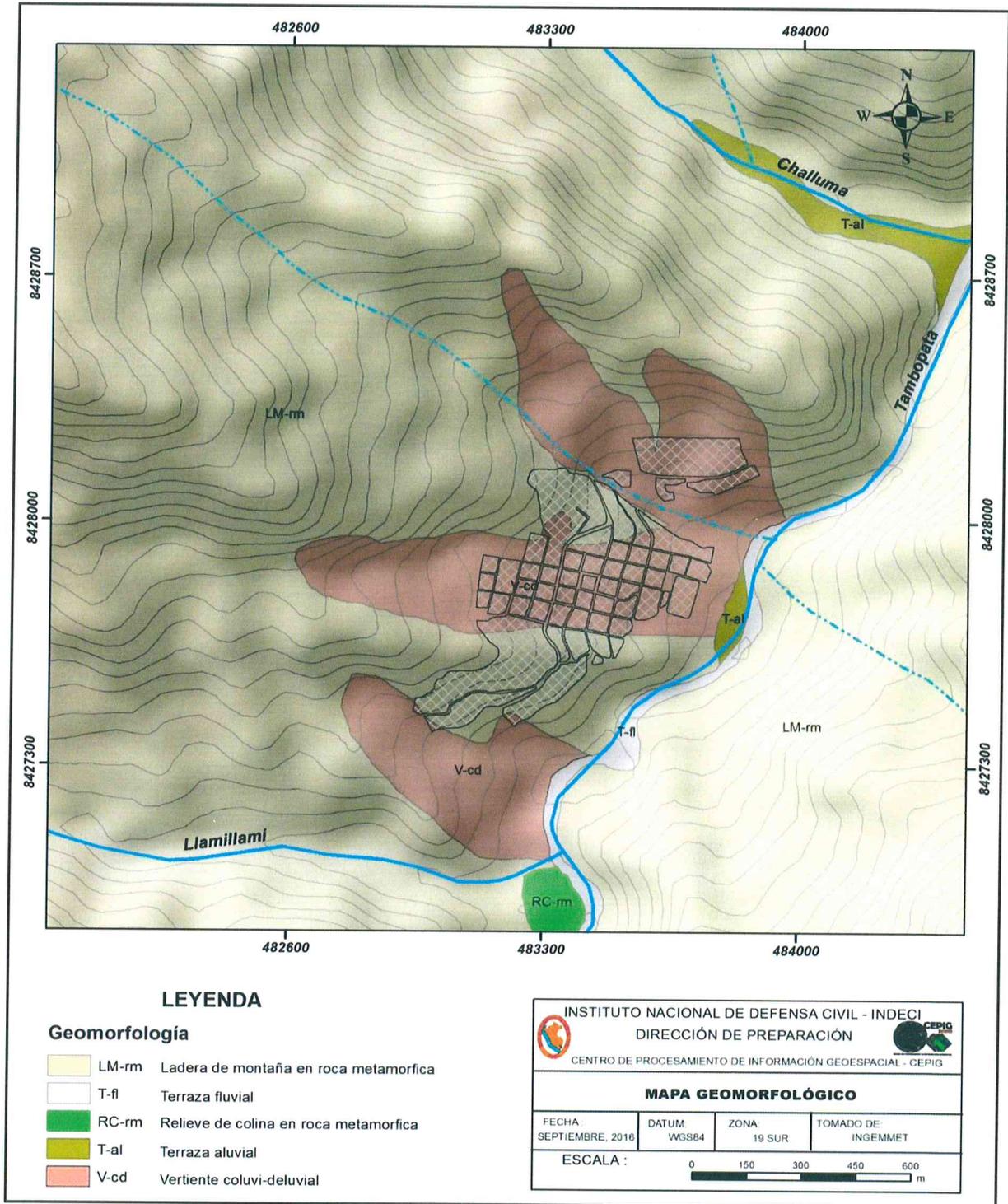


Fig. 03. Mapa con unidades geomorfológicas (Fuente: INGEMMET).

## V.2. GEOLOGÍA

### ESTRATIGRAFÍA

- **Formación Purumpata.**- Unidad geológica que aflora al norte y sur del poblado de San Juan del Oro, consta de pizarras limolíticas grises a beige en estratos de hasta 10 cm, con niveles fosilíferos. Litoestratigráficamente infrayace a la Formación Sandia.
- **Formación Sandia.**- Sánchez & Zapata (2003), describe a esta formación como una alternancia de pizarras y cuarcitas de espesores variables. La predominancia de cuarcita se encuentra en la base y en la parte media de la secuencia; sin embargo es posible encontrar estratos de areniscas de granos sueltos de aspecto sacaroideo, éstas muestran huellas de estratificación cruzada. En el área de estudio afloran al noroeste y sureste de la población de San Juan del Oro.
- **Depósito Aluvial.**- Depósitos transportados por el río Challuma y tributarios, los cuales han sido depositados en forma de terrazas. Litológicamente está compuesta por fragmentos de rocas heterométricos y heterogéneos, de subredondeados a redondeados en una matriz de arena, limos y arcillas.
- **Depósito Deluvial.**- Materiales producto de la meteorización y de acumulación lenta, principalmente por aguas pluviales y la acción gravitacional. Se encuentran en la ladera media y baja al suroeste del poblado de San Juan del Oro.
- **Depósito Coluvio-deluvial.**- Depósitos de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, que constituyen escombros de laderas que cubren parcialmente a las Formaciones Purumpata y Sandia. Los depósitos coluviales se originaron por deslizamientos antiguos y pequeños derrumbes, la fuente de origen es cercana. El material constituyente es proveniente de la Formación Sandia, mezclado con arena, limo y arcilla. Su distribución es caótica y constituyen depósitos de piedemonte.

Los depósitos deluviales se encuentran en taludes de pendiente moderada a fuerte, cuyo origen está asociado a pequeños flujo no canalizados. Son pequeñas capas de suelo fino y arcillas arenosas con pequeños fragmentos rocosos subangulosos, estos cubren a los deslizamientos antiguos.

- **Depósito Fluvial.-** Depósitos presentes dentro del curso del río, principalmente se encuentra conformada por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos, gravas, etc.), las cuales fueron transportados por el río Tambopata.

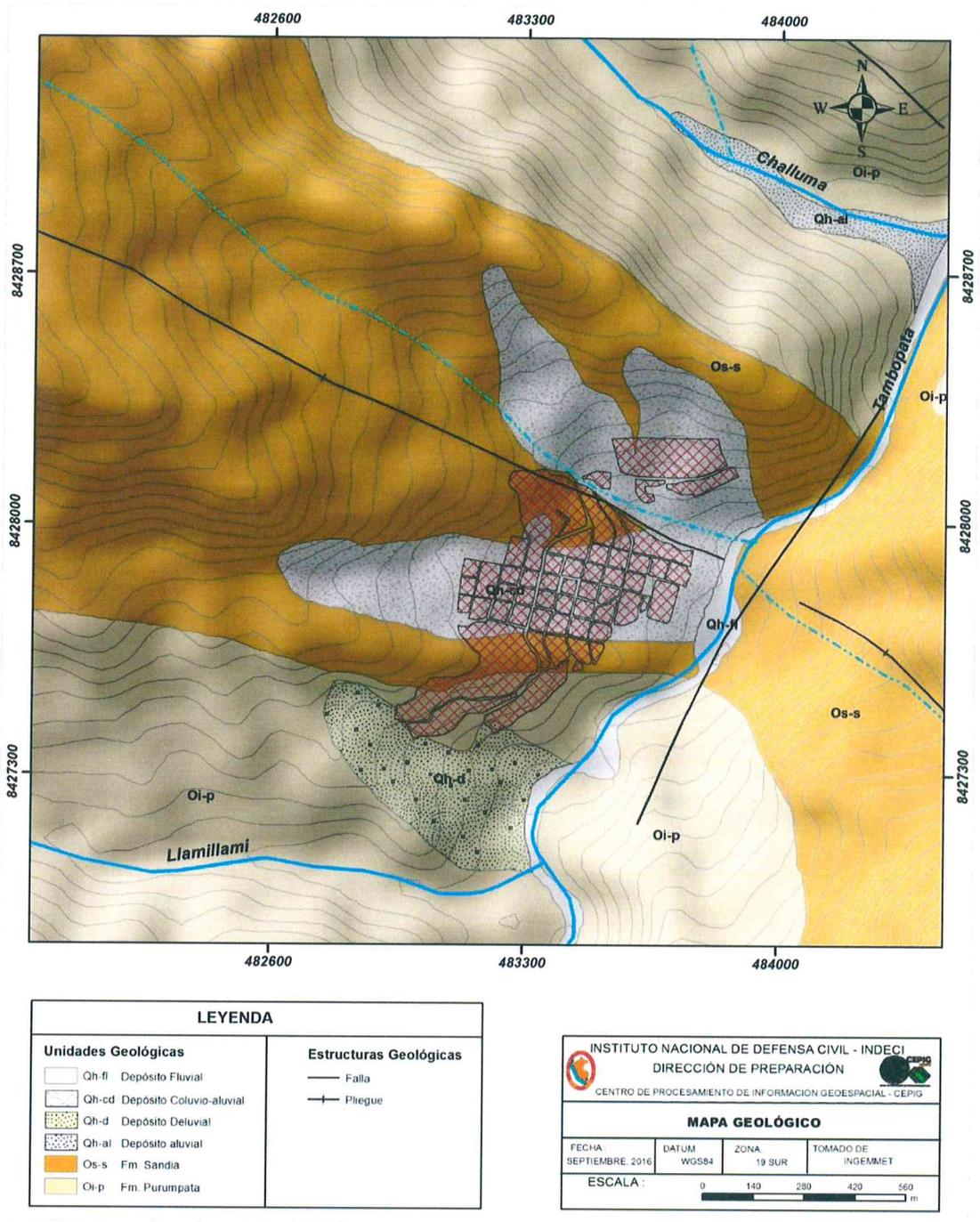


Fig. 04. Mapa Geológico Regional (Fuente: INGEMMET)

## VI. PELIGRO POR MOVIMIENTOS EN MASA

El distrito de San Juan del Oro, se encuentra expuesto a peligros de origen geológico, relacionados a movimientos en masa (deslizamientos y reptaciones) los cuales se encuentran condicionados por el tipo de roca, en especial rocas metamórficas altamente inestables con foliaciones a favor de la pendiente. Dicha ocurrencia se encuentra estrechamente relacionada a factores detonantes como precipitaciones de gran intensidad, ascenso de la napa freática, falta de un sistema adecuado de drenaje, sobrecarga antrópica del terreno, entre otros.

Los movimientos de masa identificados en el área de afectación corresponden a 3 zonas de deslizamientos antiguos de tipo traslacional (**Ver Anexo 01, Mapa 02**) que se encuentran relacionados a desplazamientos de bloques de roca de tipo planar (**Ver Fig.05**). Sin embargo, el que representa un peligro muy alto es aquel sobre el cual se encuentra asentada más del 80% de la población, y que comprende los barrios de Nueva Esperanza, Barrios Altos, Barrio Central, Curva Alegre, Barrio Tambopata y Pueblo Joven.

### CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE SAN JUAN DEL ORO

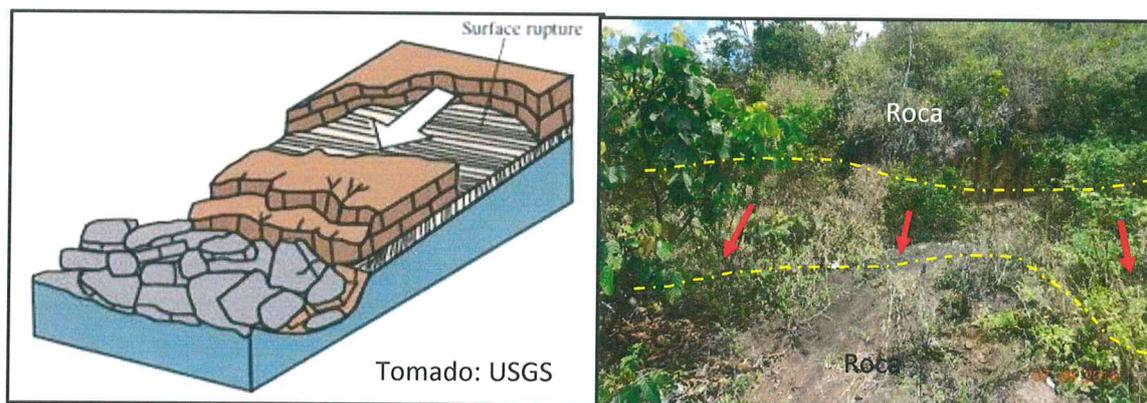
De acuerdo a la información levantada en campo, sumado al informe técnico proporcionado por el INGEMMET, el deslizamiento que afecta la localidad de San Juan del Oro trata de un deslizamiento de tipo traslacional<sup>1</sup>, en el cual los bloques del macizo rocoso se encuentran fracturados e inestables, con presencia de foliación<sup>2</sup> a favor de la pendiente, siendo muy susceptibles a deslizarse debido a la alta lixiviación que el agua realiza en los horizontes arcillo-limosos producto de la meteorización de las rocas metamórficas (**Ver fig. 04**).

El área que comprende el principal en proceso de reactivación ocupa un área aproximada de 30 ha, donde se asienta el mayor porcentaje de población de San Juan del Oro. Presentando las siguientes características:

- . Longitud de escarpa principal: 450 m
- . Ancho: 260 m
- . Longitud: 1200 m
- . Pendiente: Moderada a fuerte (5° a 30°).

<sup>1</sup> Varnes (1978) clasifica los deslizamientos de acuerdo al tipo de material (rocas o suelo) y la superficie de rotura (plana o cóncava).

<sup>2</sup> Planos de microestructuras comunes en las rocas metamórficas. Representan superficies de debilidad muy susceptibles al deslizamiento.



**Fig. 05.** Esquema de deslizamiento traslacional en roca. Muestra que la masa de bloques deslizante puede componerse de uno o varios bloques en movimiento ladera abajo, a través de una superficie de rotura plana.



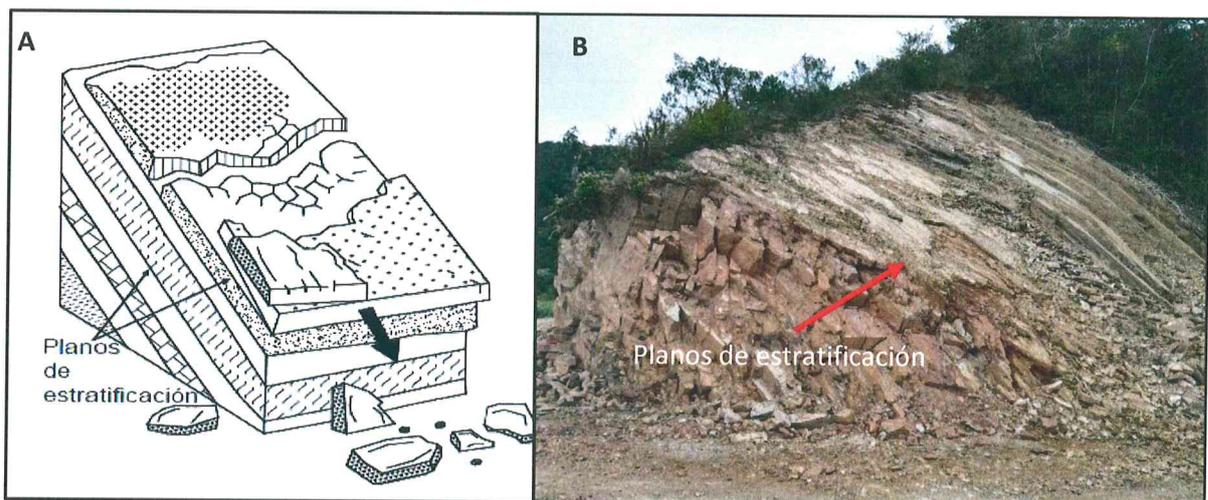
**Fig. 06.** Escarpe antiguo de deslizamiento en proceso de activación (En líneas punteadas). Representa un peligro muy alto para el Centro Educativo.

Los procesos que ocurren en el talud son generalmente complejos y dependen de gran cantidad de factores, los cuales interactúan entre ellos para definir su comportamiento. A continuación se describirán algunos factores fundamentales que afectan directamente a la inestabilidad de taludes en la localidad de San Juan del Oro.

## FACTORES CONDICIONANTES

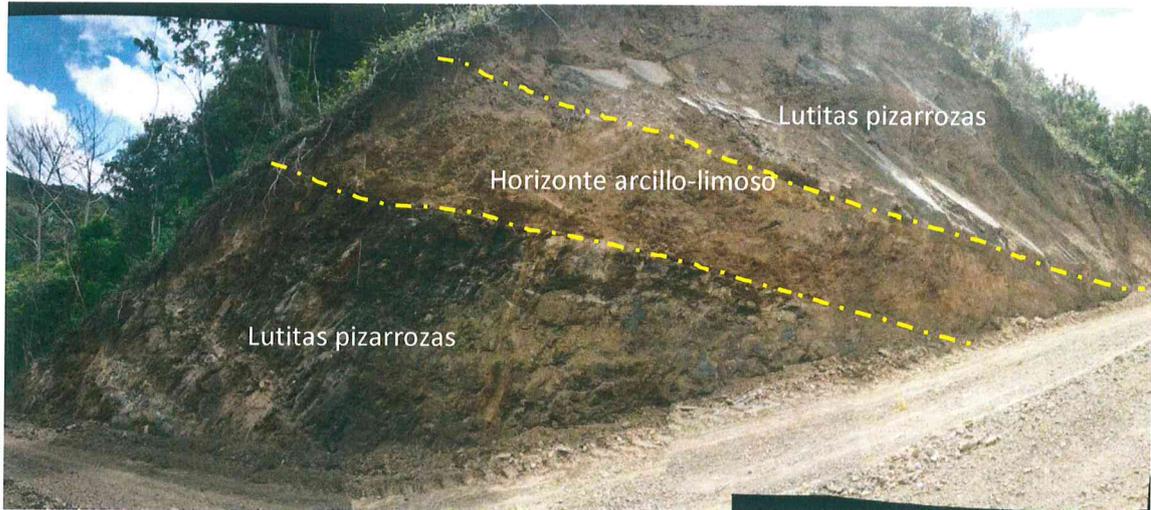
- **LITOLOGÍA Y TIPO DE SUELO**

Cada litología o formación geológica posee un determinado patrón de comportamiento ante diferentes situaciones que determinan las características del deslizamiento en el área afectada. El tipo de roca predominante en la zona de afectación corresponde a rocas metamórficas de tipo pizarras, cuarcitas y metasedimentarias, correspondientes a la formación Sandía y Purumpata. Estas afloran en diferentes puntos de la localidad, encontrándose estrechamente relacionadas al deslizamiento de tipo traslacional (**Ver Fig. 07 A y Fig. 08**), ya que evidencian un alto grado de meteorización, que debido al accionar de agua que discurre por los planos de foliación, tienden a separarse y ser rellenados con arcillas; dicho proceso disminuye la resistencia de la roca, como resultado se generan bloques removibles que crean a su vez espacios libres, que en superficie se observan como agrietamientos tensionales, hundimientos en el terreno. Es importante mencionar que además de los deslizamientos, es común que en la parte superior meteorizada se hagan evidentes fenómenos de reptación<sup>3</sup>, que son observados en varios puntos de San Juan del Oro, haciéndose de manifiesto en la inclinación curvada de los árboles.



**Fig. 07. A.** Modelo esquemático de cómo las discontinuidades (planos de estratificación) en rocas metamórficas propicia el desencadenamiento de movimientos en masa. **B.** Anticlinal formado por lutitas pizarrosas meteorizadas. Nótese la disposición de los estratos a favor de la pendiente (Carr. Botijani, Loc. San Juan del Oro).

<sup>3</sup> La reptación consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos. La profundidad del movimiento puede variar desde pocos centímetros hasta varios metros.



**Fig. 08.** Afloramiento rocoso altamente intemperizado. Presencia niveles de estratos incompetentes (limolitas) intercalados con niveles competentes de pizarras y cuarcitas, muy susceptibles a deslizar. Margen derecha de la Qda. Garrapata.

La localidad de San Juan del Oro se encuentra asentada sobre suelos residuales limo-arcillosos los cuales se encuentran formando depósitos coluvio deluviales de poco espesor, según las calicatas realizadas en el C.E. Santa María de la Providencia el espesor del suelo alcanza máximos de 3m; estos a su vez se encuentran formados por fragmentos angulares a subangulares de pizarras, cuarcitas y metasedimentarias de tamaños variados (**Ver Fig. 09**).



**Fig.09.** Suelo residual saprolítico, conservando la estructura original de la roca original.

● **TOPOGRAFÍA**

La zona se encuentra formada por cumbres y estribaciones que alcanzan alturas mayores a 300 m, describe zonas de pendiente de fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25° - 45°) las mismas que condicionan la inestabilidad y el movimiento de las laderas. La topografía que presenta el depósito coluvial, sobre el cual se asienta dicha localidad, describe formas mixtas, desde superficies planares hasta ligeramente cóncavas, que en las parte bajas la pendiente varía de moderada a fuerte (5° a 15°); asimismo, éstas se relacionan a fenómenos de reptación de suelos que se hacen de manifiesto en diferentes zonas de la ciudad, siendo los la inclinación de los árboles y el tipo de material arcilloso unos de los mejores indicadores.

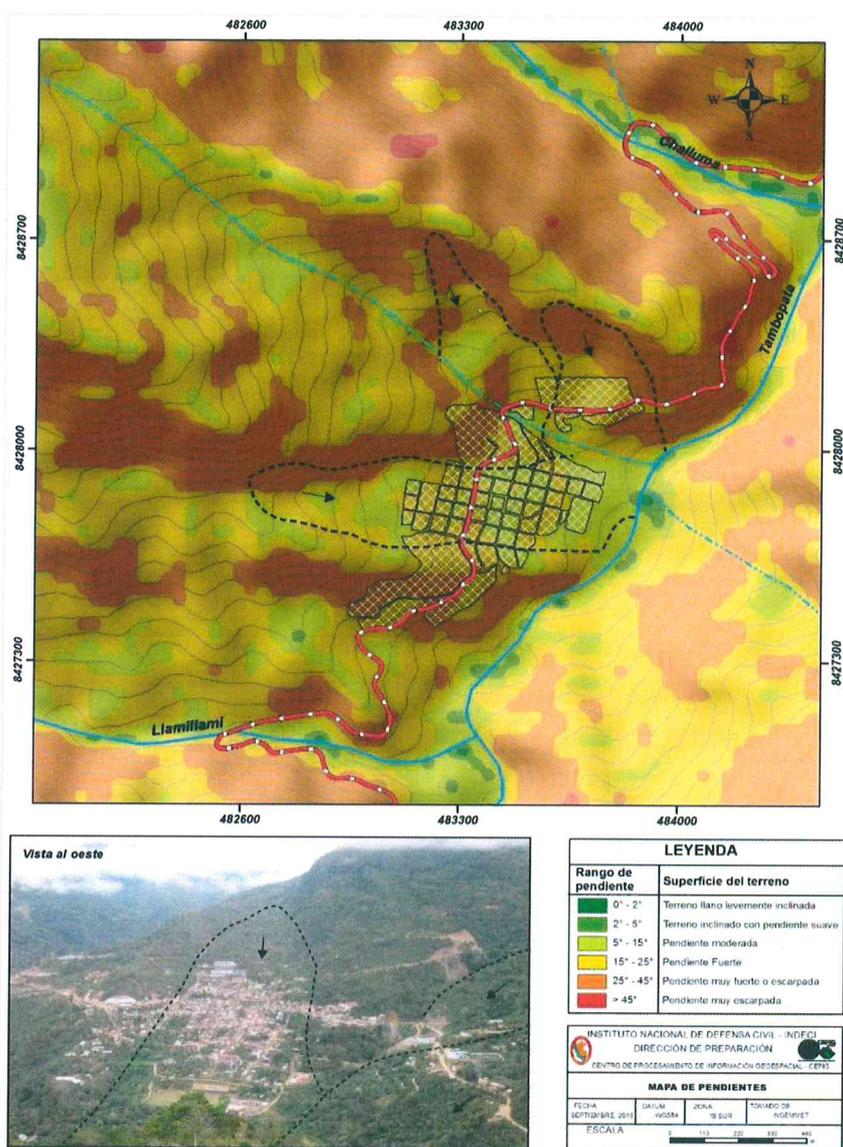


Fig. 10. Mapa de pendientes.

- **COBERTURA VEGETAL**

En un 80% se encuentra cubierta por vegetación de tipo boscosa tropical, con presencia de colinas amazónicas, tierras aptas para producción forestal y cultivo permanente (frutal y café). Sin embargo la activación de los deslizamientos en la zona también se encuentra relacionados a la deforestación que existe en la zona.

#### **FACTORES DESENCADENANTES**

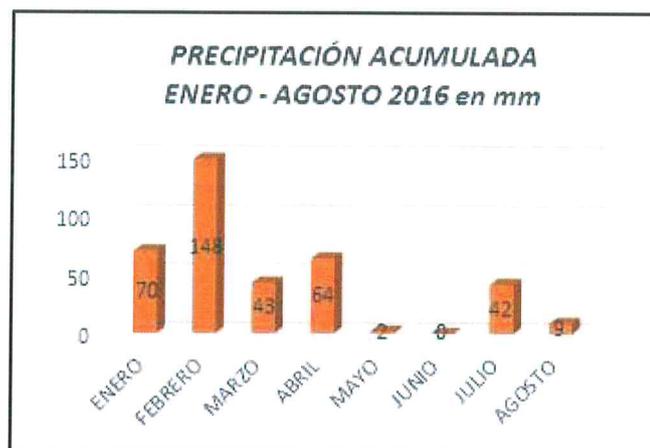
- **PRECIPITACIONES Y AGUAS DE ESCORRENTÍA**

En la zona de estudio, los movimientos en masa (deslizamientos y reptación de suelos), están ligados a factores detonantes como lluvias de gran intensidad y de larga duración asociadas a la elevada percolación de agua de lluvias que dan origen a una sobrecarga y saturación del suelo y roca. Es importante mencionar que las lluvias de gran intensidad son las que producen los deslizamientos más no la lluvia acumulada.

Según la clasificación realizada por el SENAMHI, mediante el Método de Werren Thornthwaite, la provincia de San Juan del Oro presenta climas húmedos y templados, propios de ceja de selva; cuya clasificación corresponde a i) A (r) B'1H4: zonas con clima semicálido, muy lluvioso, muy húmedo y precipitaciones abundantes; ii) B (r) B'2H3: corresponde a Zona de clima templado, húmedo, lluvioso, con lluvias más escasas a deficientes durante la temporada de invierno (**Ver Anexo 02, Mapa 01**).

Si bien, no existen estaciones meteorológicas en la zona de San Juan del Oro, es posible tener aproximaciones en base a data satelital. Durante el mes de febrero del 2016 se registró la mayor precipitación acumulada en lo que va del año, estimándose en 148 mm, con precipitaciones prácticamente diarias; registrándose importantes precipitaciones durante los meses de enero, marzo y abril. La temporada de estiaje se observa durante los meses de mayo, junio y julio. Durante el mes de julio se registró precipitación intensa durante un solo día, con valores estimados entre 42 mm., siendo la máxima precipitación en lo que va del año. (**Ver Fig. 11**).

Por otro lado, las temperaturas máximas han alcanzado 17°C en lo que va del año, registrándose las mínimas durante el mes de julio, alcanzando los -7°C.



**Fig. 11.** Gráfico de precipitaciones acumuladas durante los meses de Enero - Agosto (2016) (Fuente: <http://www.accuweather.com/>)

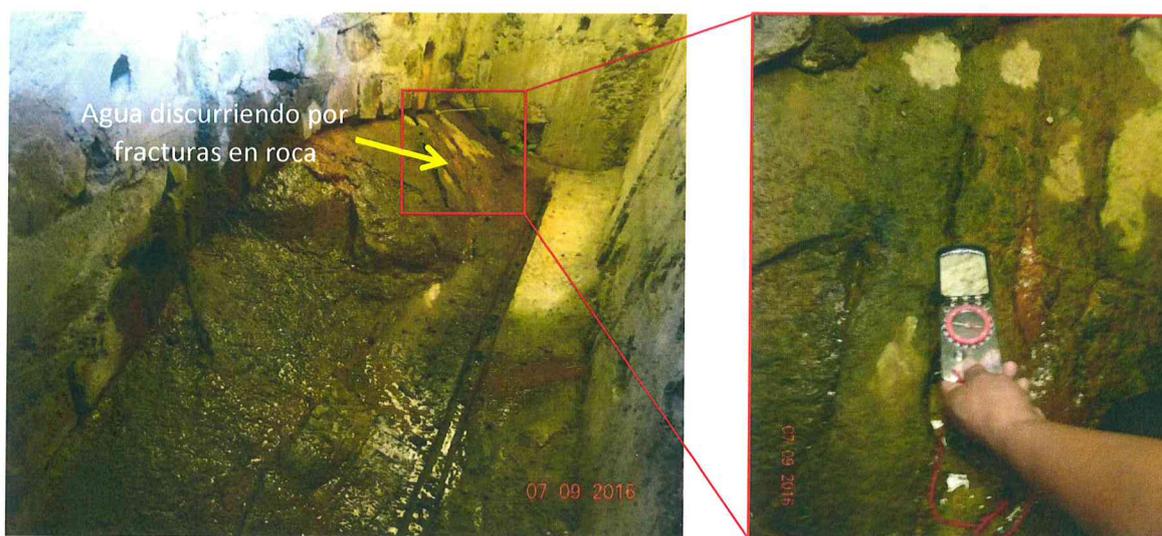
- **AGUA SUBTERRÁNEA**

El agua subterránea en la localidad de San Juan de Oro juega un papel importante en el deslizamiento en mención, ya que es la principal fuente de agua que discurre a través de fracturas del macizo rocoso que al encontrarse abiertas actúan como principales conductores de agua y activadores de presiones de poro. Asimismo, el agua, al hacerse presente dentro de una fractura, produce meteorización de sus paredes, debilitándolas y generando un alto rango de inestabilidad e susceptibilidad al movimiento.

El principal sistema de diaclasas (fracturas) que atraviesan toda el área de afectación y por el cual fluye gran cantidad de agua, que satura y erosiona los taludes siguen una dirección N80° (paralelas al deslizamiento) al (Ver Fig. 12), cuyo caudal aumenta considerablemente durante épocas de lluvias intensas. Por ello se hace necesario realizar un estudio hidrogeológico, en cuyos modelos se tenga en cuenta las zonas de recarga, la localización, y las características del nivel freático en la zona de influencia del deslizamiento y zonas aledañas.

Tanto las aguas de escorrentía como las subterráneas en la localidad de San Juan del Oro, representan uno de los factores desencadenantes del peligro por remoción en masas debido a que:

- Contribuyen aumentando el nivel del peso del suelo y bloques rocosos.
- Disminuyen la resistencia por el agua absorbida, debido a que el agua absorbida fácilmente se adhiere a los bordes de las partículas de arcilla causando la disminución de la resistencia.
- Incremento de la presión de poros (agua en los intersticios).



**Fig. 12.** Agua subterránea drenando a través de fracturas en macizo rocoso cercana a la corona del deslizamiento y orientadas en dirección  $N80^{\circ}$  (dirección del talud); evidencia la existencia de flujos subterráneos que drenan y saturan de manera progresiva el terreno que se ven agravados durante temporadas de lluvias intensas. Área de influencia del C.E. Santa María Providencia.

En el área global de influencia del deslizamiento se han evaluado diferentes puntos de emanaciones de agua de alta a moderada magnitud, los cuales en algunos casos son canalizados y aprovechados como fuentes de abastecimiento. Sin embargo, en muchos puntos la surgencia de agua (ojos de aguas) se presentan en el interior de los inmuebles, generando empozamientos y daños en estructuras de cimentaciones, lo que hace necesario la implementación de obras de ingeniería para

la captación de agua subterráneas aflorantes en las partes altas de la localidad para hacer descender el nivel freático.



**Fig. 13.** Emanaciones de agua de naturaleza subterránea. **A.** Surgencia de agua en terrenos cercanos al C.E. Santa María Providencia **B.** Tanque de captación de aguas subterráneas con daños estructurales en sus muros. **C.** Emanaciones de aguas en zonas internas del mercado de San Juan del Oro **D.** Zona de captación de aguas subterráneas.

- **PESO QUE EJERCEN LAS CONSTRUCCIONES**

Otros de los factores y muy importante es la disminución de la capacidad portante de los suelos, debido al peso que ejercen las recientes construcciones. La expansión territorial, asociado a las recientes construcciones que en su mayoría se realizan sin contar con los estudios geotécnicos de mecánica de suelos y rocas, generan un sobrepeso (sobrecarga) en el talud que asociado a otros factores, contribuye generando inestabilidad en el talud.



**Fig. 14.** Efectos de las edificaciones sobre el talud de un deslizamiento. **A.** Esquema de taludes con falta de confinamiento lateral. **B.** Vivienda con fisuramientos e inclinación de muros. **C.** Ocurrencia de agrietamientos relacionados a esfuerzos de tensión.

## VII. VULNERABILIDAD Y ELEMENTOS EXPUESTOS

### VII.1. VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad, es el grado de resistencia o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales.

La vulnerabilidad de la localidad de San Juan del Oro, es el reflejo del estado individual y colectivo de sus elementos o tipos de orden físico, económico, social, científico y tecnológico, entre otros; los mismos que son dinámicos, es decir cambian continuamente con el tiempo, según su nivel de preparación, actitud, comportamiento, normas, condiciones socio-económicas y políticas en los individuos.

Para el tema de deslizamientos, la vulnerabilidad física se expresa también en la localización del centro poblado en una zona expuesta al peligro en cuestión. El problema está en que las viviendas y establecimientos públicos se han construido en zonas inestables, lo han hecho por carecer de opciones y por tanto, al haber sido empujados a tal decisión por las circunstancias económicas y sociales, difícilmente se podrían apartar de estos riesgos.

De acuerdo al Censo Nacional del 2007 la población urbana era de 3,843 entre hombres y mujeres tal como se muestra en el cuadro N° 01.

EDADES SIMPLES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Menores de 1 año	44	21	23
De 1 a 4 años	250	115	135
De 10 a 14 años	495	243	252
De 15 a 19 años	499	249	250
De 20 a 24 años	360	187	173
De 25 a 29 años	347	182	165
De 30 a 34 años	256	125	131
De 35 a 39 años	261	140	121
De 40 a 44 años	253	130	123
De 45 a 49 años	187	109	78
De 5 a 9 años	414	194	220
De 50 a 54 años	126	65	61
De 55 a 59 años	95	46	49
De 60 a 64 años	84	50	34
De 65 y más años	172	96	76
<b>TOTAL</b>	<b>3,843</b>	<b>1,952</b>	<b>1,891</b>

**CUADRO N° 01.** Población Urbana de San Juan Del Oro (Fuente: INEI 2007)

El casco urbano de la localidad de San Juan del Oro está conformado por seis barrios que son:

1. Barrio Nueva Esperanza
2. Barrio Tambopata
3. Barrio Central
4. Barrios Altos
5. Barrio Curva Alegre
6. Pueblo Joven

Durante el recorrido se observó que aproximadamente el 70% de las viviendas son tapia con cobertura de calamina, y el resto que es un 30% aproximadamente es de material noble. Asimismo, se observó que casi el 85% aprox. de las viviendas presenta fisuras o grietas tanto en las paredes como pisos.

De la totalidad de viviendas el 95% están destinadas a vivienda familiar, un 5% destinadas a vivienda y actividad económica.

Durante el reconocimiento se observó que la mayor cantidad de viviendas afectadas se localizan en los barrios de Nueva Esperanza, Barrio Central, Curva Alegre y Barrios Altos. (Ver Fig. 15)



**Fig. 15.** Distribución de los barrios en la localidad de San Juan del Oro.

En el sector Lagunillas se ubica el reservorio de agua que abastece de este líquido a aproximadamente 800 domicilios, pero hay un riesgo latente debido a que el reservorio presenta filtraciones de agua en una de sus paredes y una separación con el resto de la estructura; lo que significa un alto peligro para el pueblo, sobre todo para Barrios Altos si llegara a colapsar el reservorio debido al desplazamiento del suelo (**Ver Fig. 16**).



**Ver Fig. 16.** A. Puntos de filtración de agua del reservorio que abastece de agua. B. Desplazamiento del muro del reservorio.

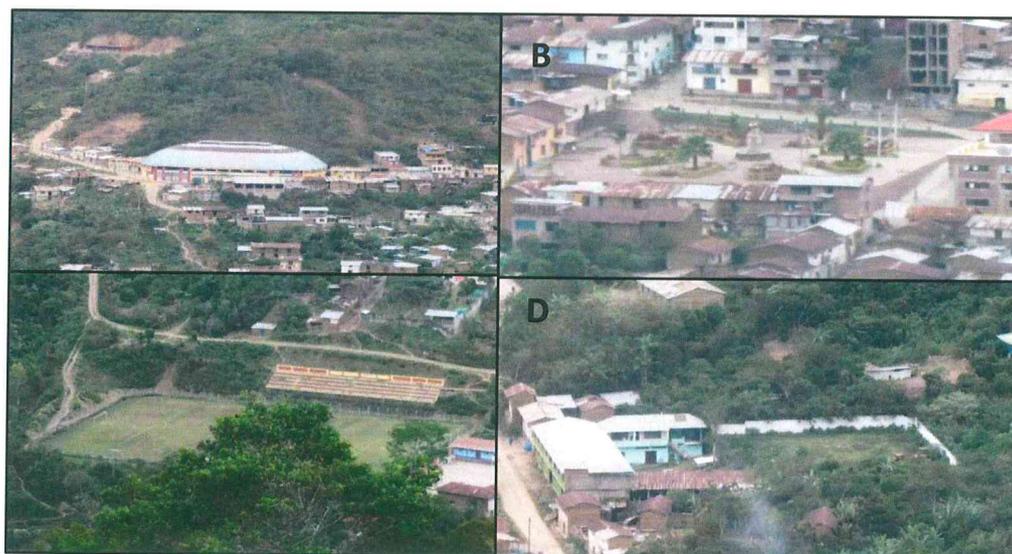
## VII.2. ELEMENTOS EXPUESTOS: ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS AFECTADOS

Entre los principales elementos expuestos se identificaron los siguientes establecimientos públicos que han sido afectados (**Ver Fig. 17**):

- Colegio Santísima Providencia: Esta institución educativa alberga una población escolar de 400 alumnos en los tres niveles (inicial, primaria y secundaria). Asimismo, en la noche funciona como CEPRO con un total de 61 alumnos.
- Local del ministerio de agricultura: El cual se encuentra ya deshabitado, pasando todos los empleados a la nueva sede ubicada en la ciudad de Sandía.
- Centro de Salud San Juan del Oro: Este establecimiento presenta fisuras en paredes de los diferentes ambientes del centro de salud, el Dr. Luis Renan Mamani encargado manifestó que trabajan 19 empleados entre personal administrativo y médico.
- El local de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandía (CECOVASA): Dicho local se encuentra deshabitado ya que la infraestructura presenta grietas tanto en pisos y paredes.







**Fig. 19.** *A. Coliseo de San Juan del Oro (Barrio Nueva Esperanza) B. Plaza de Armas (Barrio Central) C. Estadio Municipal (Barrio Tambopata) D. Área libre detrás de la Cooperativa. (Pueblo Joven)*

#### VII.4. ZONAS PARA POSIBLE REUBICACIÓN TEMPORAL

En la verificación que se efectuó en la zona se observó que no hay áreas que guarden la seguridad contra las condiciones adversas del clima y condiciones meteorológicas, las pocas áreas disponibles se ubican en áreas inundables y falda de cerros inestables.

Una de las alternativas para la ubicación de un albergue temporal es: la Comunidad de Challuma, que está ubicada al norte de San Juan del Oro y a 1,700 metros aprox. Hay que tener presente que dicha comunidad ha sido afectada por inundación del río Tambopata en la época de lluvias (noviembre - marzo); por lo que se tiene que efectuar obras de defensa en ambos márgenes del río, estas obras van a proteger a la población, infraestructura de servicios públicos, tierras de producción y otras contra las inundaciones y la acción erosiva del agua.

También se puede considerar el Estadio Municipal que se ubica en el Barrio Tambopata y el área adyacente al mismo (**Ver Fig. 18, C**).

## VII.5. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON MUY ALTO RIESGO

### BARRIO NUEVA ESPERANZA

ZONA CRÍTICA	01	UBICACIÓN	COLEGIO SANTA MARÍA PROVIDENCIA FE Y ALEGRÍA		
COORDENADAS	483137.67	8427773.21	ALTITUD	1396	
DAÑOS		ESTRUCTURAS EXPUESTAS			
Agrietamientos y desplazamiento en muros, columnas y pisos		Aulas de clase Salón de	Cancha de fútbol Carpintería, otros.		
DESCRIPCIÓN					
Daños estructurales considerables en muros de primer y segundo nivel de la institución San Juan del Oro. Se observaron agrietamientos en pisos, columnas, áreas verdes que comprometen desplazamientos de estructuras en dirección al movimiento del deslizamiento principal. Las grietas tensionales en el terreno en dicha área presentan aperturas hasta de ~ 10 cm, y ~30 m de longitud.					
FOTOGRAFÍAS					



**Foto 01.** Vista externa del C.E. Santa María de Providencia Fe y Alegría. Nótese los agrietamientos que afectan la fachada. Parte superior, separación horizontal de muros. Las flechas rojas indican la dirección de desplazamiento de muros debido a la activación del deslizamiento.



**Foto 02.** A. Desplazamientos horizontales que generan separación de muros. B. Fracturas en columnas C. Grietas tensionales en los pisos de las aulas del primer nivel. Presentan aperturas hasta de 5 cm, con 30 m de longitud. Representan un riesgo muy alto para la seguridad los alumnos y demás personal.



**Foto 03.** A. Desplazamiento horizontal (18 cm) de muros producto de activación de deslizamiento B. Agrietamientos en pisos que dejan expuestas tuberías. C. Fisuramientos y desplazamientos de muros como consecuencia de activación de deslizamiento. Las flechas rojas indican la dirección de movimiento del deslizamiento

<b>COORDENADAS</b>	483145	8427928	<b>ALTITUD</b>	1405
<b>DAÑOS</b>		<b>ESTRUCTURAS EXPUESTAS</b>		
Desplazamientos e inclinación de muros		Muros de reservorio, tuberías.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>				
El reservorio de Lagunillas abastece a ~8 mil personas, presenta desplazamientos considerables (~10 cm de apertura) en muros en dirección N196°, que comprometen la red de tuberías que abastecen a la localidad.				
<b>FOTOGRAFÍAS</b>				



**Foto 04.** Los círculos punteados muestran puntos de filtración de agua del reservorio. Las flechas rojas indican el desplazamiento de los muros del reservorio.

ZONA CRÍTICA	03	UBICACIÓN REF.	AV. AGRICULTURA		
COORDENADAS	483318		8427742	ALTITUD	1341
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Agrietamientos que comprometen desplazamientos de muros y columnas.			Viviendas, Comisaría.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
El local de la comisaria ha sufrido un hundimiento produciendo un fracturamiento de la pared posterior de concreto, las viviendas al igual que la comisaría que se ubican en el Av. Agricultura presentan fisuras de 1 a 3 cm en las paredes y grietas en el piso de 5 cm aprox. Asimismo, se ha observado un desplazamiento entre las viviendas que van de 0.10 a 0.80 m.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



**Foto 05.** A. Desplazamientos de muros de vivienda en 2 direcciones. B. Agrietamientos y desplazamiento de muros. C. Vivienda colapsada. En líneas punteadas negras se observa escape de deslizamiento.



**Foto 06.** Agrietamientos y desplazamientos de muros con presencia de humedad. Las flechas rojas indican la dirección del desplazamiento del deslizamiento.

<b>ZONA CRÍTICA</b>	<b>04</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>JR. SANDIA- JR.SAN JUAN- JR.TITICACA-JR LIMA</b>		
<b>COORDENADAS</b>	483375	8427742	<b>ALTITUD</b>	1335 m	
<b>DAÑOS</b>		<b>ESTRUCTURAS EXPUESTAS</b>			
Grietas, fisuras y desplazamiento		Viviendas			
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
<p>Las viviendas ubicadas en estos jirones presentan grietas y fisuras en muros y pisos, asimismo, muchas viviendas han sufrido hundimiento y desplazamiento de una distancia de que entre 1.00 a 0.80 m.</p> <p>Esto pone en riesgo a los moradores ya que aun en estas condiciones siguen habitando las viviendas, algunas familias han desalojado las casas por temor a que se suscite alguna desgracia.</p>					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



Foto 07. A. Asentamientos en viviendas B. Asentamientos (0.8 m) y desplazamientos horizontales hasta de 1.15 m. (Jr.Sandia)

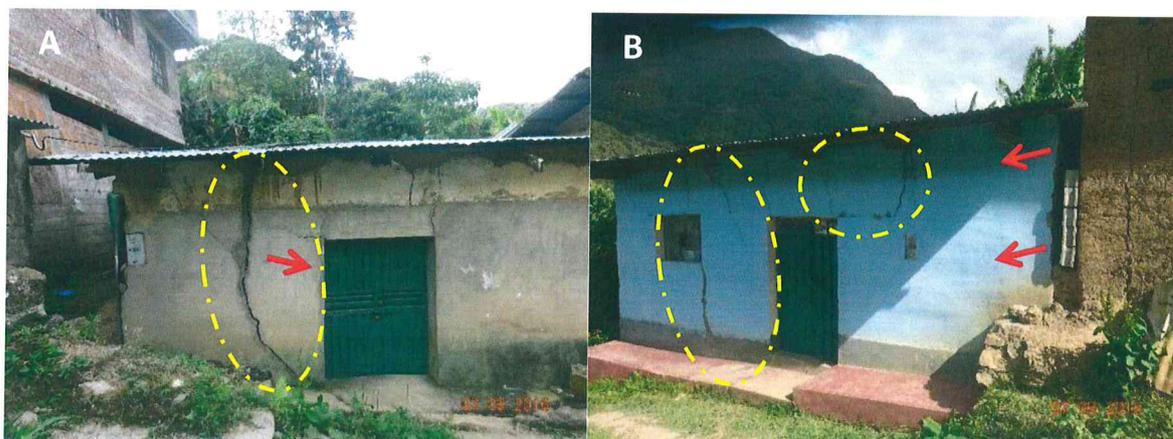


Foto 08. A y B. Rajadura y desviación de muros que afectan viviendas construidas a base de adobe (Jr. San Juan).



Foto 09. Asentamientos de Jr. Lima.

## BARRIOS ALTOS

ZONA CRÍTICA	05	UBICACIÓN	MERCADO MUNICIPAL (Av. Agricultura)		
COORDENADAS		483319	8427851	ALTITUD	1348
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Desplazamiento de muros, hundimientos surgencia de aguas subterráneas.			Muros, columnas, cimentación.		
DESCRIPCIÓN					
Desplazamiento horizontal y vertical de columnas y muros. La reciente construcción presenta daños desde el 2014, fecha en la que quedó paralizada la obra. Se hace evidente la surgencia de aguas subterráneas que compromete parte de la cimentación, generando hundimientos. Las columnas muestran un desplazamiento hasta de 5 cm desde hace 2 años.					
FOTOGRAFÍAS					

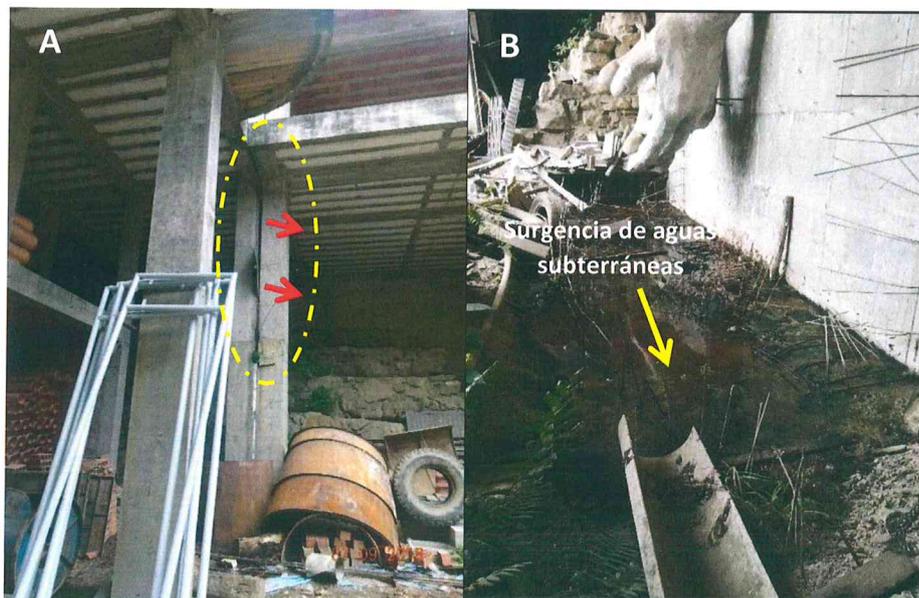
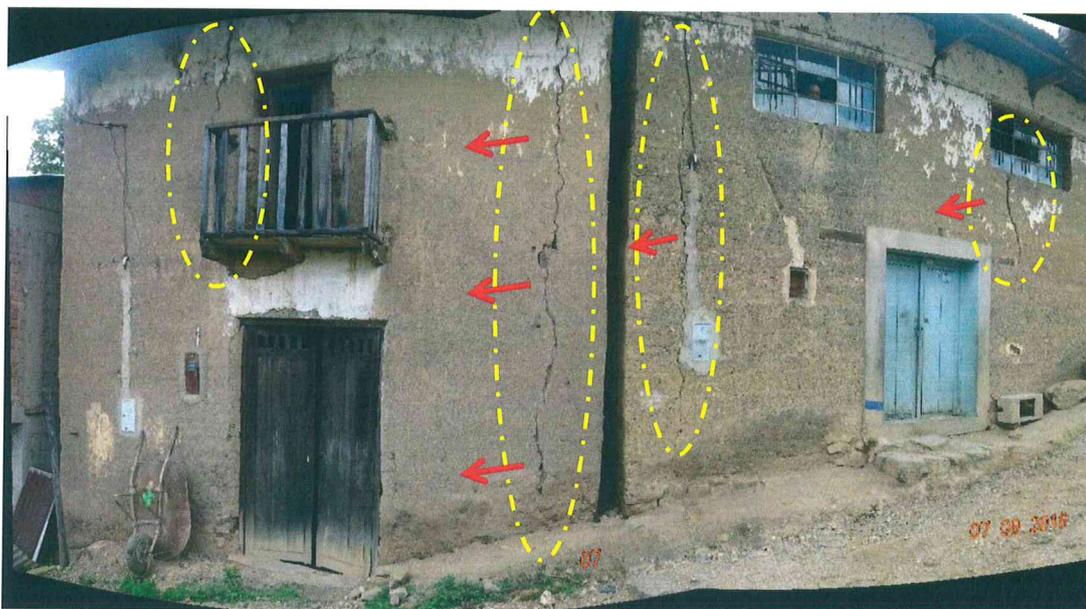


Foto 10. A. Desplazamiento horizontal de columnas. B. Surgencia de aguas subterráneas.

ZONA CRÍTICA	06	UBICACIÓN	Jr. AYAVIRI		
COORDENADAS		483304	8427908	ALTITUD	
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Agrietamientos en muros, pisos, calzadas.			Viviendas ubicadas		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
La mayoría de viviendas ubicadas en este sector presentan agrietamientos y fisuramientos paralelos y oblicuos en sus paredes. Siendo las más afectadas las construcciones a base de tapial. Las viviendas de material noble, en menor proporción presentan fisuramientos de consideración con desplazamientos de muros.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



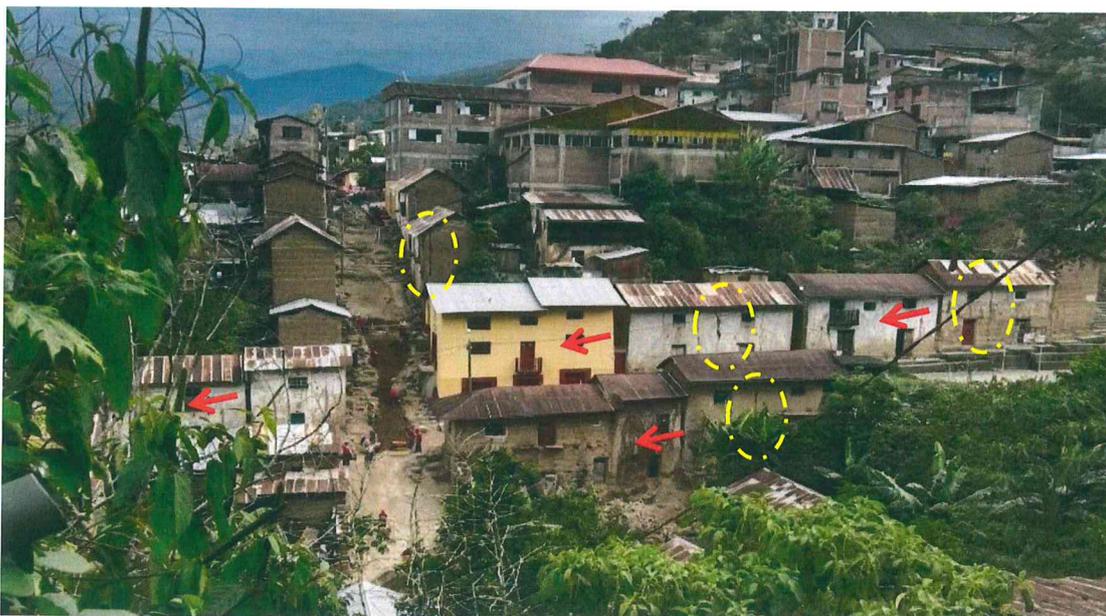
**Foto 11.** Agrietamientos verticales que afectan viviendas construidas a base de tapial. (Jr. Ayaviri)

## BARRIO CENTRAL

ZONA CRÍTICA	07	UBICACIÓN	JR. TAMBOPATA		
COORDENADAS		483435	8427848	ALTITUD	1319 m
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Grietas y fisuras en muros, piso y calzada.			Viviendas alrededor de la Plaza de Armas		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Las viviendas presentan fisuras en las paredes y desplazamiento de las viviendas dejando un espacio entre viviendas de 0.10 a 0.30 m. Asimismo, la plaza de armas presenta fisuras verticales que afectan gradería y jardines.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



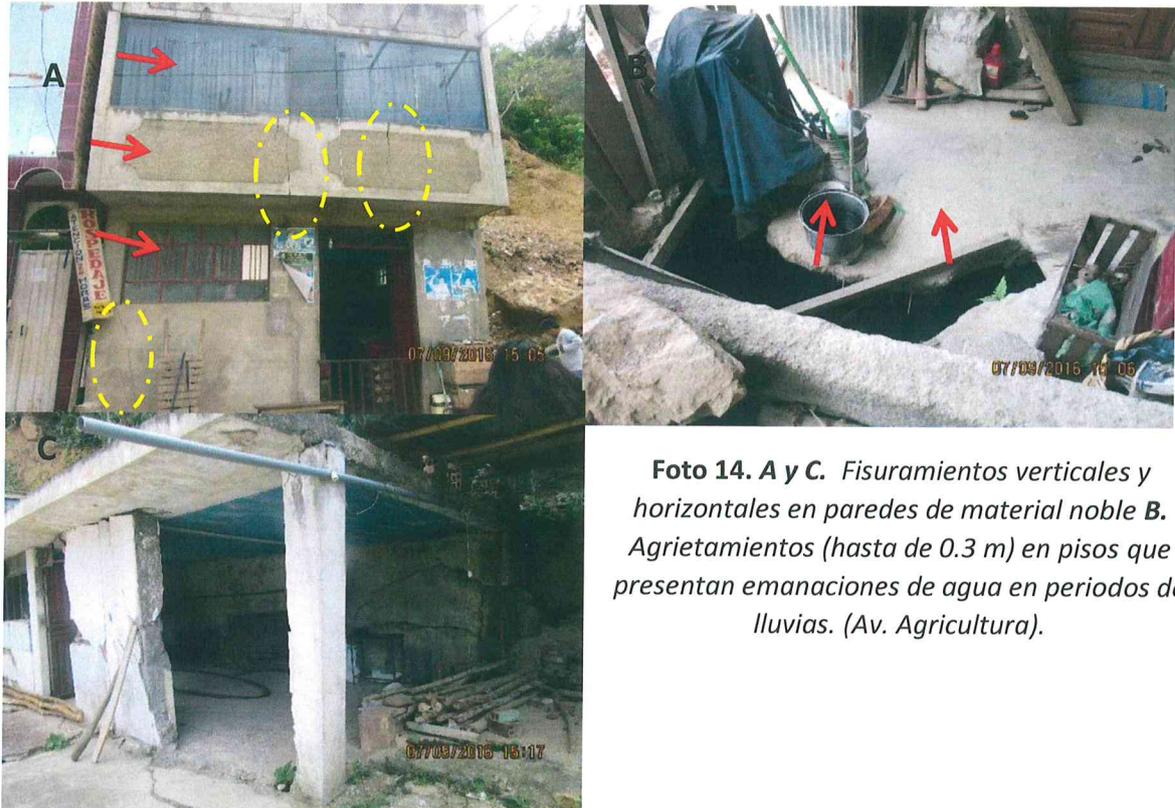
**Foto 12.** *A. Muros de adobe desplazados (Hasta 30 cm). B y C. Rupturas de cerco de jardines y graderías de la Plaza de Armas.*



**Foto13.** Vista panorámica del Barrio Central (Espalda de la Municipalidad). Las flechas indican dirección de movimiento de deslizamiento. Los círculos punteados señalan agrietamientos en muros.

#### BARRIO CURVA ALEGRE

<b>ZONA CRÍTICA</b>	<b>08</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>AV. AGRICULTURA</b>		
<b>COORDENADAS</b>		483341	8427938	<b>ALTITUD</b>	1346
<b>DAÑOS</b>			<b>ESTRUCTURAS EXPUESTAS</b>		
Agrietamiento en muros, pisos, colapso de viviendas y afloramiento de agua.			Viviendas y entidades públicas (Centro de Salud, Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandía (CECOVASA).		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
La mayoría de viviendas ubicadas en este barrio presentan agrietamientos y fisuramientos paralelos y oblicuos en sus paredes. Siendo las más afectadas las construcciones a base de tapial. Las viviendas de material noble, presentan fisuramientos y grietas de consideración tanto en muros y pisos; asimismo, sus muros se encuentran desplazados, presentando una evidente activación del deslizamiento, varias viviendas tanto de tapial como material noble han colapsado.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



**Foto 14. A y C.** Fisuramientos verticales y horizontales en paredes de material noble **B.** Agrietamientos (hasta de 0.3 m) en pisos que presentan emanaciones de agua en periodos de lluvias. (Av. Agricultura).

ZONA CRÍTICA	09	UBICACIÓN	PROLONGACIÓN AV. AGRICULTURA		
COORDENADAS		483391	8427991	ALTITUD	1346
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Agrietamiento y fisuras en muros, pisos.			Centro de Salud San Juan del Oro		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
El Centro de Salud San Juan del Oro, presenta fisuras en muros y pisos de los diferentes ambientes: sala de partos, sala de hospitalización, cuna radiante área dedicada a la atención del recién nacido.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



Foto 15. A y B. Agrietamientos verticales en paredes del Centro de Salud.

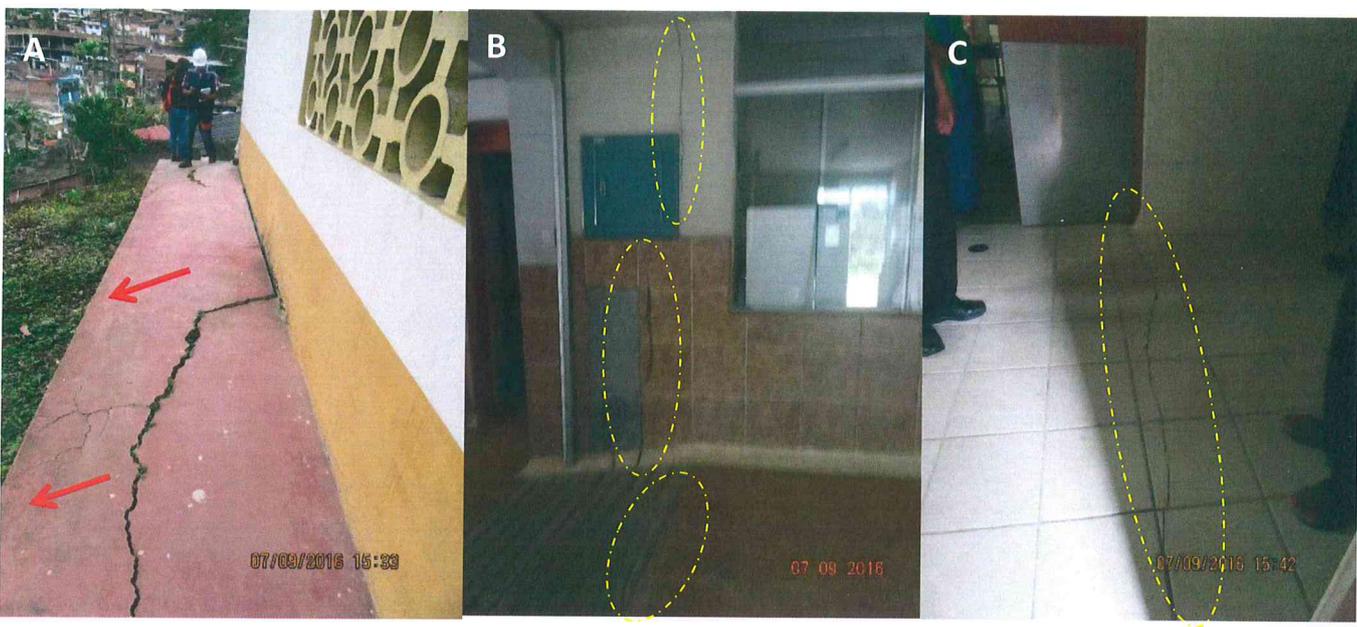
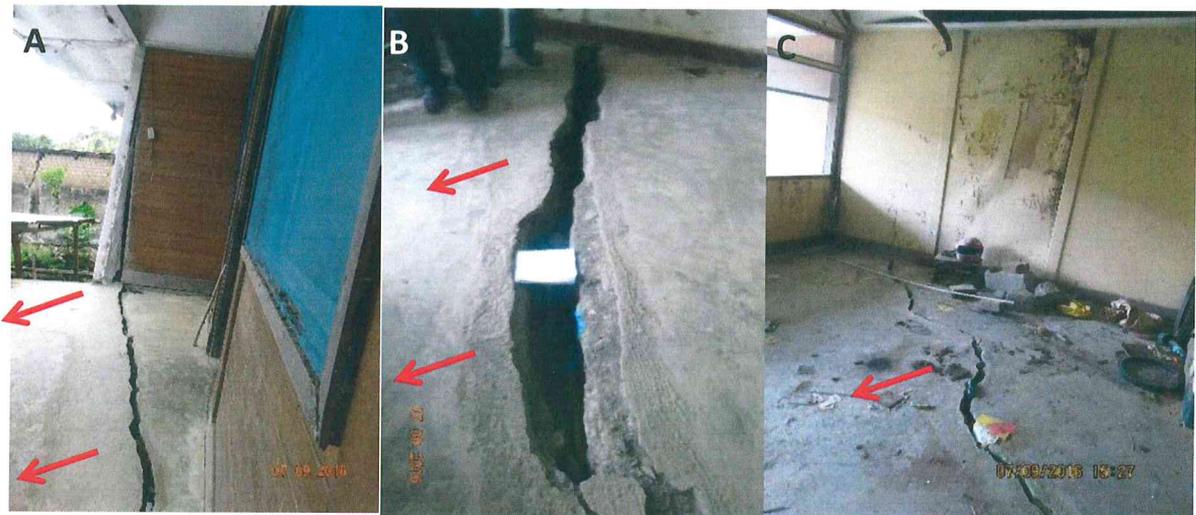


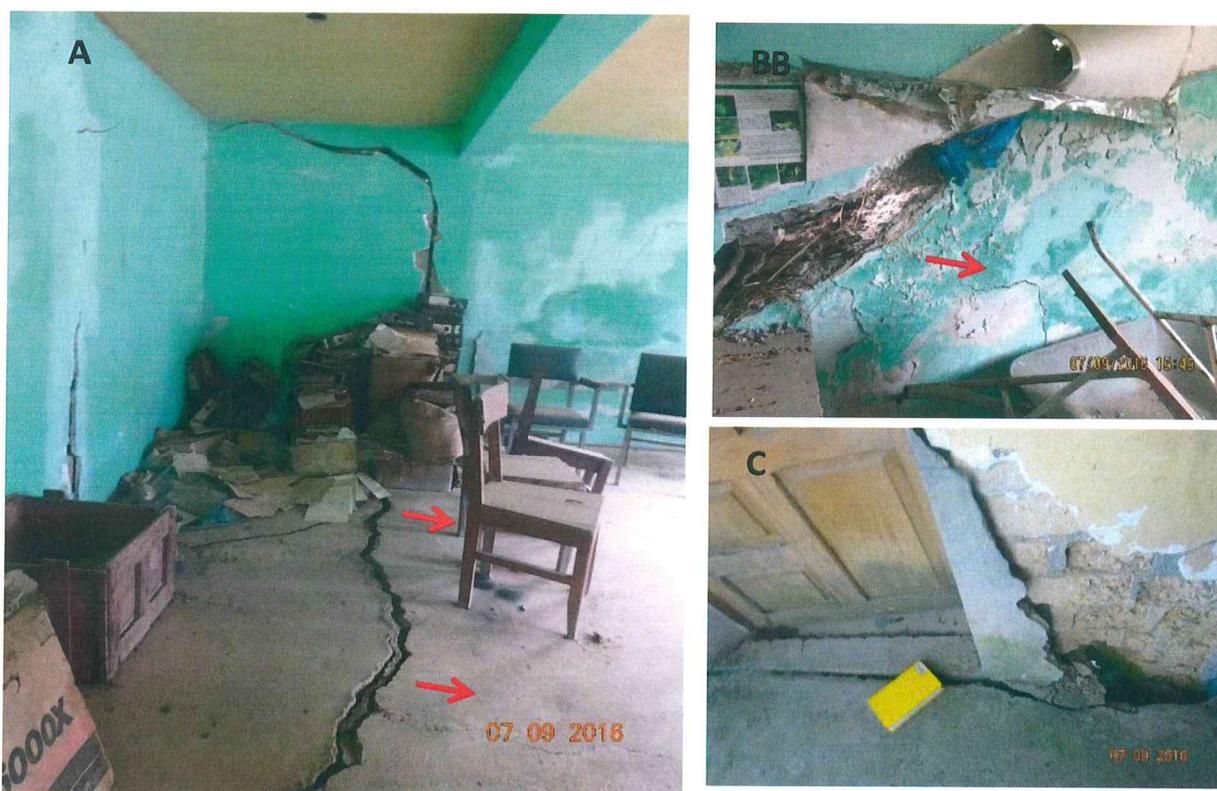
Foto 16. A.B.C. Agrietamientos y fisuramientos en pisos y muros. (Centro de Salud)

ZONA CRÍTICA	10	UBICACIÓN	AV. AGRICULTURA		
COORDENADAS		483373	8427988	ALTITUD	1346
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Agrietamiento y fisuras en muros, pisos.			Ministerio de Agricultura - SENASA		
DESCRIPCIÓN					
Presenta agrietamientos y fisuramientos paralelos y oblicuos en muros y piso; debido al riesgo que presenta la estructura esta ha sido desocupada por los funcionarios del ministerio de agricultura.					
FOTOGRAFÍAS					



**Foto 17. A. B.C.** Agrietamientos en suelos y muros producto de deslizamiento. Las flechas en rojo indican dirección de movimiento del deslizamiento.

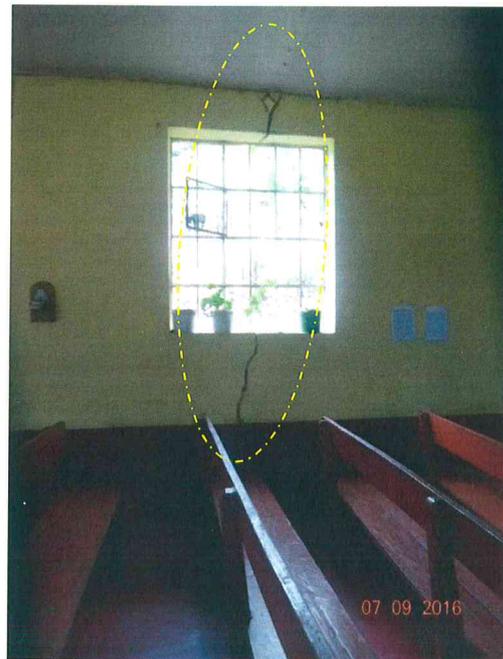
ZONA CRÍTICA	11	UBICACIÓN	AV. AGRICULTURA		
COORDENADAS		483416	8427988	ALTITUD	1346
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
C	Grietas en muros y pisos.		Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandía (CECOVASA)		
DESCRIPCIÓN					
Construcción de material noble que presenta grietas y fisuras en muros y pisos, esto ha motivado que la edificación sea un riesgo para sus ocupantes; por lo que la vivienda ha sido abandonada.					
FOTOGRAFÍAS					



**Foto 18. A.** Grietas en piso (Apertura: 5 cm, Largo: 15 m) **B y C.** Rajaduras con desplazamientos de muros de material noble. (SECOVASA)

#### PUEBLO JOVEN

ZONA CRÍTICA	12	UBICACIÓN	SECTOR PUEBLO JOVEN		
COORDENADAS		483608	8428153	ALTITUD	
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Grietas en muros y pisos.			Iglesia Adventista del Séptimo Día		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Esta edificación de material noble, se ubica en el sector Pueblo Joven; presenta agrietamientos y fisuramientos paralelos y oblicuos en paredes y pisos. Esto es un riesgo ya que los días sábados se congrega alrededor de 50 feligreses entre adultos y niños.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



**Foto 19. A.** Grietas en piso (Apertura: 4 cm, Largo: 15 m). **B.** Fisuramientos en paredes. (Apertura: 2 cm, Alto: 3 m).

ZONA CRÍTICA	13	UBICACIÓN	COOPERATIVA SAN JUAN DEL ORO		
COORDENADAS		483675	8428182	ALTITUD	
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Fisuras en paredes, presencia de humedad			Cooperativa cafetalera San Juan del Oro - Challuma		
DESCRIPCIÓN					
Esta estructura presenta fisuras leves en muros, no son de consideración. Se observó alto contenido de humedad en cimentaciones y muros debido a emanaciones de agua subterránea.					
FOTOGRAFÍAS					



**Foto 20.** En amarillo, fisuras leves. En rojo, alta presencia de humedad.

ZONA CRÍTICA	14	UBICACIÓN	AV. AGRICULTURA		
COORDENADAS		483556	8428119	ALTITUD	
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Grietas y hundimiento en el piso y muros.			Complejo Parque la Familia		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Presenta grietas y hundimiento en el piso de la canchita de grass sintético, también se observaron desviación en muros y columnas. Presentan grietas con Apertura: 5.5 cm, Largo: 15 – 30 m.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					

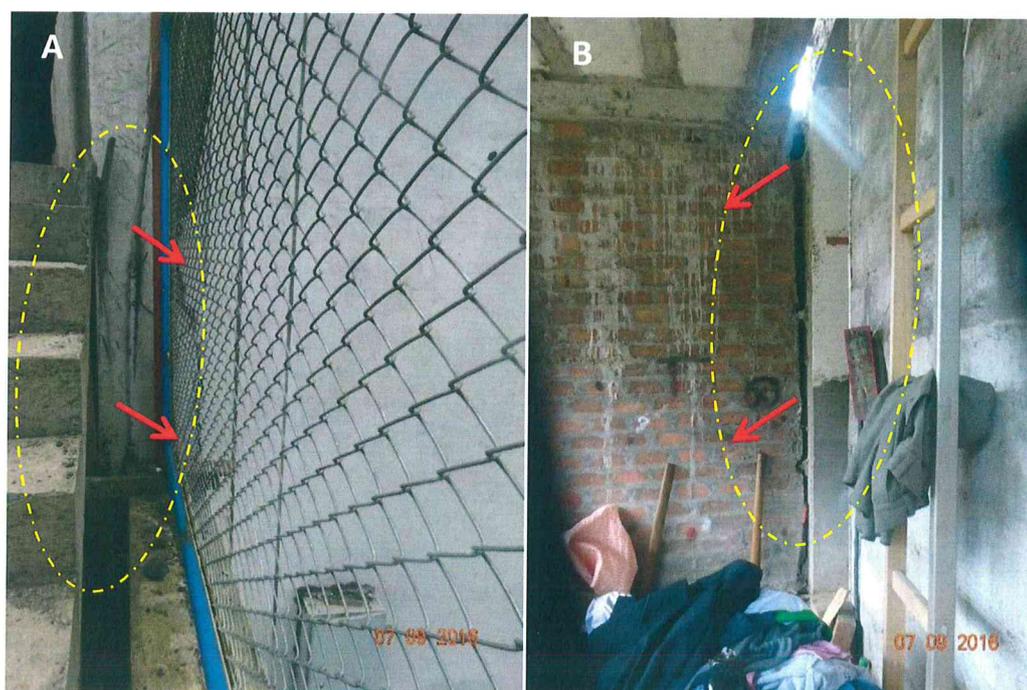


Foto 21. A y B. Desviación de muros y columnas.



Foto 22. A y B. Agrietamientos producto del hundimientos en las veredas y cancha de futbol.

#### BARRIO TAMBOPATA

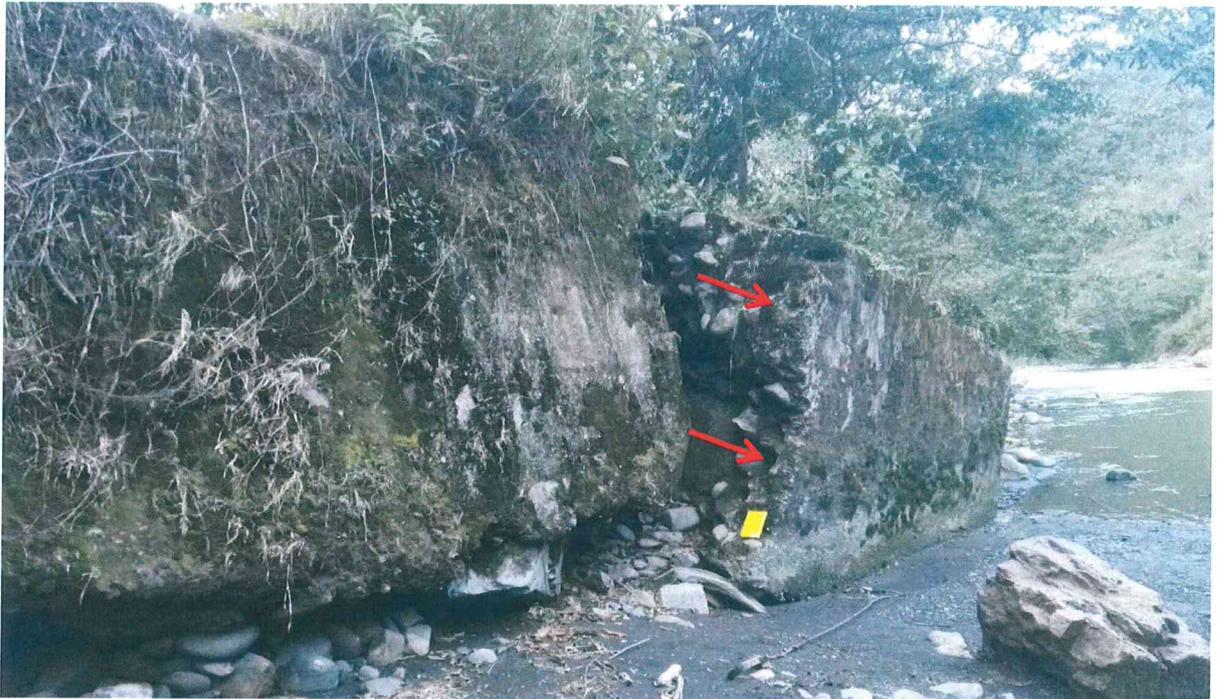
ZONA CRÍTICA	15	UBICACIÓN	BARRIO TAMBOPATA		
COORDENADAS		483658	8427762	ALTITUD	1259 m
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Grietas y hundimiento en el piso del estadio			C.E. Centro Base/Estadio Municipal		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Estadio Municipal presenta hundimiento y grietas paralelas al río Tambopata debido a la erosión de las riberas. En cuanto al C.E. Centro Base, se observó que presenta rajaduras en muros y es susceptible a inundación.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



Foto 23. A y B. Hundimientos en Estadio Municipal. C. Daños en muros de adobe del C.E. Centro Base.

ZONA CRÍTICA	15	UBICACIÓN	PTE BOTIJANI (BARRIO TAMBOPATA)		
COORDENADAS	483790	8427375	ALTITUD	1217 m	
DAÑOS		ESTRUCTURAS EXPUESTAS			
Ruptura del muro de contención.		Muro de contención del margen izquierdo del río Tambopata a la altura del puente Botijani			
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Este muro fue instalado hace aproximadamente 20 años, se fracturó hace 5 años aproximadamente, lo que ha originado que durante la crecida del río Tambopata se erosione la ribera izquierda produciendo el hundimiento de una zona del estadio municipal.					

## FOTOGRAFÍAS



**Foto 24.** Ruptura de muro de contención por acción de sobrecarga del talud de deslizamiento. (Margen Izq. Río Tambopata, aguas abajo)



**Foto 25.** A. Emanaciones de agua subterráneas. (Base del deslizamiento). B. Manantial producto de acumulaciones de aguas subterráneas y de escorrentía. (Margen Izq. Río Tambopata).

<b>ZONA CRÍTICA</b>	<b>16</b>	<b>UBICACIÓN</b>	JR. JULIACA BARRIO TAMBOPATA		
<b>COORDENADAS</b>		483596	8427945	<b>ALTITUD</b>	1278 m
<b>DAÑOS</b>			<b>ESTRUCTURAS EXPUESTAS</b>		
Inundación			I.E. 342 San Juan de Oro - Inicial		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Durante la temporada de lluvias la Qda. Garrapata desborda inundando el patio y aulas ocasionando pérdidas de clases y material escolar.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



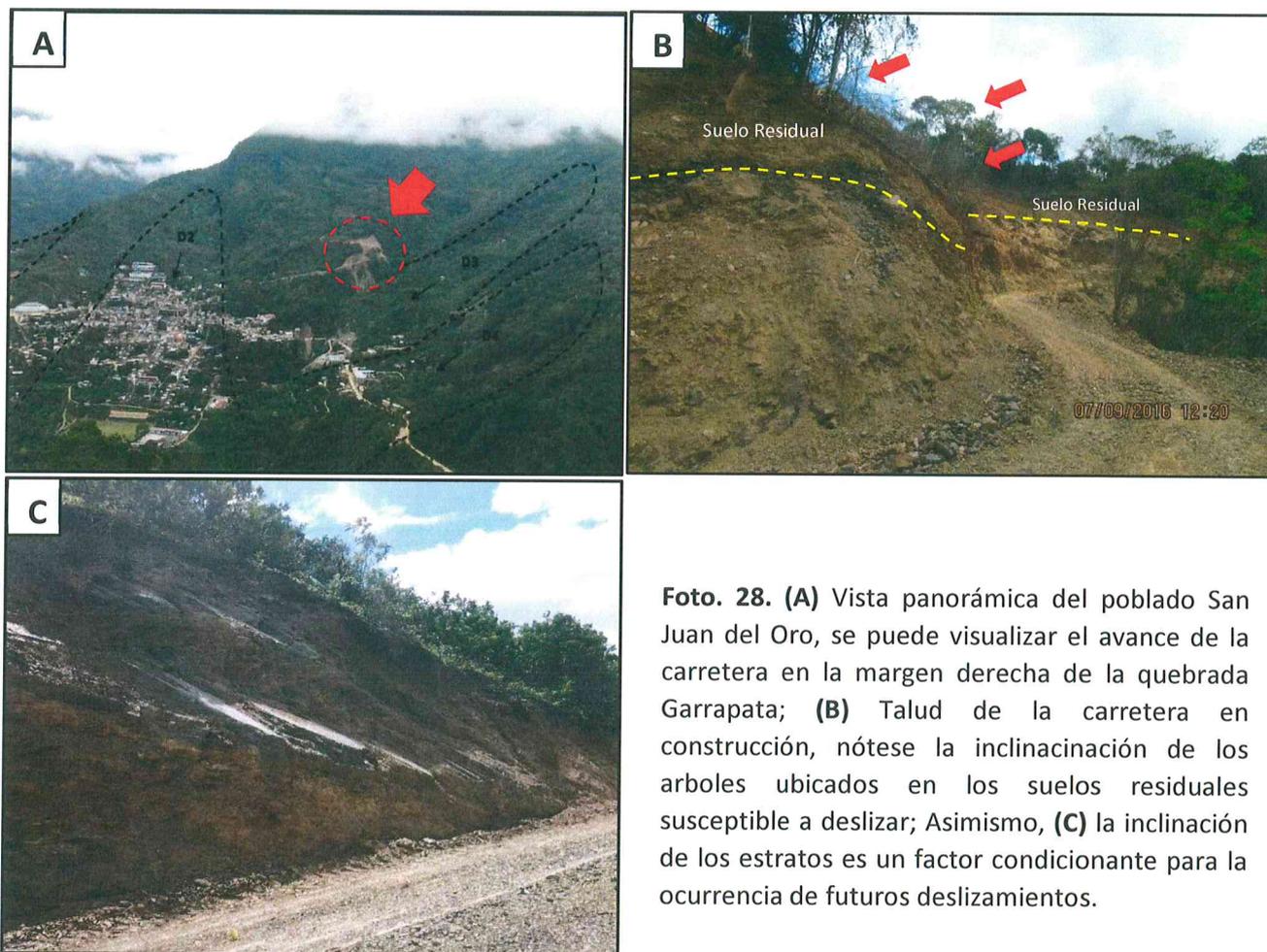
**Foto 26.** Confluencia de flujos de agua que inunda a la I.E. 342 (Barrio Tambopata).

ZONA CRÍTICA	17	UBICACIÓN	JR. AZÁNGARO - BARRIO TAMBOPATA		
COORDENADAS		483489	8427759	ALTITUD	1296
DAÑOS			ESTRUCTURAS EXPUESTAS		
Grietas y fisuras			Viviendas		
<b>DESCRIPCIÓN</b>					
Las viviendas ubicadas en este Jr. Azángaro, presentan grietas y fisuras de consideración, lo cual pone en muy alto riesgo a los habitantes viven y transitan.					
<b>FOTOGRAFÍAS</b>					



**Foto 27. A, B y C. Rajaduras oblicuas y verticales que afectan viviendas construidas a base de adobe.**

ZONA CRÍTICA	18	UBICACIÓN	MARGEN DERECHA DE LA QUEBRADA GARRAPATA
DAÑOS		ESTRUCTURAS EXPUESTAS	
Deslizamientos		Carretera Vecinal en construcción	
DESCRIPCIÓN			
Carretera en proceso de construcción, la cual se encuentra susceptible por deslizamientos; las características geológicas (materiales geológicos, buzamiento, entre otros) contribuyen a la generación de nuevos deslizamientos que afectaría dicha carretera.			
FOTOGRAFÍAS			



## X. CONCLUSIONES

- La localidad de San Juan del Oro se encuentra asentada sobre depósitos deluviales que se encuentran en taludes de pendiente moderada a fuerte, formando delgadas capas de suelo fino arcillo-limoso con pequeños fragmentos angulares rocosos de cubren a deslizamientos antiguos y macizo rocoso.
- El principal peligro al que se encuentra expuesta la localidad de San Juan del Oro, corresponde a fenómenos de remoción en masas como deslizamientos de tipo traslacional en rocas y reptación de suelos. Los que se encuentran estrechamente relacionados al tipo de roca (meta-cuarcitas y lutitas pizarrosas), las cuales se encuentran fracturadas en bloques, por cuyos planos de estratificación y diaclasas fluye agua subterránea, que meteoriza y lixivia la roca generando condiciones arcillosas que favorecen el movimiento de los bloques en dirección de la máxima pendiente del talud; hecho que se ve agravado durante épocas de precipitación.
- En cuanto a los fenómenos de reptación de suelos, se han observado áreas en diferentes puntos de la localidad que comprometen zonas no muy extensas con pendientes entre 5° a 15° (Barrios Altos, Nueva Esperanza y Curva Alegre), los cuales se hacen evidentes por la presencia de árboles inclinados en dirección del talud, suelo arcilloso. La pendiente y el tipo de suelo arcilloso hacen posible que el desplazamiento sea lento, generando hundimientos a través de los años.
- Debido a todos factores (naturales y antrópicos) antes mencionados, la localidad de San Juan del Oro se encuentra asentada sobre una zona muy susceptible a desencadenar procesos de remoción en masa, con activación de deslizamientos que constituyen un peligro inminente para la población, sobre todo durante periodos de lluvias intensas.
- Se ha identificado que uno de los principales factores que influye en la saturación y por ende en la inestabilidad del deslizamiento son las aguas de escorrentía, que la localidad no presenta un sistema de drenaje adecuado por lo que la infiltración es muy alta. Para el caso de las aguas subterráneas, estas son permanentes durante todo el año aumentado su caudal durante los meses de noviembre a abril, generalmente fluyen a través de discontinuidades (fracturas) en dirección N80° (paralela al deslizamiento), que se hace evidente debido a que las surgencias de agua (ojos de agua) se encuentran alineados siguiendo dicha dirección.

- En la parte baja del deslizamiento (margen izquierda del río Tambopata), **no es recomendable realizar medidas de contención de tipo mampostería o concreto armado de cimentaciones superficiales, debido a que una vez activado el deslizamiento cualquier medida de contención superficial no sería efectiva**, además que el río Tambopata durante época de crecida socavaría las bases de las estructuras.
- De acuerdo a la inspección, las viviendas que presentan daños de magnitud considerable corresponden a edificaciones construidas a base de tapial (~70%), en las cuales se hace más evidente los agrietamientos y fisuramientos, lo que ha ocasionado el colapso de muchas de ellas. En el caso de las edificaciones construidas a base de material noble, a pesar de ser más resistentes, también se ha observado severos daños estructurales en columnas, cimentaciones y muros (Ejm: C.E. Santísima Providencia, CEVASA, Complejo Familiar, Iglesia Adventista, entre otros).
- Más del ~80% de las viviendas y establecimientos públicos presentan daños estructurales de consideración en paredes (agrietamientos hasta de 80 cm), pisos y columnas; además se ha observado desplazamientos horizontales y verticales ( $H=1$  m y  $V= 0.8$  m) que comprometen zonas de hundimientos que durante épocas de lluvias intensas (Noviembre – Abril) ha provocado el colapso hasta de 5 viviendas por evento.
- De lo expuesto en el ítem anterior, se ha determinado que la mayor cantidad de viviendas afectadas corresponden a los barrios de Nueva Esperanza, Barrio Central, Barrios Altos y Curva Alegre. Sin embargo; en el Barrio Tambopata y en el Sector Pueblo Joven se han identificado daños estructurales en menor cantidad de viviendas.
- De las instituciones educativas más afectadas se encuentra el C.E. Santísima Providencia (Barrio Nueva Esperanza), donde ~50 % de la infraestructura se encuentra seriamente afectada, con presencia de agrietamientos y surgencias (emanaciones de agua) de aguas subterránea.
- El C.E. Jardín N°342 “San Juan del Oro”, es afectado severamente por inundaciones debido a la escorrentía de aguas en temporada de lluvia provenientes de la confluencia del canal de desagüe y Qda. Garrapata; siendo necesario tomar medidas urgentes de protección.
- En cuanto a la carretera vecinal en construcción, ubicada en la margen derecha de la quebrada Garrapata, se ha observado diferentes puntos susceptibles por movimientos en masas, los cuales se evidencian por la presencia de árboles inclinados en dirección del talud.

El buzamiento y el tipo de suelo arcilloso son factores condicionantes que generarán futuros deslizamientos de laderas.

- En el distrito de San Juan del Oro y zonas aledañas **no se han identificado áreas adecuadas para la reubicación temporal**, que brinden la seguridad necesaria ante una situación adversa a condiciones climáticas, debido a que las áreas colindantes son de geomorfología abrupta, con terrazas aluviales que no son recomendables para la reubicación por ser muy susceptibles a inundación y erosión fluvial.
- Finalmente, y por lo expuesto anteriormente, se concluye que la Localidad de San Juan del Oro se encuentra en una zona de **RIESGO MUY ALTO** debido al evidente **PELIGRO INMINENTE** que representan los fenómenos de remoción en masas (deslizamientos, reptación de suelos), asociado a la **VULNERABILIDAD MUY ALTA** en viviendas y establecimientos públicos.

## XI. RECOMENDACIONES

### *PARA EL GOBIERNO REGIONAL EN COORDINACIÓN CON LOS GOBIERNOS LOCALES*

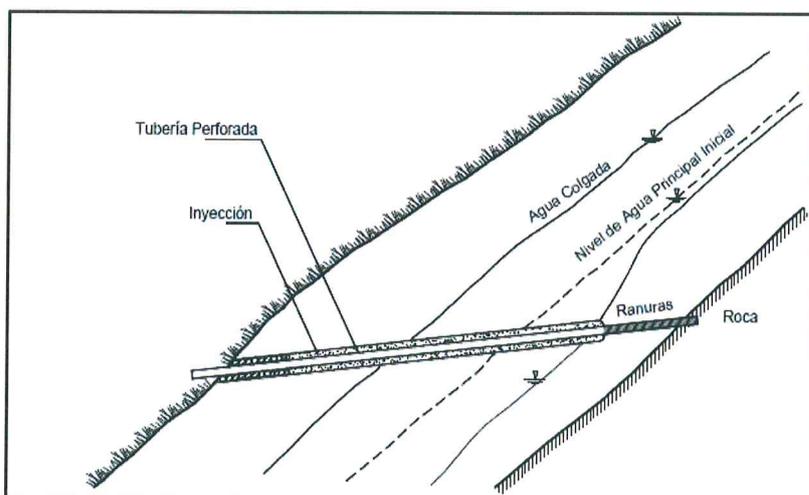
#### **ESTRUCTURALES**

##### **INMEDIATAS**

- Control de aguas de escorrentía y subterráneas, por considerarse como una de las técnicas más efectivas y económicas para la estabilización de las laderas. Para el control de las aguas de escorrentía se deberá implementar un sistema de drenaje según lo propuesto por el Estudio Técnico del INGEMMET, ya que el agua de escorrentía debe en lo posible desviarse antes de que penetre el área del deslizamiento o se infiltre en dirección del talud.
- El Gobierno Regional y Local en conjunto con la empresa que esta ejecutando la construcción de la carretera, deberán implementar estrategias de mitigación y prevención ante deslizamientos, debido a que se encuentra en una zona susceptible a este fenómeno natural.

##### **A MEDIANO Y LARGO PLAZO**

- Para el control de las aguas subterráneas que afloran en diferentes puntos de la ciudad, es muy importante realizar un estudio Hidrogeológico para determinar su régimen y fuente de recarga y realizar un adecuado control de ellas mediante la implementación de subdrenos horizontales de penetración, que serán ubicados en una cota de modo que se encuentre por debajo de la superficie de falla del deslizamiento. La dirección de las perforaciones dependerá exclusivamente de la localización de las diaclasas o discontinuidades por donde circula el flujo de agua; siendo el dren óptimo el que intercepte mayor cantidad de discontinuidades; dado que, según la información levantada en campo, la principal familia de discontinuidades por donde circula el agua subterránea tiene orientación paralela a la máxima pendiente del talud (N80°); por lo que se recomienda realizar la construcción en forma transversal al deslizamiento, con dren hacia la Qda. Garrapata. (Ver Fig. 18).



**Fig. 18.** Sub Dren horizontal de penetración.

- Para las futuras construcciones o reforzamiento de viviendas con daños, se deberá tener en cuenta en el análisis estructural de las cimentaciones de las edificaciones, ya que pueden ser controladas diseñando anclajes o estructuras de contención para poder soportar el peso y evitar la geodinámica del deslizamiento.
- Para tener el avance del deslizamiento activo, y posible encauzamiento del río Tambopata, es necesario realizar medidas de contención en las base del deslizamiento (Margen izquierda del río, aguas abajo), para lo cual se deberá tomar en cuenta la profundización de

las cimentaciones, que puede consistir en la construcción de pilas o pilotes a profundidad por debajo del material del suelo que pueda ser afectado por el avance del deslizamiento y la erosión del río Tambopata (Ver Fig. 19). Es importante precisar que **no es recomendable realizar muros de contención de tipo mampostería cuando el deslizamiento se encuentra en estado de activación.**

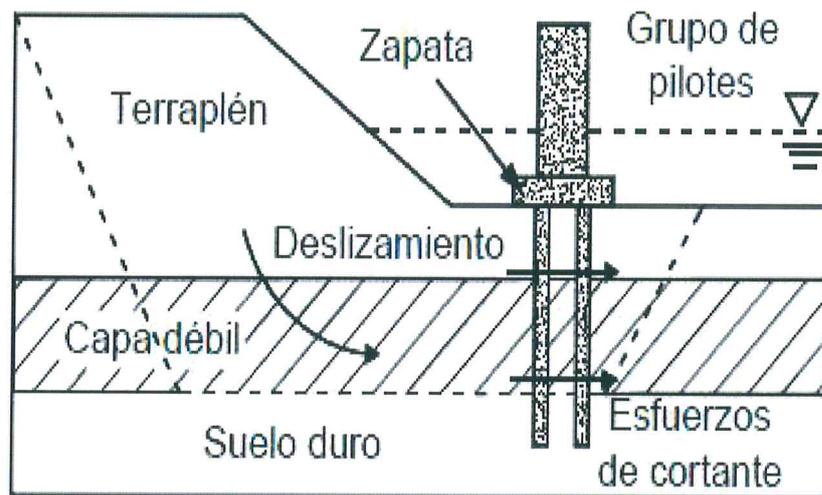


Fig. 19. Sub Dren horizontal de penetración.

#### NO ESTRUCTURALES

- Implementar su Grupo de Trabajo y Plataforma de Defensa Civil para que articulen la gestión prospectiva y correctiva ante la ocurrencia de un desastre. Ambos deberán contar con un Plan de Trabajo anual y reuniones permanentes.
- **El Gobierno Distrital en coordinación con el Gobierno Provincial**, específicamente el Área de Planeamiento Urbano, **deberán implementar un programa de reforzamiento y/o reparación de viviendas de material noble y tapial afectadas** por el proceso de reactivación del deslizamiento, tomando en consideración el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.080, E.060, E.030 y E.050.
- Para las viviendas que presenten daños de magnitudes considerables como agrietamientos, muros inclinados, pisos con grietas profundas, desplazamiento de muros como se observan

en los puntos críticos (**Ver Anexo 01, Mapa 03**) se deberá realizar la demolición y remoción de escombros ya sean a base de adobe o material noble. Las que presenten daños leves como fisuras superficiales en su estructura, deberán ser reparadas a fin de evitar daños mayores.

- Solicitar a las instituciones técnico-científicas (INGEMMET, IGP, otros) y/o consultoras externas que realicen estudios hidrogeológicos, geotécnicos y geofísicos (Método Tomografía Geoeléctrica 2D), a fin de realizar una caracterización adecuada del deslizamiento para poder ejecutar medidas efectivas de contención estructural a largo plazo.
- Realizar o poner en práctica su plan de contingencia ante la ocurrencia de eventos, teniendo en cuenta la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT), ejecución de simulacros, identificación y señalización de las rutas de evacuación y zonas de concentración.
- Incorporar en sus procesos de desarrollo e inversión pública los procesos de la GRD a fin de minimizar los daños ante eventos de similar característica que se puedan suscitar a futuro.
- Implementar en coordinación con las instituciones técnico-científicas el monitoreo instrumental de fenómenos de remoción en masas (deslizamiento, reptación, huaycos, inundaciones, otros) que se presenten en el área afectada, a fin prevenir a la población ante una posible reactivación del fenómeno.
- Informar a la población sobre las medidas de prevención ante la reactivación de los deslizamientos en la zona.
- En laderas susceptibles a deslizamientos se deberá prohibir las actividades que puedan generar infiltración de agua (como piscinas, pozos sépticos) y sobrecarga del talud como construcciones de material noble que superen el segundo nivel y que se realicen sin contar con la ayuda de estudios de suelos y especialistas competentes en el tema.

#### **PARA DDI**

- La DDI deberá brindar asesoría técnica a las autoridades y funcionarios del distrito de San Juan del Oro en temas relacionados a los peligros recurrentes en la zona, sobre las medidas de preparación, respuesta y rehabilitación. Así como en temas relacionados al fondo de

contingencia y/o formas de obtener recursos para realizar una mejor gestión del Riesgo de desastres en su jurisdicción.

- La DDI monitoreará las acciones del Gobierno Regional y Local en lo concerniente a las recomendaciones expuestas.

### **POBLACIÓN**

- Participar activamente en las actividades que realiza la DDI y los diferentes sectores, relacionados a la rehabilitación de los servicios básicos.
- Mantenerse permanentemente informado sobre las recomendaciones o el estado de la situación que emita la DDI y/o Gobierno Local.
- Tomar las medidas de prevención al circular por las vías de acceso, debido a que muchas de las zonas son susceptibles a presentar movimientos en masa.
- No exponerse en zonas de riesgo por deslizamiento, en especial en las zonas de ladera susceptibles a movimientos en masa.

## **XII. BIBLIOGRAFÍA**

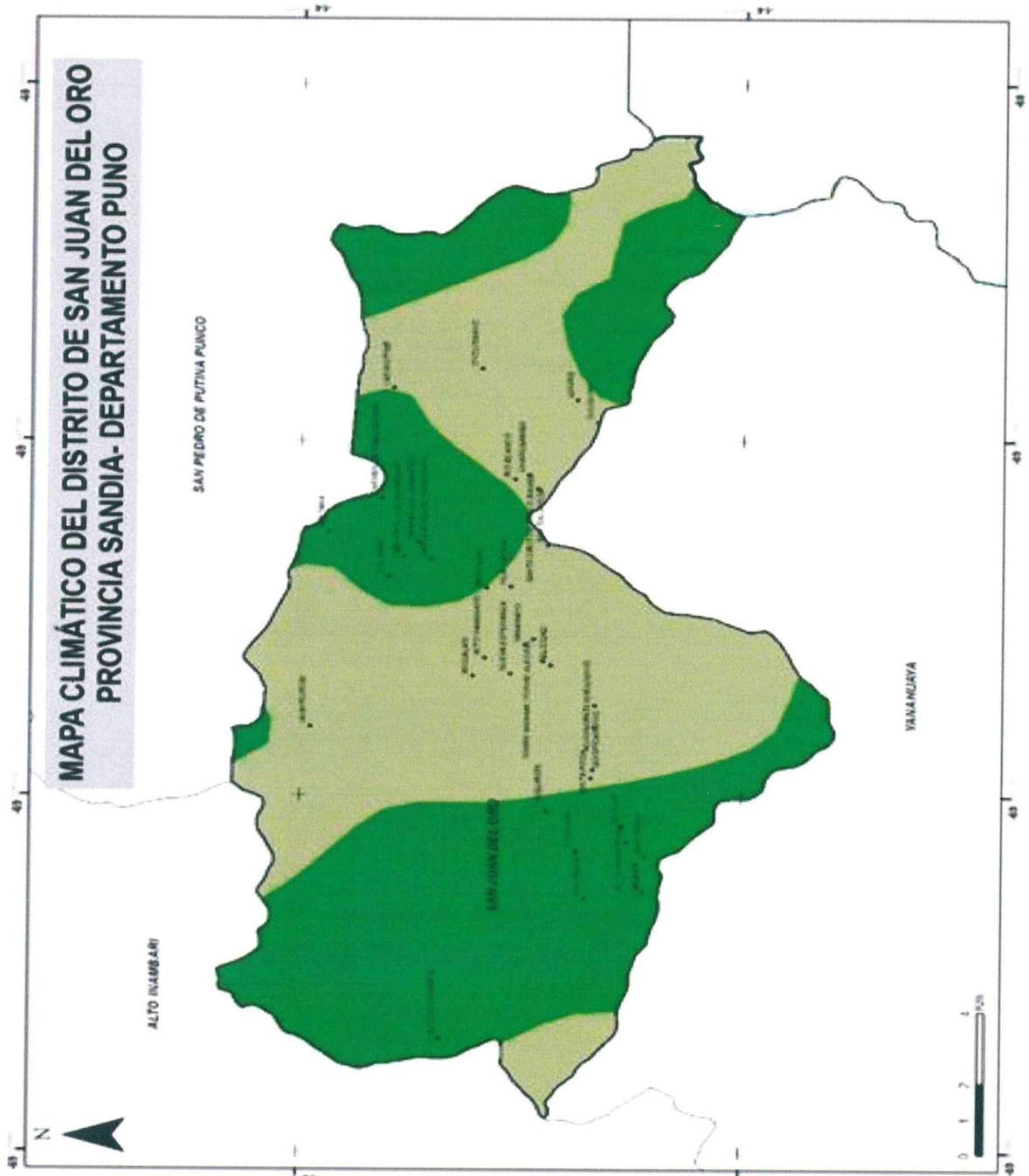
Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2011). "Guía Instructiva de Recomendaciones Estructurales". CUADERNO TÉCNICO N° 06, 13 p. Lima, Perú.

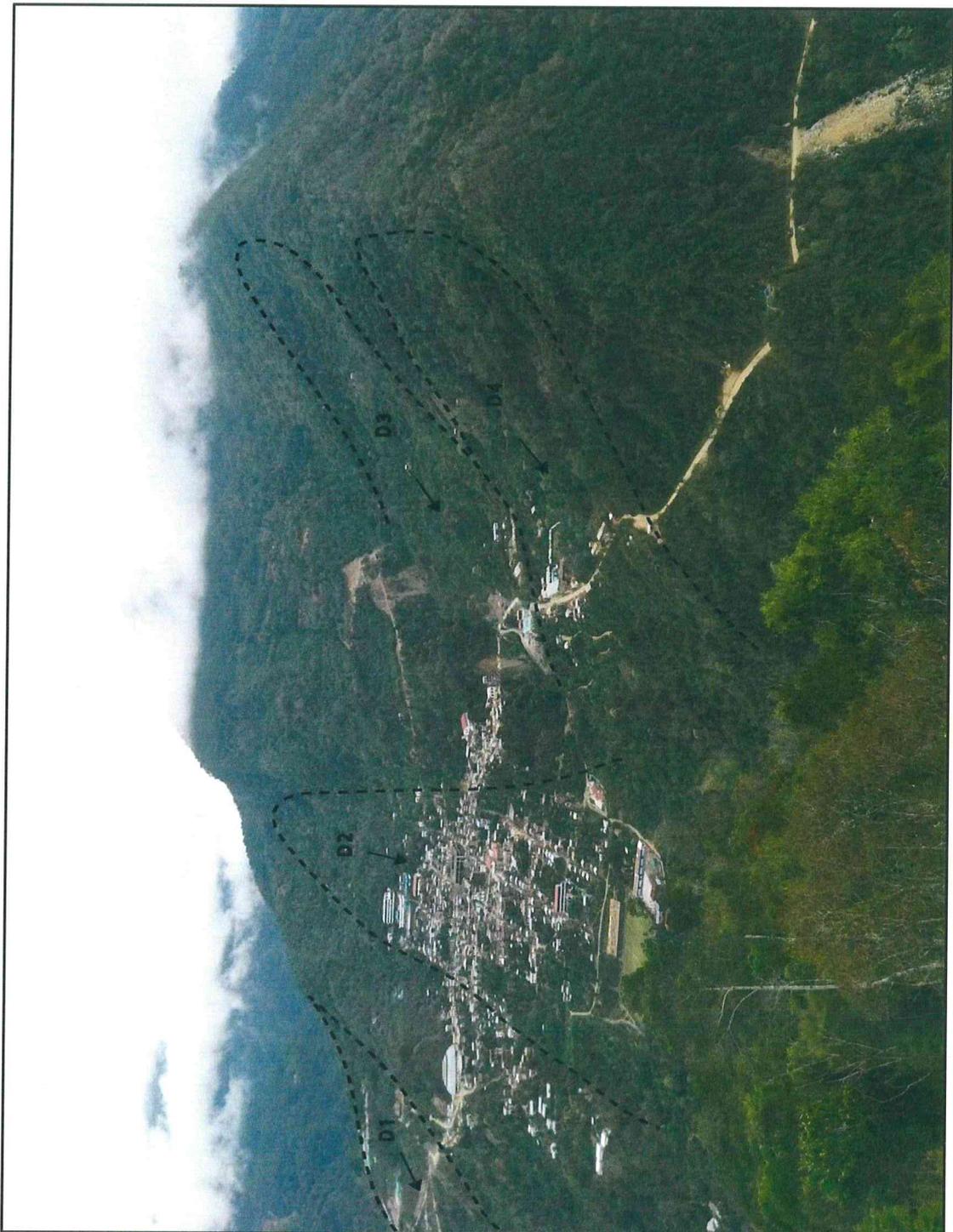
INDECI (2016). "Protocolo para Instalación de Albergues".

- INDECI (2006). *“Manual Básico para la Estimación del Riesgo, Instituto Nacional de Defensa Civil, Lima – Perú”*.
- Suarez, J. (2013). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*.
- González de Vallejo, L.; Ferrer, M; Ortuño, L. (2002). *“Ingeniería Geológica”*. PEARSON EDUCACIÓN, 625-633 p. Madrid, España.
- Sanchez, A. & Zapata, A. (2001) *Mapa Geológico del Cuadrángulo de Sandia*. INGEMMET.
- Varnes, D (1979). *“Slope Movement Types and Processes”*. Chapter 2, 11-24 p.
- The United States Geological Survey - USGS (2014). *“Landslide Types and Processes”*. <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>.
- Ogbonnaya, I. (2015). *The Geotechnical Characteristics of landslides on the Sedimentary and Metamorphic Terrains of South-East Nigeria, West África*.

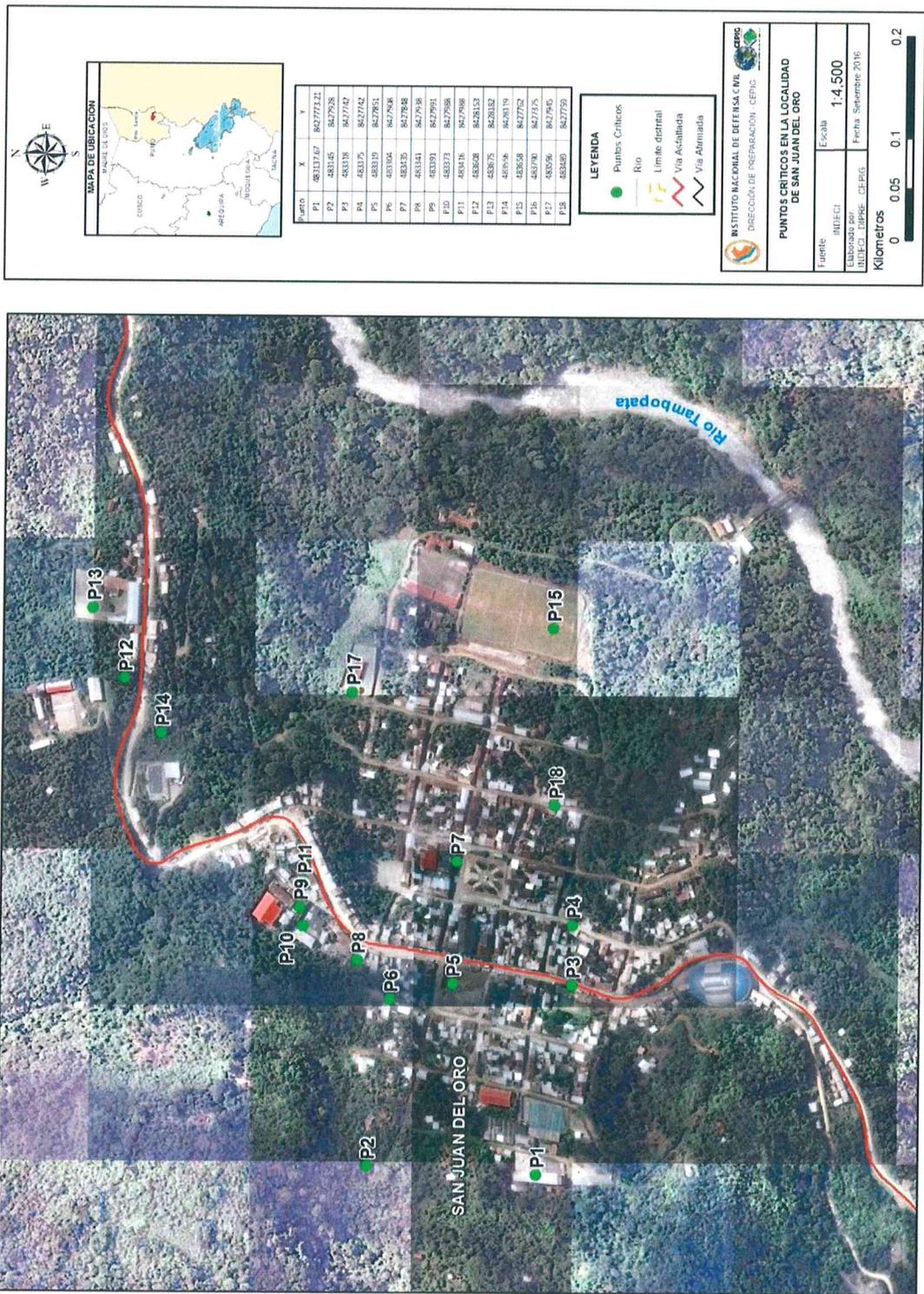
### XIII. ANEXOS

#### ANEXO 1: MAPAS





**Mapa 02.** Mapa mostrando los principales deslizamientos que afectan la localidad San Juan del Oro.



Mapa 03. Mapa mostrando los principales puntos críticos.