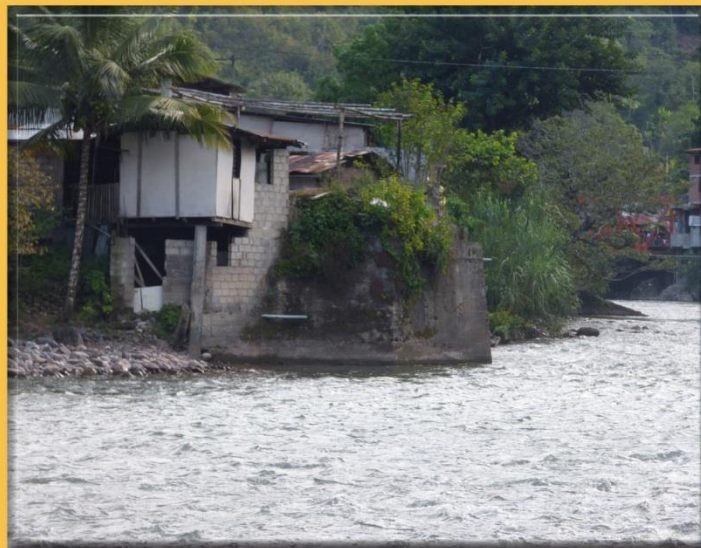


Informe Técnico N° A6844

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR PUENTE PAUCARTAMBO

Región Pasco
Provincia Oxapampa
Distrito Villa Rica
Paraje Puente Paucartambo



SEGUNDO NÚÑEZ
LUIS ALBINEZ

NOVIEMBRE
2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	2
3. ASPECTOS GENERALES	3
3.1. Ubicación y accesibilidad	3
3.2. Características de la zona de estudio	4
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	4
4.1. Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria.....	5
4.2. Terrazas y llanuras aluviales	5
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
5.1. Grupo Oriente.....	7
5.2. Formación Chonta	7
5.3. Depósitos aluviales.....	8
6. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS	9
6.1. Inundaciones y erosión fluvial.....	9
6.1.1. Erosión fluvial en los Sectores San Martín - Río la Sal y San Antonio - Río Entas	12
6.2. Flujos y crecida de detritos.....	13
6.2.1 Sectores San Martín y San Antonio	14
6.3. Caída de rocas.....	16
6.3.1. Puente Paucartambo - Carretera	17
6.4. Deslizamientos	18
6.4.1. Puente Paucartambo	18
6.5. Estado actual de la localidad de Puente Paucartambo	21
6.6. Condiciones actuales del Puente La Sal	21
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23
REFERENCIAS	24

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR PUENTE PAUCARTAMBO

(REGIÓN PASCO, PROVINCIA OXAPAMPA Y DISTRITO VILLA RICA)

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica al gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos en el marco de la Gestión de Riesgo de Desastre.

La Municipalidad Distrital de Villa Rica, mediante Oficio N°009-2018-PDTE-PDDC-M, solicitó al INGEMMET, la evaluación técnica de peligros de geológicos del sector Puente Paucartambo, a consecuencia de los recurrentes eventos geodinámicos que se presentan en este lugar.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó a los Ing. Segundo Nuñez y Luis Albinez. Para realizar la inspección técnica, se realizaron coordinaciones previas con personal del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI-Villa Rica y autoridades locales.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos:

- a) Recopilación de información, como antecedentes de eventos geodinámicos, geología del área, revisión de base de datos y preparación de mapas para los trabajos de campo.
- b) En campo, toma de datos insitu, fotografías y puntos GPS de control geológico, verificación del cartografiado geodinámicos.
- c) Reinterpretación de imágenes satelitales, cartografiado geodinámico final, interpretación de sats y redacción de informe final.

El presente informe se pone en consideración de la municipalidad distrital de Villa Rica, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades de la localidad de Puente Paucartambo y otras autoridades competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES

El centro poblado Puente Paucartambo es afectado por eventos geodinámicos en forma recurrente.

El año 1985, inundaciones y flujos afectaron un sector del pueblo, destruyó el local del Concejo Municipal, colegio y viviendas ubicadas en la llanura de inundación del río Paucartambo. El año 1990 el pueblo fue afectado por inundación provocada por el río Paucartambo, además por huaycos provenientes de las quebradas Sal y Entas (Fidel, *et al.* 2006).

Las intensas precipitaciones de los años 2006 y 2009 provocaron derrumbes, deslizamientos, flujos e inundaciones en la zona. El 2009, la inundación y flujos afectaron el centro educativo, locales comunales, viviendas, tramos carreteros, y terrenos de cultivo, entre otros. Los eventos del 2009, también generaron erosión fluvial en ambas márgenes de los estribos del puente, Quebrada Sal (Luque y Rosado 2013).

De acuerdo a reportes de INDECI, los años 2013 y 2014, se produjeron derrumbes y deslizamientos, que afectó viviendas y vías de comunicación a ambos lados de la zona del puente.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

El centro poblado Puente Paucartambo se encuentra en el límite sur de la región Pasco, provincia Oxapampa, distrito Villa Rica, en la afluencia de los ríos La Sal y Entas con el río Paucartambo (figura 1), a 780 m.s.n.m., en el ámbito de las coordenadas WGS84 – 18S: 468335.66 O; 8801871.83 N.

Se accede a la zona, desde Lima, siguiendo ruta Lima - La Oroya – Jauja - La Merced - Puente Paucartambo.

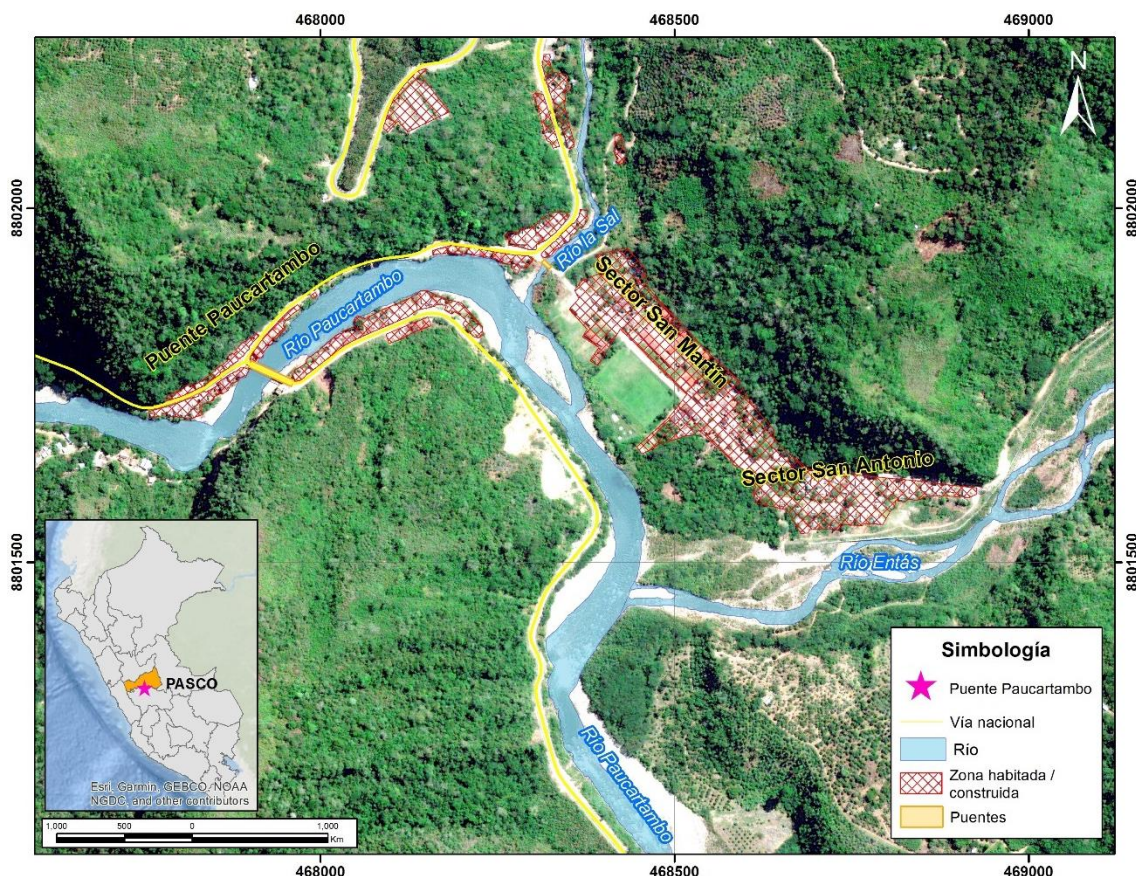


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

3.2. Características de la zona de estudio

El centro poblado Puente Paucartambo se encuentra en el límite con la región Junín, asentado sobre un abanico aluvial. Gran parte de la dinámica del lugar está controlada por los procesos morfogénéticos relacionados con la afluencia de los ríos Entas y La Sal con el río Paucartambo.

El río Paucartambo fluye de oeste a este por el valle del mismo nombre. Tiene sus nacientes en la cordillera oriental, en el flanco occidental de los nevados Huagurunchu y Tarata (Monge, R. *et al.*1996), desde donde recorre aproximadamente 110 km a través un relieve cordillerano, hasta su confluencia con el río Chanchamayo en la Faja Sub andina. Tiene un caudal estimado de 108.4 m³/s (OEA 1987). Los ríos Entas y La Sal nacen al norte de Villa Rica. Asimismo, el río La Sal debe su nombre por la alta salinidad de sus aguas.

Puente Paucartambo tiene un clima tropical. La temperatura media anual es de 22.7 °C y la precipitación anual acumulada es de 1 935mm. La mayor precipitación es en enero con un promedio de 255mm (figura 2).

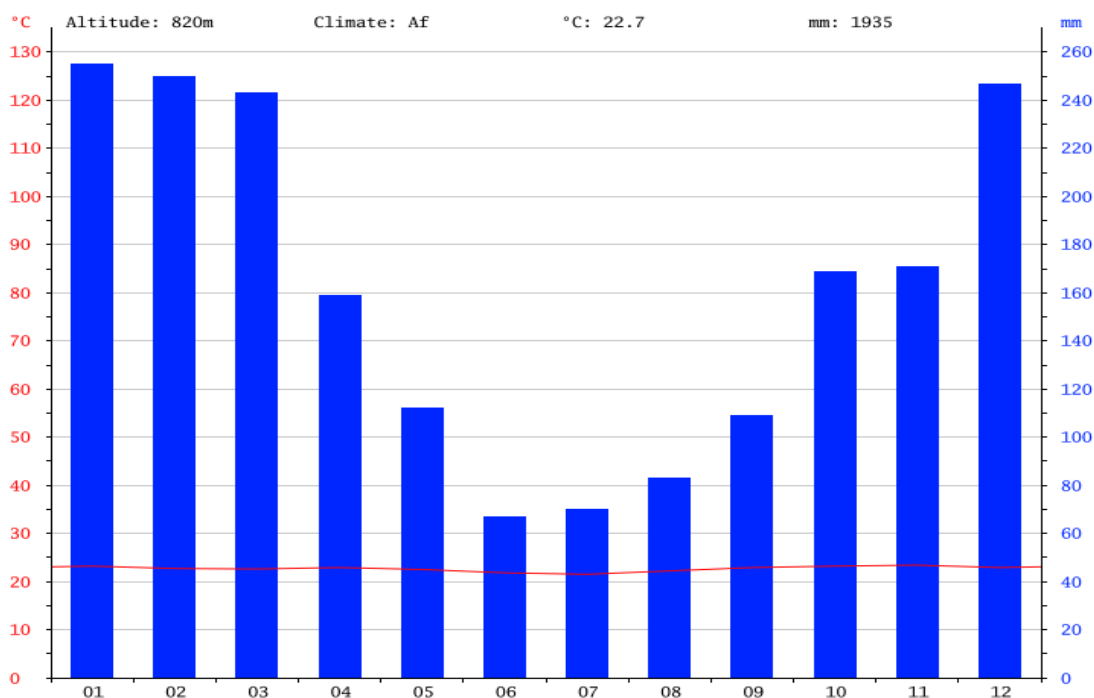


Figura 2. Climograma de Puente Paucartambo. Fuente: Climate-Data.org

Las principales actividades locales están relacionadas con el cultivo de frutales, cafetales y comercio en carretera y puente Paucartambo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La morfología local está caracterizada por la presencia de montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria, terrazas y llanuras aluviales (Luque *et al.* 2013).

4.1. Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria

Esta unidad geomorfológica está caracterizada por afloramientos de rocas de origen sedimentario, afectados por procesos tectónicos y erosivos, formados por rocas sedimentarias: conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretáceo. El drenaje es paralelo y su disposición está controlada por pliegues y fallas. La inclinación de las laderas está controlada por el buzamiento de las capas, variando de moderadas a muy abruptas (Luque *et al* 2013).

La población de Puente Paucartambo está asentada sobre terrazas y la llanura aluvial (foto 1).



Foto 1. Relieve montañoso / colinado modelado en rocas sedimentarias. Localidad de Puente Paucartambo.

4.2. Terrazas y llanuras aluviales

Las **terrazas aluviales** son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas (Vilchez *et al.*, 2013).

La **llanura aluvial** la constituyen terrenos adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, removible (Vilchez *et al.*, 2013).

La mayor parte del centro poblado se encuentra emplazado sobre estas unidades (figura 3).



Figura 3. Terrazas y llanura aluvial en la localidad de Puente Paucartambo. Foto INDECI - Villa Rica.

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El substrato rocoso en la zona está conformado por secuencias sedimentarias del Grupo Oriente, Formación Chonta, así como de una cobertura superficial compuesta por depósitos aluviales (Monge *et al.*, 1996) (figura 4).

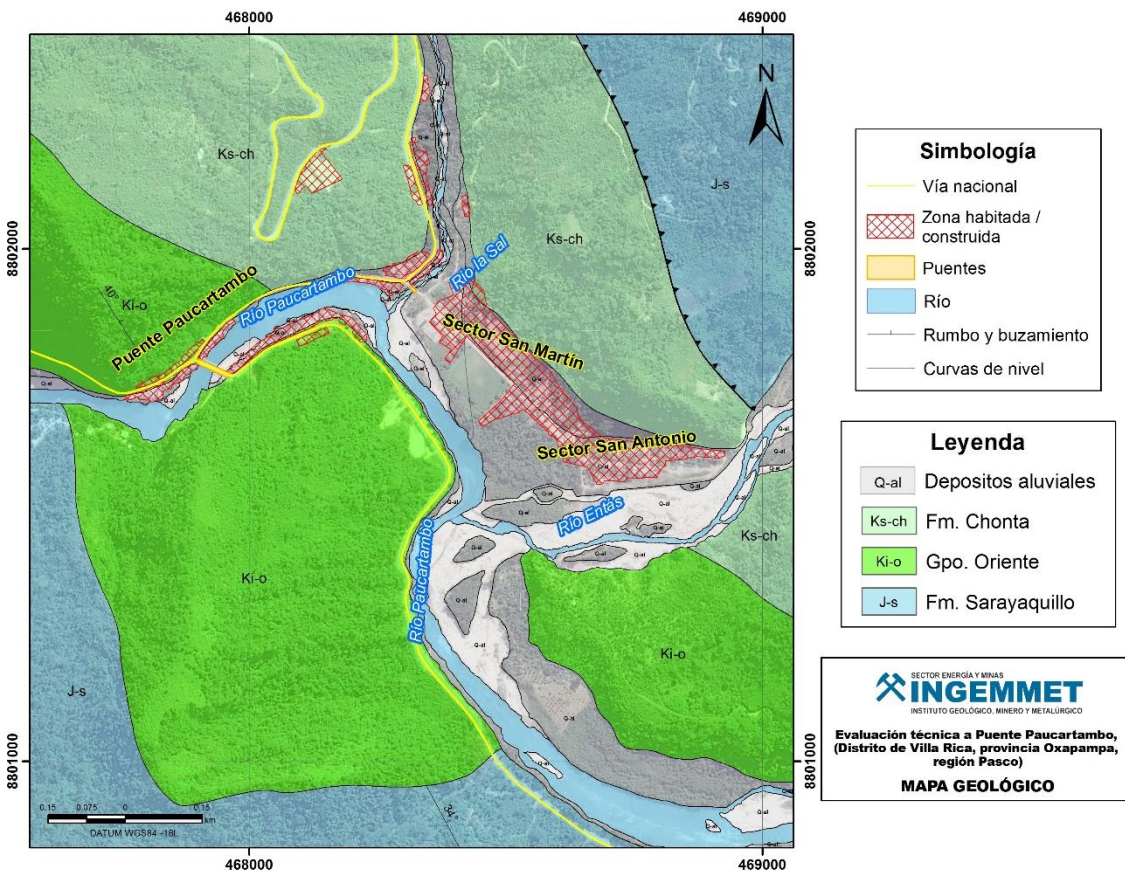


Figura 4. Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado de Rodríguez & Cueva (2010).

5.1. Grupo Oriente

Lo conforma un conjunto de areniscas cuarzosas conglomerádicas y areniscas de grano grueso en estratos tabulares. Presenta intercalaciones de areniscas cuarzosas, areniscas limosas de grano fino con limoarcillitas finamente estratificadas (*Monge et al.*, 1996). Se observan afloramientos en el talud norte del tramo carretero del Puente (foto 2). Las rocas se encuentran medianamente fracturada, y de moderada a alta meteorización. Se observan roturas por cuñas, con bloques hasta de 50 cm.

5.2. Formación Chonta

La conforma una secuencia litológica de lodolitas intercaladas con limolitas y calizas. El miembro medio se encuentra constituido esencialmente por calizas. Entre las calizas se intercalan margas, limolitas calcáreas (*Monge et al* 1996). Se observan afloramientos en el talud norte del tramo carretero Puente - Río la Sal y al este del sector San Martín (foto 3). Se presentan en capas entre 20 a 50 cm, medianamente fracturadas.



Foto 2. Secuencia del Grupo Oriente aflorando en el talud carretero, al norte del Puente.



Foto 3. Afloramiento de la formación Chonta al este de sector San Martín, Puente Paucartambo.

5.3. Depósitos aluviales

Se encuentran distribuidos en los fondos de valle de los ríos Entas, La Sal y Paucartambo (foto 4). Lo conforman gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados, unidos por una matriz arcillosa o arenosa (Monge *et al.*, 1996). La mayor parte de la localidad de Puente Paucartambo se encuentra emplazada sobre este tipo de depósitos.



Foto 4. Depósitos fluvio-aluviales en la llanura de inundación del río Paucartambo.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

El centro poblado de Puente Paucartambo ha sido periódicamente afectado por peligros geológicos y geohidrológicos importantes.

Las laderas, circundantes a la localidad, presentan susceptibilidad media a muy alta, a la ocurrencia de movimientos en masa (INGEMMET 2010). Las condiciones geomorfológicas y la dinámica fluvial, hacen que la zona de llanura aluvial del Puente Paucartambo sea susceptible a inundaciones y flujos.

De acuerdo al reporte de zonas críticas para la región Pasco (Luque y Rosado, 2013), la zona de Puente Paucartambo está sujeta a flujos de detritos (huaycos), derrumbes y erosión de laderas. Detonados por lluvias excepcionales.

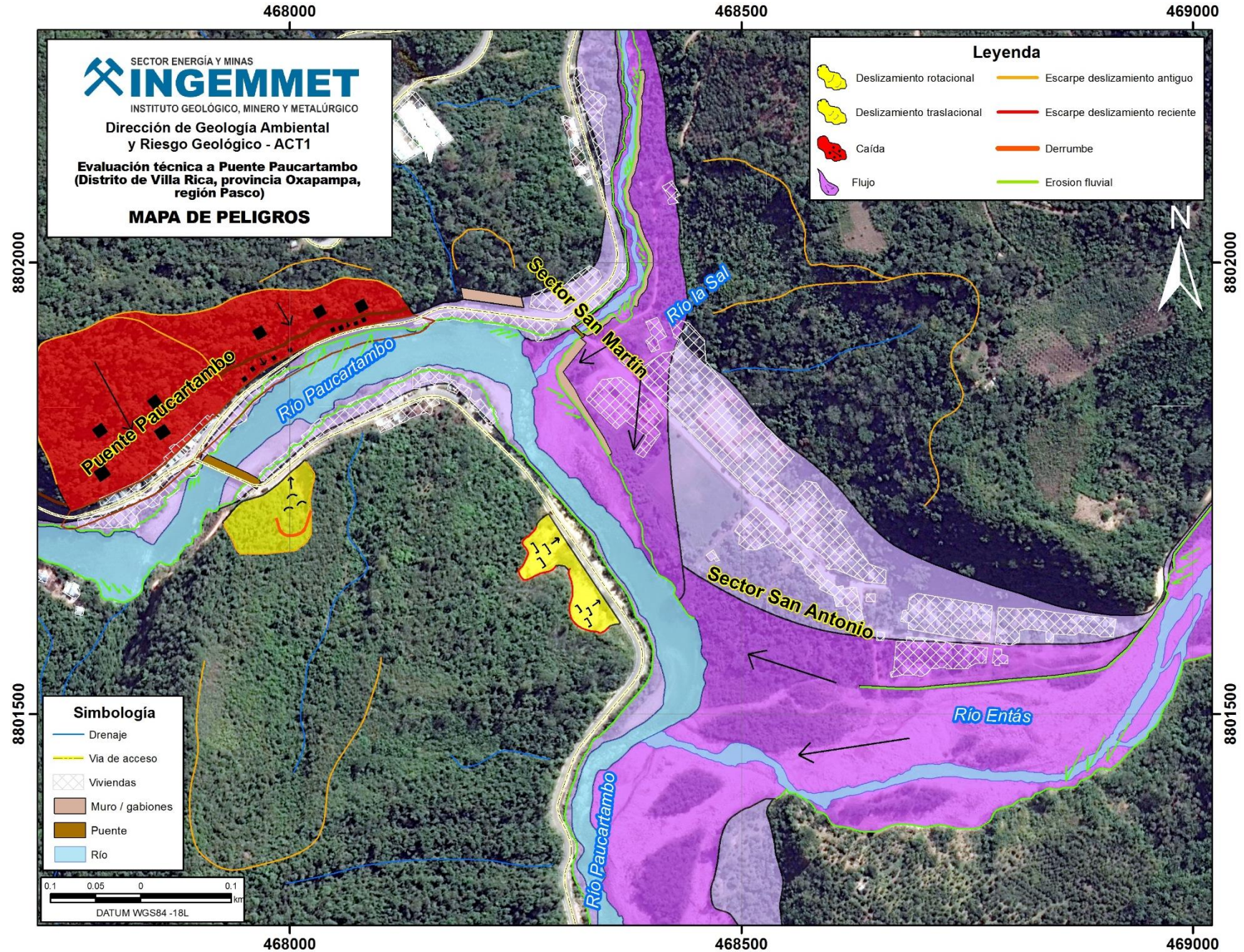
Los trabajos de campo permitieron identificar zonas de deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, flujos, erosión fluvial e inundaciones en el centro poblado Puente Paucartambo (figura 5).

6.1. Inundaciones y erosión fluvial

Las **inundaciones** son procesos naturales que se producen periódicamente. Generalmente ocurren cuando se presentan lluvias excesivas durante un período de tiempo prolongado haciendo que un río exceda su capacidad (Maddox 2014). El agua excedente desborda las orillas y avanza hacia tierras bajas adyacentes (Sen, 2018).

La **erosión fluvial** es el desprendimiento de material del lecho y flancos del río. La erosión comienza cuando la energía del flujo de agua excede la resistencia del material. (Robert, 2003). La **erosión lateral** afecta sus orillas; es decir, el río se amplía. Esto a menudo da lugar a problemas como la pérdida terrenos (Thorne *et al.*, 1997).

La llanura aluvial y márgenes del río Paucartambo son anualmente afectadas por crecidas y desbordes, estos fenómenos también ocurren en los ríos La Sal y Entas, en época de intensas lluvias. A pesar de contar con obras de contención, la inundación afecta principalmente los sectores de San Martín y San Antonio (figura 6). También son afectadas las viviendas cercanas al Puente, construidas precariamente entre las márgenes de la carretera y el río Paucartambo (foto 5).



Noviembre 2018

Figura 5. Mapa de peligros de Puente Paucartambo.



Figura 6. Escenario de inundación estimado a partir de fotografías de los eventos del 2006 y 2014, rasgos morfológicos y versiones de pobladores.



Foto 5. Viviendas expuestas a inundación y erosión fluvial, construidas precariamente en la margen izquierda del río Paucartambo.

6.1.1. Erosión fluvial en los Sectores San Martín - Río la Sal y San Antonio - Río Entas

Las aguas del río La Sal, en el sector San Martín, están encausadas mediante defensas ribereñas tipo enrocado (figura 7), con ancho 2 m. Estos retienen sedimentos durante las crecidas (figura 5). Las defensas son continuamente reconstruidas, debido a la constante erosión. Cabe mencionar que estas defensas fueron sobrepasadas y colapsaron en el evento del 2006.

La zona del Puente La Sal, se encuentra en el cono de deyección del río La Sal (figura 5) y es afectada recurrentemente por la geodinámica de este río. De acuerdo a versiones de pobladores, el puente, eventualmente en tiempos de crecida, actúa como dique porque la carga de material (como restos de troncos de árboles) del río, es mucho mayor que la luz del puente.



Figura 7. Río La Sal con defensas ribereñas tipo enrocado deterioradas por erosión fluvial.

En el sector San Antonio, el río Entas se muestra como anastomosado, presentando bancos de sedimentos compuestos por materiales de roca que varían de 5 cm hasta 2 m de diámetro, en la confluencia con el río Paucartambo. Presenta un ancho hasta de 150 m

Las barras presentan anchos variables. Este sector está protegido ante las crecidas del río Entas, por un muro de contención que tiene una longitud de 800 m y altura de 2 m, (figura 5). La erosión fluvial es mayor en la margen derecha, por la curvatura que tiene el río en este sector. Se observó parte del muro de contención erosionado, en las coordenadas 468989 O; 8801672 N (figura 8), en un tramo de 50 m.



Figura 8. Zona de erosión fluvial en la margen derecha del río Entas – Sector San Antonio.

De los trabajos de campo y análisis de datos se concluye que los factores condicionantes y detonantes son:

Condicionantes:

- Procesos geodinámicos ligados a la morfogénesis de la llanura y conos aluviales de los ríos Entas, La Sal y márgenes del río Paucartambo.
- Dinámica fluvial de los ríos Entas, La Sal y Paucartambo.
- Falta de limpieza del cauce del río La Sal.

Detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.

6.2 Flujos y crecida de detritos

Los **flujos de detritos** (figura 9) son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material suelto en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA 2007).

Las **crecidas de detritos** son flujos muy rápidos de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal (Hungry *et al.*, 2001).

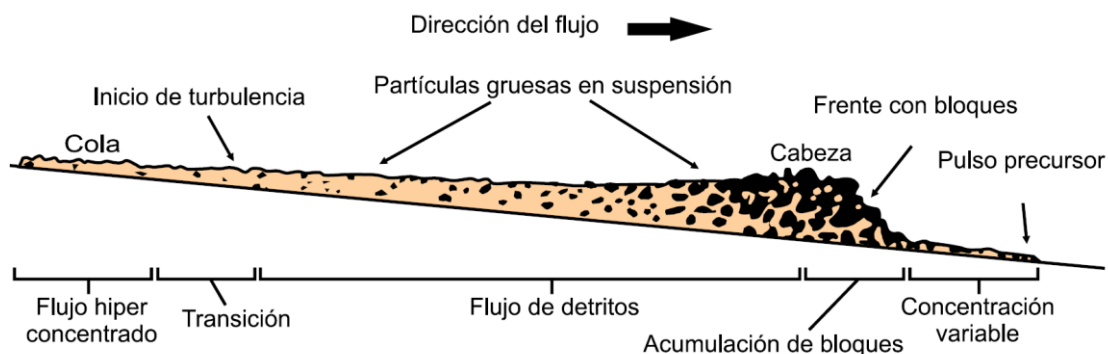


Figura 9. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007).

6.2.1 Sectores San Martín y San Antonio

Los sectores de San Martín y San Antonio de Puente Paucartambo han sido afectados por importantes crecidas y flujos en los 40 últimos años.

Los vestigios del huaico del año 1986, pueden encontrarse en la margen derecha del río Entas, al este del sector San Antonio. Los bloques movilizados por el río Entas alcanzan hasta 2 m de diámetro (foto 6).



Foto 6. Depósitos de aluviales del evento de 1986.

El 9 de abril del 2009, en el sector San Martín – río La Sal - Puente Paucartambo, ocurrió una crecida de detritos que afectó viviendas (foto 7), terrenos de cultivo, centros educativos (fotos 8 y 9) y varios locales comunales, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales. El flujo rebasó las defensas ribereñas del río La Sal, transportando gran cantidad de sedimentos, troncos y escombros (figura 10) que llegaron hasta el estadio.



Foto 7. Viviendas destruidas y depósitos del evento del 2009. Foto INDECI - Villa Rica.



Fotos 8 y 9. Centro educativo inundado y colmatado durante el evento del 2009. Fotos INDECI - Villa Rica.



Figura 10. Momento de la crecida arrastrando sedimentos, troncos y escombros. Fotos INDECI - Villa Rica.

De los trabajos de campo y análisis tenemos:

Factores condicionantes:

- Procesos de peligros geológicos ligados a la dinámica del valle, morfogénesis de la llanura y conos aluviales de los ríos Entas y La Sal.
- Dinámica fluvial de los ríos Entas, La Sal y Paucartambo.

Factores detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.

6.3. Caída de rocas

La **caída de rocas** (figura 11) es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

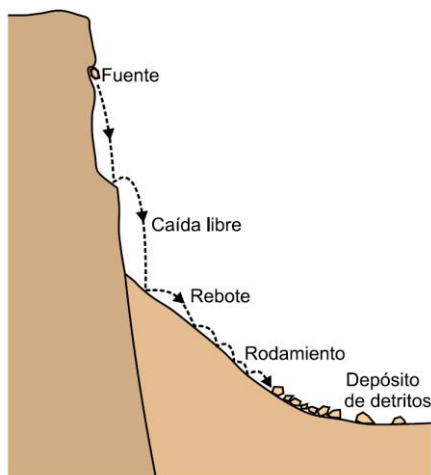


Figura 11. Esquema de caída de rocas (PMA 2007).

6.3.1. Puente Paucartambo - Carretera

El tramo carretero, entre el puente Paucartambo y el muro de contención cercano a la entrada del puente La Sal, se ve afectado por caídas de rocas provenientes del talud. Se observan afloramientos de rocas sedimentarias que presentan fracturas que forman cuñas (figura 12). Los bloques caídos varían de 50 cm a 2 m, se desplazan hasta a 10 m por delante del talud (figura 13).



Figura 12. Talud con fracturamiento en forma de cuña en tramo carretero de Puente Paucartambo.



Figura 13. Roca recientemente caída y marcas de impacto en tramo carretero de Puente Paucartambo.

Los factores condicionantes y detonantes de este movimiento en masa son:

Condicionantes:

- Macizo rocoso medianamente fracturado, el sistema de fracturas genera cuña (figura 12).
- Pendiente del talud mayor de 45°.
- Talud expuesto sin cobertura vegetal.

Detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.
- Vibraciones relacionadas al tráfico vehicular de carga pesada.

6.4. Deslizamientos

Los **deslizamientos** son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (PMA 2007). En la zona se observan deslizamientos de tipo **rotacional** (PMA 2007) y **traslacional** (Cruden y Varnes, 1996) (Figura 14).

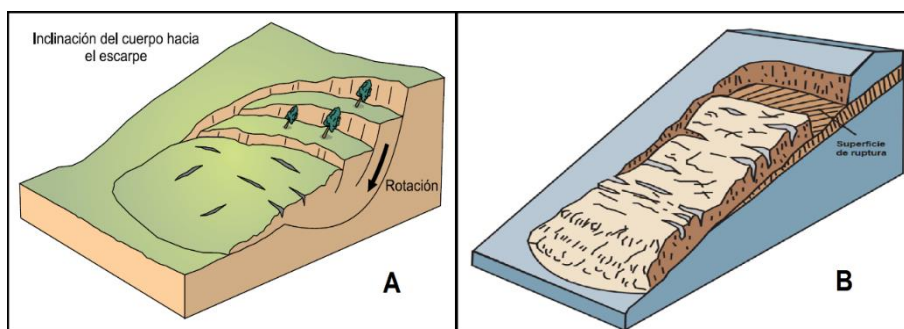


Figura 14.
 A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007)
 B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

6.4.1. Puente Paucartambo

En el centro poblado de Puente Paucartambo se evidencian cuerpos de deslizamientos recientes y antiguos (figura 5).

De acuerdo a los reportes de INDECI (2014), la ladera norte del Sector Comerciantes se presentaron deslizamientos y caída de rocas.

Por la morfología de esta ladera, se ha localizado un deslizamiento antiguo cubierto por la vegetación (figura 15).

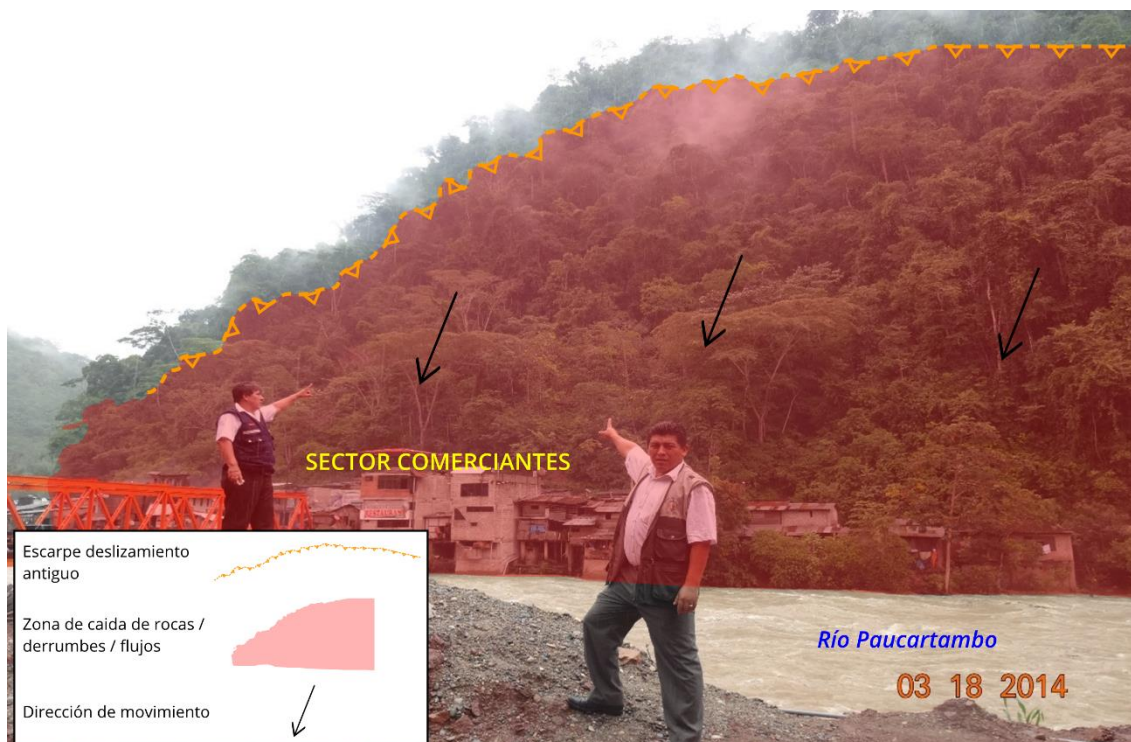


Figura 15. Morfología de deslizamiento antiguo en el Sector Comerciantes, Puente Paucartambo. Foto INDECI - Villa Rica.

El sector Comerciantes, estribo sur del puente Paucartambo, fue afectado por un derrumbe el año 2014. Este evento movilizó rocas y suelos, saturados de agua, enterrando viviendas y bloqueando la carretera y acceso al puente (foto 10).

Las fotografías aéreas (figura 5) exponen rasgos morfológicos que sugieren la ocurrencia de deslizamientos antiguos de mayor magnitud en esta ladera (figura 16). Los eventos del 2014 podrían estar relacionados con reactivaciones de dichos eventos antiguos, actualmente cubiertos por vegetación.



Fotos 10. Foto del deslizamiento ocurrido el año 2014 en el estribo sur del Puente Paucartambo. Foto INDECI - Villa Rica.

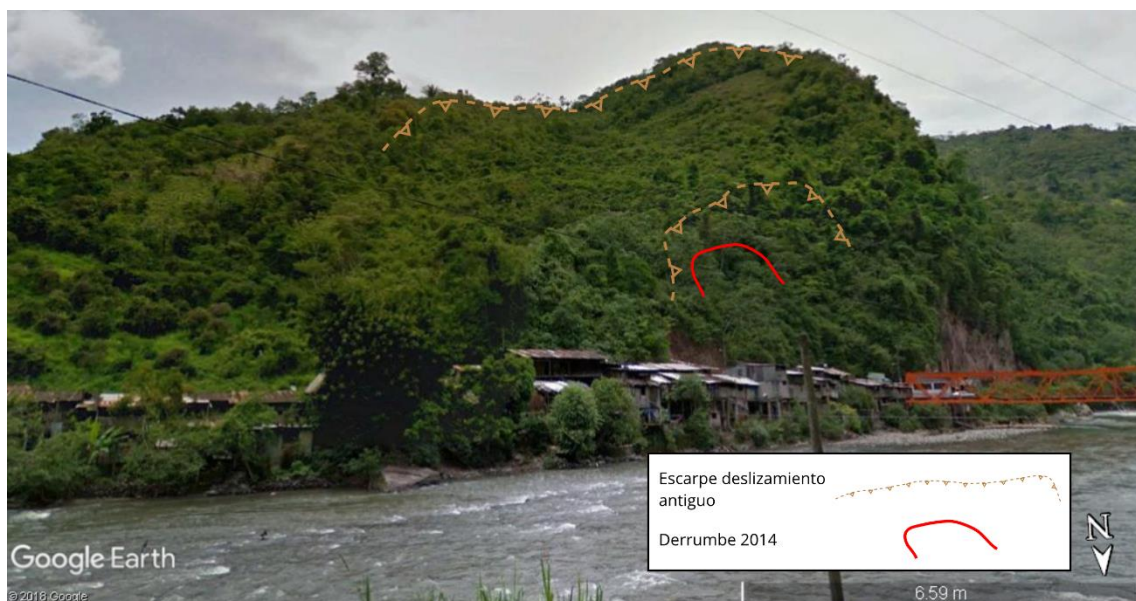


Figura 16. Ladera de zona Sector Comerciantes estribo sur del puente Paucartambo, mostrando rasgos de posibles deslizamientos antiguos. Foto Google Street View 2013.

Otro sector que muestra rasgos morfológicos que sugieren la ocurrencia de deslizamientos antiguos de gran magnitud, es la ladera este del sector San Martín (figura 17). La zona no tiene actividad reciente reportada y se encuentra cubierta por vegetación.



Figura 17. Ladera la ladera este del sector San Martín mostrando rasgos de posibles deslizamientos antiguos. Foto Google Street View 2013.

Los factores condicionantes y detonantes de estos movimientos en masa son:

Condicionantes:

- Suelos inconsolidados, susceptibles a ser saturados, con ello el aumento de peso de estos en la ladera.
- Morfología del terreno con pendientes comprendidas entre 30° a 45°.

- Afloramientos rocosos con disposición de la estratificación y sistema principal de fracturamiento a favor de la pendiente.
- Macizo rocoso medianamente fracturado, que origina bloques de hasta un metro de diámetro.

Detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.
- Sismos.

6.5. Estado actual de la localidad de Puente Paucartambo

A la fecha de la inspección, en el tramo carretero comprendido entre el puente Paucartambo y puente La Sal, se presentó una caída de rocas, que afectó al tránsito vehicular.

Las condiciones geológicas (calidad y fracturamiento de la roca), pendiente del terreno, corte de talud), predisponen la inestabilidad y generación de caídas y derrumbes. Pueden afectar tramo carretero o viviendas cercanas al talud de corte.

Estos eventos por su frecuencia en este tramo carretero condicionan el tramo como zona crítica. El factor detonante son las precipitaciones pluviales y sismos.

6.6. Condiciones actuales del Puente La Sal

El puente construido sobre el río La Sal, tiene una longitud de 15 m y luz insuficiente para el cauce. Es necesaria su ampliación, para que en épocas de crecida no actúe como dique.

Como se ha mencionado anteriormente, el río en tiempos de crecidas carga material en suspensión, como restos de troncos que, al encontrar un espacio reducido en su recorrido, se entrampan, represando el río. El desembalse es violento y afecta viviendas aledañas, como también hacia los lados laterales del puente se generan flujos de lodo o detritos (depende de la carga).

CONCLUSIONES

1. Por las condiciones climáticas (intensa lluvia), el suelo se encuentra saturado, se forman también acuíferos locales. La saturación de suelos se incrementa en épocas de lluvias (entre diciembre y marzo).
2. Por las condiciones intrínsecas como litología, pendiente, hidrogeológicas y geomorfológicas; las laderas circundantes al centro poblado Puente Paucartambo, se consideran como de susceptibilidad media a muy alta a movimientos en masa (flujos, derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos).
3. El centro poblado de Puente Paucartambo se encuentra ubicado en una terraza aluvial propensa a inundaciones y flujos de detritos, por los ríos Paucartambo, La Sal y Entas. Estos ríos exceden su cauce natural durante la ocurrencia de lluvias extraordinarias. Este sector se considera como susceptibilidad muy alta a Inundaciones y de erosiones fluviales.
4. El Sector San Martín en el 2009, fue afectado por erosión e inundación fluvial y flujos de detritos provenientes del río La Sal, detonados por lluvias extraordinarias. Los eventos generados sobrepasaron las defensas ribereñas y afectaron viviendas, centros educativos, local comunal y terrenos de cultivo.
5. El Sector San Antonio fue afectado por la erosión e inundación fluvial, flujos de detritos, provenientes del río Entas. El evento ocurrido en 1986, dejó bloques del orden métrico en la superficie de la terraza. La erosión fluvial afectó recientemente los muros de contención.
6. El sector del tramo carretero, desde el puente Paucartambo hasta el puente La Sal, es afectado por caídas de rocas provenientes del talud de corte de carretera. Los bloques caídos varían de 50 cm a 2 m y caen frecuentemente.
7. El Sector Comerciantes (Puente Paucartambo) es continuamente afectado por deslizamientos, derrumbes y caída de rocas. El evento del año 2014 enterró viviendas y bloqueo la carretera y acceso al puente.
8. Por las condiciones geológicas y morfológicas, los procesos de movimientos en masa e inundaciones, van a ser frecuentes. Por la magnitud y recurrencia de estos eventos, se considera a Puente Paucartambo como **Zona Crítica, de Peligro muy alto y peligro inminente** con lluvias intensas.

RECOMENDACIONES

1. Reubicar los puestos de venta y viviendas que se encuentran al borde del talud del corte de la carretera. Zona de alto peligro, expuesta a derrumbes, caída de rocas o reactivación del deslizamiento.
2. Las viviendas ubicadas aguas abajo del puente La Sal deben ser reubicadas, porque pueden ser afectadas por crecidas o flujos provenientes del río La Sal.
3. Descolmatar los cauces de los ríos Paucartambo, La Sal, y Entas periódicamente. El material extraído de la descolmatación, debe usarse para defensas ribereñas.
4. Debe cambiarse el uso suelo de los sectores frecuentemente inundados por el río Paucartambo, como zonas recreativas, parques, bosques u otros que no comprometan viviendas ni instituciones públicas.
5. El puente La Sal y sus muros de contención deben ser rediseñados, para ampliar la longitud del puente y no estrechar el cauce del río.
6. Se debe arborizar las zonas aledañas a los muros de contención.
7. Ampliar la luz del puente La Sal, para evitar represamientos con sedimentos o restos de troncos de árboles, durante crecidas extraordinarias. Debe considerarse el diseño de muros de contención tipo gaviones o enrocado, de mayor altura.
8. Dadas las condiciones geodinámicas del lugar y la normativa dictada por el MTC sobre el emplazamiento de construcciones en los márgenes carreteros, las viviendas ubicadas en el Sector Comerciantes deben ser reubicadas.
9. Para estabilizar el talud del sector de Comerciantes se debe realizar un estudio geotécnico detallado, para la aplicación de soluciones como pernos de anclaje, enmallados o muros.
10. Implementar sistemas de alerta temprana para los futuros flujos que puedan provenir de los ríos La Sal, y Entas, como también de las inundaciones del río Paucartambo.
11. Las condiciones de la zona son favorables para la continua ocurrencia de movimientos en masa y eventos hidrometeorológicos. Por ello, debe considerarse la reubicación del centro poblado Puente Paucartambo. Labor que debe ser implementada por la municipalidad de Villa Rica.
12. Forestar con árboles de raíces profundas, para darle una mejor estabilidad al terreno.

REFERENCIAS

- Fidel, L.; Zavala, B.; Núñez, S.; Valenzuela, G. 2006, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 29, 386p., 19 mapas escala 1:900,000.
- Luque, G. y Rosado, M. 2013 – “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Pasco (primer reporte)”, Informe Técnico, Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 61p.
- INDECI 2013 - “Derrumbe afecta distrito San Luis de Shuaro, Provincia de Chanchamayo, Junín”, Reporte de Situación N° 887 - 10/12/2013/Coen-Indeci/12:00 horas (reporte n° 02)
- INDECI 2014 - “Deslizamiento afecta distrito de Villa Rica, Pasco”, Reporte de Situación N° 185 – 20/02/2014/Coen-Indeci/ 23:30 horas (reporte n° 05)
- OEA 1987 - Estudio de Casos de Manejo Ambiental: Desarrollo Integrado de un Área en los Trópicos Húmedos - Selva Central del Perú.
- Rodriguez, R. & Cueva, E. (2010) - Mapa geológico del cuadrángulo de Oxapampa, Hoja 22-m-III, 1 : 50 000. INGEMMET, Dirección de Geología Regional, Carta geológica Nacional.
- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9–33.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Pierson, T.C., 1986, Flow behaviour of channelized debris flows, Mount St. Helen’s, Washington, en Abrahams, A.D., ed., Hillslope processes: Boston, Allen and Unwin p. 269–296.
- Robert, A., 2003, River processes - An introduction to fluvial dynamics: London, Arnold, 214 p. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Thorne, C.R.; Hey, R.D. and Newson, M.D. (1997): Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmental_background/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- Maddox, I. 2014 - Three Common Types of Flood Explained, Blog web, <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/three-common-types-of-flood-explained>

- Sen, D. 2018 - What Is a River Flood, Blog web, <https://sciencing.com/about-6310709-river-flood-.html>
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) – Estudio de riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas.
- Monge, R., León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Hojas 21-m, 22-I, 22-m, 23-m, 1 : 100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 78, 151p.
- USGS 2004 - Landslide Types and Processes, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>