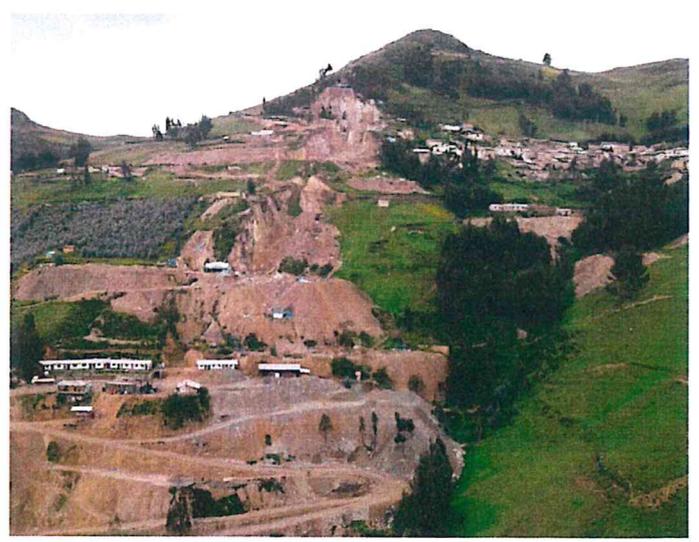
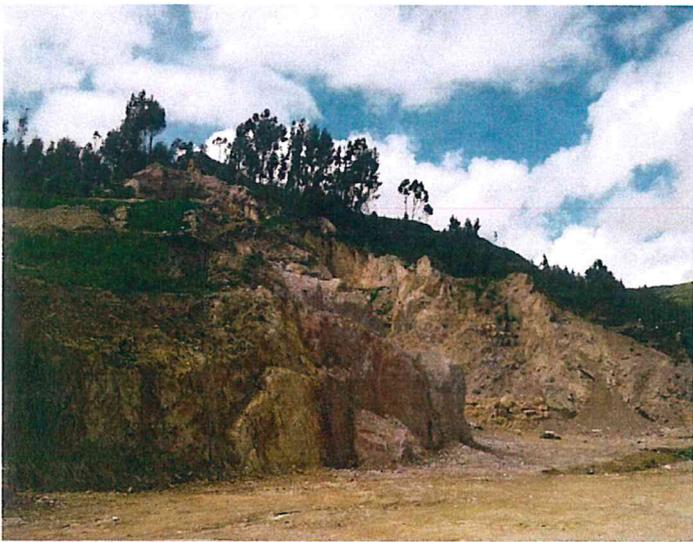


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6918

EVALUACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEODINÁMICA POR PELIGRO DE HUNDIMIENTOS Y CAÍDA DE ROCAS EN EL POBLADO DE SALPO

Región La Libertad
Provincia Otuzco
Distrito Salpo



JULIO
2019

CONTENIDO

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES.....	5
3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	5
3.1 Objetivos.....	5
3.2 Metodología.....	6
4. ASPECTOS GENERALES	7
4.1 Ubicación y accesibilidad.....	7
4.2 Población y actividades económicas.....	8
4.3 Clima y vegetación	8
4.4 Hidrografía.....	9
5. GEOMORFOLOGÍA.....	10
5.1 Clasificación de unidades geomorfológicas.....	11
5.1.1 Unidad de Montañas	11
5.1.2 Vertiente aluvial en formación o joven (V-al)	13
6. GEOLOGÍA.....	14
6.1 Geología regional	14
6.2 Geología estructural	14
6.3 Geología local.....	15
6.1.1 Formación Caldera Carabamba (Po-car/2).....	15
6.1.2. Depósito aluvial (Qh-al)	16
6.1.3. Depósito deluvial (Qh-de).....	16
6.1.4. Depósito antrópico.....	17
7. GEODINÁMICA	19
7.1 Caracterización de peligros geológicos	19
7.1.2. Análisis de las causas de los peligros geológicos	22
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES.....	27
ANEXOS	29

EVALUACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEODINÁMICA POR PELIGRO DE HUNDIMIENTOS Y CAÍDA DE ROCAS EN EL POBLADO DE SALPO

(Distrito Salpo, Provincia Otuzco-Región La Libertad)

RESUMEN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), en el marco del cumplimiento de sus funciones, efectúa como ente técnico-científico y parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD) el estudio de los peligros geológicos, que afectan a los centros poblados y obras de infraestructura en el territorio nacional, brindando información oportuna en apoyo al Gobierno Nacional, a los Gobiernos Regionales, Locales y comunidades.

Ante la inusual ocurrencia del evento climático denominado "Niño Costero", la magnitud del desastre registrado en nuestro país, y en el cumplimiento del Decreto de Urgencia N°008-2017 Artículo 7 del 21 de abril de 2017 que literalmente dice:

Modificarse el inicio 14.3 del artículo 14 del Decreto de Urgencia N°004-2017, en los siguientes términos:

"14.3 El ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, podrá declarar las zonas de alto y muy alto riesgo no mitigable en los casos que los Gobiernos Locales no lo hayan declarado. Para tal efecto, se debe contar con la evaluación de riesgos elaborada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED, con la información proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú-IGP, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET y la Autoridad Nacional del Agua-ANA, entre otros. Por norma del Ministerio al cual se encuentra adscrito al CENEPRED se establecerán las disposiciones que correspondan".

Los trabajos a realizar en las zonas de emergencia por peligros geológicos a pedido de la Municipalidad Distrital de Salpo, provincia de Otuzco, que fueron efectuados por los geólogos: Edinson Ramos y Dulio Gómez, donde se desarrolló la "Evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica por peligro de Hundimientos que se vienen presentando por la actividad minera informal provocando daños a la seguridad física de la población de Salpo.

Los trabajos de campo se realizaron con una duración de 1 día, el informe final fue revisado por el Ingeniero Segundo Núñez, especialista en riesgo geológico.

1. INTRODUCCIÓN

Los peligros geológicos ya sean movimientos en masa e inundaciones, ocasionan desastres en cualquier región y afectan, en diferente grado a las poblaciones, vías de comunicación, infraestructura hidráulica, etc. Esto genera altos costos en los trabajos de recuperación de las zonas afectadas. Se suman a estas consecuencias, la pérdida de vidas humanas y económicas, así como la interrupción de las actividades socio-económicas y comerciales. Por esta razón, se consideran muy importantes su reconocimiento y evaluación.

Ante ello el INGEMMET, viene desarrollando estas evaluaciones a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), ente encargado de la elaboración de estudios de peligros geológicos que afectan el territorio nacional y su incidencia sobre la seguridad física de centros poblados y obras de infraestructura.

A solicitud de la Municipalidad del distrito de Salpo, se realizó la evaluación geológica por parte de nuestra institución, ya que en el poblado de Salpo, actualmente vienen ocurriendo subsidencias (hundimientos de terreno), producto de la actividad minera informal que se viene desarrollando en dicho lugar, al parecer estos hundimientos son generados por el mal diseño de labores de explotación subterránea, afectando la seguridad física de dicha población.

La información que se otorga en este informe realizado por profesionales de la DGAR, se pondrá a consideración de la comunidad científica y técnica, autoridades del Gobierno Regional, municipalidades provinciales y distritales, para la toma de decisiones en temas de prevención ante la ocurrencia de peligros naturales, información que constituye la base para desarrollar proyectos futuros de reordenamiento territorial preventivo y desarrollo sostenible de las comunidades, de esta manera también se pone a disposición del Ministerio de Vivienda y Construcción, Transporte y Comunicaciones, Defensa, Agricultura, Educación y Salud, Autoridad Nacional del Agua (ANA) e instituciones del SINAGERD, para que de alguna manera se propongan políticas, programas y acciones de prevención.

2. ANTECEDENTES

Como trabajos anteriores se ha recopilado estudios de temas geológicos y de riesgos geológicos realizados en la región La Libertad, información técnica necesaria para la elaboración del siguiente informe, tales como:

- Geología del Cuadrángulo de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y santa (Hojas: 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f,18-f) realizado por El Servicio de Geología y Minería (1967): en el cual brinda información geológica y recursos mineros de la región La Libertad y mapas geológicos a escala 1.100000.
- Zonas Críticas en la región La Libertad (Medina & Luque, 2008): en este estudio técnico preliminar se identificando que el distrito de Salpo, provincia de Otuzco, presentan peligros por deslizamientos, hundimientos, flujo de detritos e inundación, por ejemplo; en el poblado El Angulo se encuentra expuesto a Inundación y erosión del río Moche), Carretera Otuzco-Plaza Pampa se encuentra afectada por movimientos en masa, etc.
- Riesgo Geológico en la región La Libertad, Boletín N°50 serie C (Medina et al., 2012): Dicho estudio busca evaluar los problemas de geodinámica externa (peligros geológicos por movimientos en masa e inundaciones) que afectan a la región en mención, teniendo como objetivo contribuir a la gestión de riegos de desastres con el tema y cultura de prevención recomendando obras de mitigación estructural en los puntos críticos susceptibles a eventos geodinámicos. También contiene información geológica actualizada.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

3.1 Objetivos

Objetivo general

Realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona afectada por peligro de hundimientos y caída de rocas, determinar su caracterización, sus causas de ocurrencia, para brindar las recomendaciones respectivas, para el desarrollo sostenible de la población y al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes.

Objetivos específicos

- a) Obtener información del origen, causas y efectos de ocurrencia del evento.
- b) Realizar la cartografía respectiva de los eventos geodinámicos presentes en la zona de estudio.
- c) Identificar zonas críticas y los elementos expuestos para tener un alcance de la vulnerabilidad ante la ocurrencia del peligro geológico.
- d) Generar información geocientífica que contribuya a los planes de ordenamiento territorial y desarrollo nacional, que permita a las autoridades y la población implementar planes de prevención de desastres.

3.2 Metodología

La metodología para el desarrollo del estudio geológico, geomorfológico y geodinámico consta de 3 etapas: Gabinete I, Campo, Gabinete II, descritos a continuación.

a) Gabinete I:

Los trabajos de gabinete I consistieron en las siguientes etapas:

- Recopilación y evaluación de información bibliográfica, topográfica, hidrometeorológica, geológica, sísmica, hidrogeológica, sobre uso de suelo, e información de registros de peligros geológicos históricos de desastres.
- Generación del mapa topográfico base, generados mediante el procesamiento de información geográfica (SIG), a partir de un modelo digital de terreno (MDT) obtenido del servidor Alos Palsar.
- Generación de mapas temáticos preliminares para su respectiva comprobación de campo a escala 1.5000.
- Recopilación de mapas geológicos de la zona a escala 1.100000 y 50000, extraídas de la base de INGEMMET.
- Interpretación de imágenes satelitales Google Earth de la zona de estudio.

b) Campo

La inspección técnica de campo tuvo una duración de 1 día en la localidad de Salpo, donde se realizaron las siguientes actividades:

- Caracterización y Cartografía de los eventos geodinámicos.
- Evaluación de la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería no lineales y determinación de zonas críticas.
- Caracterización y Cartografía de unidades litoestratigráficas y geomorfológicas.
- Coordinación con las autoridades distritales de Salpo y sus dirigentes comunales con la finalidad de difundir el estudio y sensibilización sobre la temática de prevención de desastres).

c) Gabinete II:

Los trabajos de gabinete II consistirán en las siguientes etapas:

- Procesamiento y depuración de datos según la comparación de la información obtenida en las etapas de Gabinete I y Campo.
- Elaboración y preparación de mapas temáticos finales actualizados a escala local 1:3500 (presentación A3), tomando como referencia la cartografía geológica a escala 1.50000 del INGEMMET, de la zona de estudio como mapa de: geología, geomorfología, de peligros geológicos, entre otros.
- Estimación del peligro geológico, análisis de actividad sísmica y de los elementos expuestos
- Preparación y redacción del informe final.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1 Ubicación y accesibilidad

El poblado de Salpo se localiza en el flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, distrito de Salpo, provincia de Otuzco, Región La Libertad, en el margen izquierdo de la cuenca del río Moche, específicamente en las coordenada UTM, WGS84: 764411.10 E, 9114568.62 N, COTA: 3461 m.s.n.m., Zona 17S.

Limita por el norte con el distrito de Otuzco, por el sur con el distrito de Carabamba, por el este con el distrito de Agallpampa, por el oeste con el distrito de Poroto, ver Mapa 01 (Anexo 01).

El poblado de Salpo se encuentra a 72 km aproximadamente hacia el noreste de la ciudad de Trujillo, se parte recorriendo por la carretera pavimentada 10A, hasta el desvío a Salpo, ubicado en el caserío Plazapampa, recorriendo por trocha en dirección este hasta llegar al pueblo de Agallpampa y luego al pueblo de Salpo, empleando un tiempo total de 3 horas aproximadamente, ver Figura 01.

-El itinerario de trabajo fue el siguiente:

Ruta	Vía	Recorrido-Tiempo
Trujillo-Otuzco	Carretera asfaltada	78 km-2 horas
Otuzco-Plazapampa-Agallpampa-Salpo	Carretera afirmado	32 km-1 hora



Figura 01. Ubicación de la zona de estudio (Poblado de Salpo). Fuente: Google Map

4.2 Población y actividades económicas

Según el INEI (censo, 2017), el poblado de Salpo lo constituyen 6069 habitantes. Las principales actividades económicas que realizan los pobladores de Salpo tanto para su sustento diario y venta de sus productos, es la agricultura donde se siembra y cosecha papa, trigo, cebadas; la otra actividad es la ganadería donde se cría el ganado caprino, ovino, vacuno, equino y porcino.

Actualmente, en la zona existe la minería informal donde parte de la población se dedica a ello, desde el año 2003. (Sáez, F.2005).

4.3 Clima y vegetación

Para las condiciones climáticas de la zona de estudio, se han tomado datos referenciales de la web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI 2015-2019). Información obtenida de la estación meteorológica más cercana: "SALPO", que se encuentra ubicada al este del poblado en mención, en las coordenadas geográficas: Latitud 8°0' 19.24"S, Longitud 78°36'25.57"W y en la cota 3418m s.n.m., (Cuadro 01).

El clima en el área de Salpo es húmedo y frío, su temperatura máxima promedio anual es de 17.8°C durante el día y por las noches su temperatura mínima promedio anual es de 6.04°C, variando a lo largo del año, en los meses de junio y agosto a pesar de ser una estación seca es la época más fría del año, mientras que en los meses de diciembre a abril son los meses donde más llueve, con un promedio mensual acumulado de 78 a 95 mm, prolongándose hasta mayo y registrándose lluvias estacionales los meses de septiembre a octubre.

En el 2017 se registraron las máximas precipitaciones en los meses de diciembre a mayo con un promedio acumulado de 173.76 mm, siendo el mes de marzo donde más llovió con 402.5 mm de precipitación máxima acumulada.

Cuadro 01

Registro de temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones pluviales máximas mensuales acumuladas en la zona de estudio (Poblado de Salpo-Periodo 2015-2019)

Estación Meteorológica (Tipo convencional): SALPO													
Departamento:	La Libertad	Provincia:	Otuzco	Distrito:	Salpo	Latitud	8° 0' 19.24"	Longitud:	78° 36' 25.57"	Altitud:	3418	m.s.n.m	
AÑO	Parametros	MESES											
		ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	T°.Max.Prom.C°	14.2	14.6	14.5	16.6	16.8	17.6	17.8	17.2	18.5	19.8	16.9	17.9
	T°.Min.Prom.C°	6.5	5.3	5.3	5.6	5.3	5.3	5.2	5.3	5.6	5.5	6.1	
	P.Max.Acum.Men	95.7	89.2	167.4	95.2	43.5	7.4	11.1	0	6.2	54	85.6	134.8
2016	T°.Max.Prom.C°	18.6	19.4	19.9	19.3	19.5	19.4	18.9	20.5	18.7	18.5	19.5	18.4
	T°.Min.Prom.C°	6.2	6.5	6.1	6.3	6.1	6.2	5.5	6.0	6.3	6.4	6.3	6.3
	P.Max.Acum.Men	53.0	155.3	85.3	84.5	11.9	0.8	0.0	0.0	41.0	47.5	4.6	27.0
2017	T°.Max.Prom.C°	17.0	16.4	15.0	17.7	16.8	16.9	17.9	18.0	18.1	18.0	18.1	18.1
	T°.Min.Prom.C°	6.0	6.0	6.6	6.9	6.5	5.2	5.0	5.6	6.7	6.6	6.1	6.4
	P.Max.Acum.Men	69.4	130.9	402.5	110.5	53.0	10.5	0.3	14.5	11.4	46.0	17.2	276.3
2018	T°.Max.Prom.C°	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	18.4	18.4	18.1	17.5
	T°.Min.Prom.C°	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	5.8	5.8	6.5	6.2
	P.Max.Acum.Men	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	264.4	11.5	22.0	98.5
2019	T°.Max.Prom.C°	17.9	SD	SD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	T°.Min.Prom.C°	6.3	SD	SD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P.Max.Acum.Men	62.0	SD	SD	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: SENAMHI

En el área de Salpo los cultivos son mayormente papa, trigo, cebada. Mientras que existe una cobertura vegetal típica de la zona formada en un 40% por el Kikuyu (césped andino) (Díaz, W. 2005).

Las especies vegetales principales son: Tuna (*Opuntia* spp.), Salvia (*Salvia* sp.), Eucalipto (*Eucaliptus* spp.) (Díaz, W. 2005) Achupaya, y otras menores son las cactáceas y acacias.

4.4 Hidrografía

El área de estudio se encuentra ubicada en la margen izquierda de la cuenca del río Moche, se ubica en la Costa Norte del Perú, pertenece a la vertiente del Pacífico y drena un área total de 2708 km². Políticamente se localiza en el departamento de La Libertad, comprendiendo total o parcialmente las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán.

Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4000 msnm. El río Moche se forma por la confluencia de los ríos Otuzco y Simbal, estos a su vez reciben numerosos tributarios, como el río Chanchacap (Norte de Salpo).



Figura 02. Cuenca del río Moche. Fuente: Elaboración propia 2019

5. GEOMORFOLOGÍA

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

El estudio de la geodinámica externa se efectúa en un sistema proceso respuesta, siendo el primero el agente creador (origen) y el segundo la geoforma (resultante). El término geoforma es un concepto genérico que se designa a todos los tipos de formas de relieve independientemente de su origen y dimensión (Zinck, 1988; Zinck & Valenzuela, 1990).

Se considera a los mapas geomorfológicos una herramienta indispensable para el análisis de los peligros naturales por su estrecha relación con los procesos geodinámicos.

La región La Libertad desde el punto de vista morfoestructural, presenta el 80% de dominio andino, significando que las fuerzas exógenas han actuado relevantemente sobre esta zona obteniendo el relieve actual, siendo influenciada por procesos de geodinámica interna (magmáticos, volcánicos, tectonismo), levantamiento y contracción de la Cordillera de los Andes, seguido fuerte erosión fluvial y glaciar.

Para obtener un mapa geomorfológico se realiza una interpretación de imágenes satelitales, la cartografía local en campo, luego en gabinete se generan mapas digitales de elevaciones (MDE) y luego el de pendientes, que nos ayudarán a clasificar y digitalizar las geoformas presentes en el área de estudio a través del procesamiento de un modelo digital del terreno (MDT), obtenidos del geoservidor del MINAM, Alaska Facility, o por el procesamiento del levantamiento fotogramétrico con VANT y haciendo uso del software ARCGIS, sistema de geoprocésamiento de información geográfica (SIG) importante para generar un mapa geomorfológico.

Para la clasificación de rangos de pendientes de un relieve expresados en grados o porcentajes se usó la tabla de rangos que aparece en el Informe "Estudio de riesgos geológicos del Perú – (Fidel et al, 2006), ver Tabla 01., ya que el autor en sus estudios clasifica las pendientes en base a las características físicas del territorio peruano tomando la metodología expuesta en el párrafo anterior, es muy importante conocer este parámetro ya que influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua en el suelo (Belaústegui, 1999), ver Mapa 1.2 y 1.3 (Anexo 01).

Tabla 01
 Rangos de pendientes del terreno

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<5	Muy baja
5 - 20	Baja
20 – 35	Media
35 - 50	Fuerte
>50	Muy fuerte

Fuente: Fidel, et al., 2006

5.1 Clasificación de unidades geomorfológicas

Las geoformas son unidades independientes que conforman un relieve, están compuestos por materiales que brindan información de su dinámica de formación, presentan características morfoestructurales tales como: forma, altura, pendientes, drenaje, vegetación, color, textura, etc., que las diferencian una de otras.

Estos parámetros son determinantes para poder caracterizar una geoforma a la percepción visual, proximal o distal, sea humana o instrumental.

En conclusión, las geoformas son generadas por procesos geodinámicos de tipo exógenos (externos) tales como, meteorización, erosión, transporte y depositación, siendo los agentes modeladores, el agua, viento, temperatura, entre otros, los que influyen en la formación de geoformas, clasificándolas según su origen depositacional o denudacional.

Otras geoformas son generadas por procesos endógenos (internos) tales como el magmatismo, vulcanismo y tectonismo, siendo sus agentes principales los fluidos magmáticos, presiones, temperaturas y fuerzas internas de la Tierra, las que influyen en la generación de geoformas de origen estructural, presentando hoy en día relieves positivos y negativos.

Según lo interpretado de imágenes satelitales de Google Earth y la cartografía geomorfológica, las geoformas presentes en el área de estudio son:

5.1.1 Unidad de Montañas

Son elevaciones originadas por procesos tectónicos y de orogenia andina.

Componente de cualquier cadena montañosa y se define como: una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada, redondeada o tabular, y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas (Villota 2005).

a) Montaña en roca volcánica (RM-rv)

En los alrededores de Salpo se identificó la subunidad de montaña en roca volcánica, que se caracteriza por presentar cimas semiredondeadas y laderas con pendientes menores a 35° y mayores a 35°, representados por los cerros La Cruz, Ragash y el Cerro Chulgones (Figura 03).

Esta unidad se encuentra sobre los 3600 m s.n.m.

b) Ladera de Montaña en roca volcánica (LM-rv)

Son las respectivas pendientes de los flancos norte y sur de las montañas denominada cerro La Cruz, Ragash y Chulgones, presentando pendientes entre 22° y 35° (Figura 03).

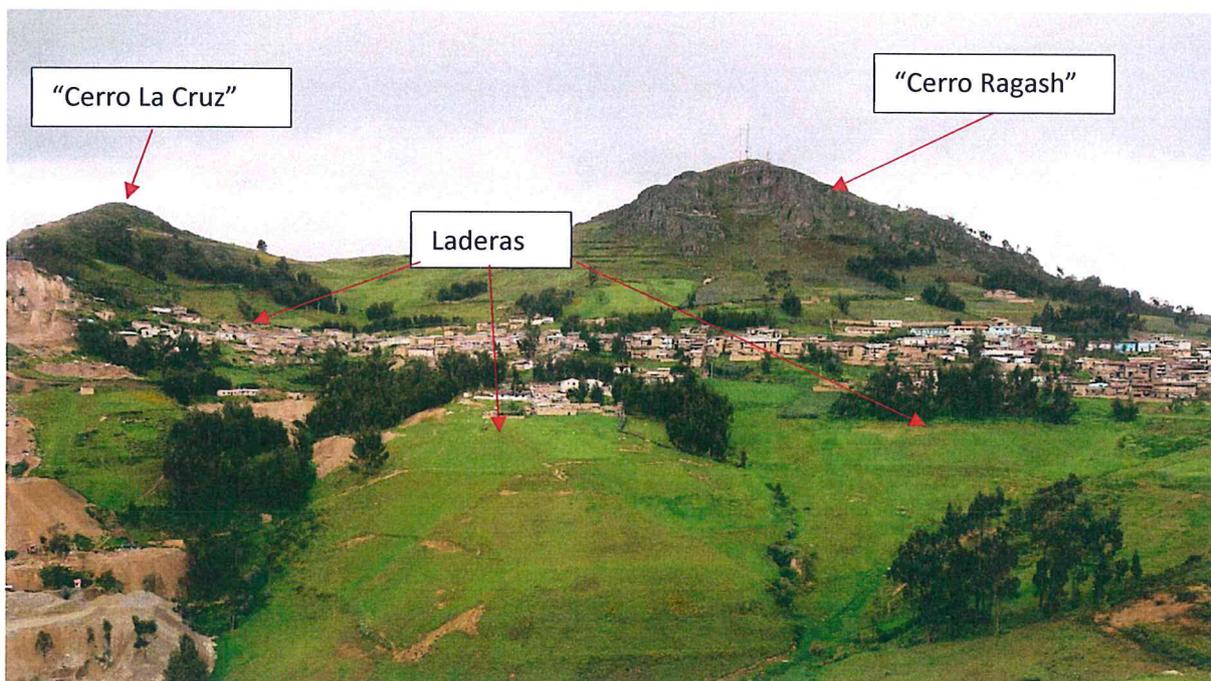


Figura 03. Vista de las laderas de montañas en roca volcánicas del poblado de Salpo. Fuente: Elaboración Propia 2019

c) Ladera de Montaña en roca volcánica, antropizada:

Representada parcialmente por la pendiente de montaña denominada como cerro La Cruz, que ha sido banqueteadada por la actividad minera realizada por el hombre, presenta pendientes entre 15° y 20°.

Estas laderas de montaña se encuentran disectadas por quebradas estacionales y activas todo el año con poco caudal, aumentando sus caudales en periodos de lluvias intensas, estas escorrentías llegan a la quebrada principal denominada Ragash que discurre en sentido SO-NE (Figura 04).



Figura 04. Vista de ladera antropizada y de escorrentías superficiales que disectan las laderas de montañas de los alrededores del poblado de Salpo, llegando a la quebrada principal Ragash. Fuente: Elaboración Propia 2019

5.1.2 Vertiente aluvial en formación o joven (V-al)

Se caracteriza por presentar una pendiente suave, menores a 20° a 5° en el fondo, por esta vertiente discurren las aguas de la quebrada Ragash de poco caudal en sentido SO-NE, hacia el río Moche, en su cauce y en sus laderas presentan sedimentos dejados por las escorrentías superficiales que discurren a esta quebrada principal dentro de su cauce se distinguen apenas terrazas de un 1 m de altura aproximadamente (Figura 05).

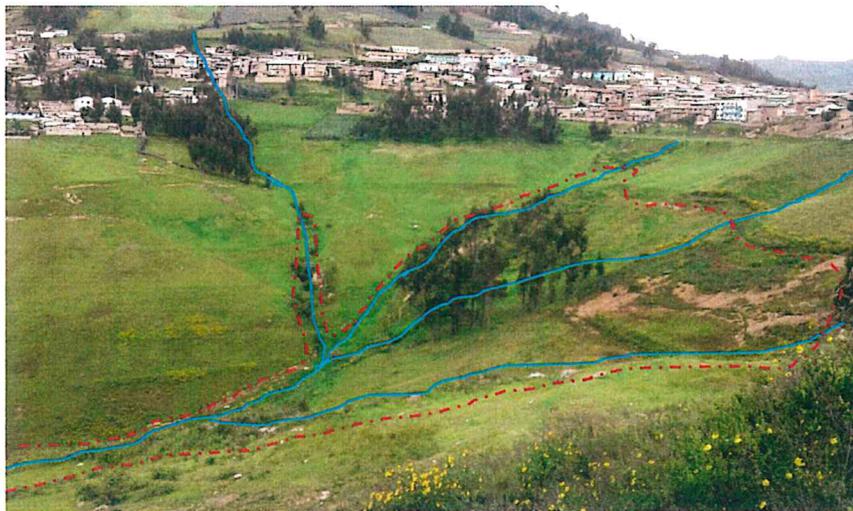


Figura 05. Vista de la vertiente aluvial con pendientes inclinadas de 20° , formada por la quebrada Ragash que discurre de este punto alto hacia el punto más bajo vertiendo sus aguas en el río Moche. Fuente: Elaboración Propia 2019

Cabe resaltar que las geoformas se han cartografiado en campo y se han registrado en un mapa geomorfológico, ver Mapa 1.4 (Anexo 01).

6. GEOLOGÍA

Se ha utilizado como base de referencia la geología regional del cuadrángulo de Otuzco (hoja 16f-II) a escala 1/50 000, elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Navarro. P, et al., 2006).

A continuación, se describe de forma breve el contexto geológico desde el punto de vista regional y local:

6.1 Geología regional

El área de estudio morfoestructuralmente se encuentra en la parte oriental de la Cordillera de los Andes.

Regionalmente afloran secuencias estratigráficas de rocas Mesozoicas de la Formación Punta Moreno del Jurásico tardío, compuesta por areniscas de color gris verdoso a gris claro, suprayaciendo a esta formación geológica yace el Grupo Goyllarisquizga, del Cretácico temprano a tardío compuesto por materiales sedimentarios de ambiente continental y marino, suprayaciendo a estas secuencias sedimentarias en discordancia erosional se encuentran rocas volcánicas y flujos piroclásticos del Grupo Calipuy del Paleógeno-Neógeno de la era Cenozoica, compuestos por varias formaciones geológicas que constituyen complejos volcánicos, tales como: Volcánico Salpo, Caldera Carabamba, Paccha, Rushos y Upillao, cabe destacar que en el Cretácico tardío se emplaza el Batolito de la Costa compuesto por cuerpos intrusivos de granitos y granodioritas llegando a intruir rocas Mesozoicas hasta rocas del Terciario temprano. Finalmente, en el Terciario tardío se emplaza cuerpos subvolcánicos (domos) de dacitas porfiríticas seguidas de cobertura Cuaternaria compuesta por depósitos aluviales.

6.2 Geología estructural

Los rasgos estructurales guardan relación con las condiciones y naturaleza de las rocas donde han actuado fuerzas tectónicas hasta obtener la formación de estructuras geológicas registradas actualmente.

Regionalmente en el cuadrángulo de Otuzco las rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias se encuentran plegadas y formando anticlinales y sinclinales con rumbo SE-NO y EO, el extenso manto de rocas volcánicas del Grupo Calipuy, situado en el flanco oriental de la Codillera de los Andes en los sectores de Otuzco y Salaverry presentan suave ondulación, con pequeños fallamientos locales, lo que hace suponer que las últimas etapas de la Orogenia Andina afectaron de manera moderada, en el Cretácico tardío al Terciario temprano se emplazó el Batolito de la Costa y numerosos cuerpos intrusivos presentándose diaclasados y afectados por fallas normales con dirección SE-NO, SO y EO, levantando rocas del Jurásico tardío quedando como techos colgantes.

Estructuralmente entre Cajamarca y Santa Cruz, posiblemente se encuentre un cuerpo rígido de rocas antiguas, que ha producido la desviación de los ejes estructurales. En conclusión, estos rasgos estructurales se han originado por esfuerzos producidos durante la Orogenia Andina, a los que se les sumaron esfuerzos por emplazamientos del Batolito Costanero y movimientos epigenéticos. Fuente SGM, 1967

6.3 Geología local

Se realizó el reconocimiento y delimitación de las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona urbana y en los alrededores del poblado Salpo, cabe resaltar que dichas unidades se encuentran cartografiadas y registradas en un mapa geológico, ver Mapa 1.5 (Anexo 01), que a continuación se describen:

6.1.1 Formación Caldera Carabamba (Po-car/2)

Está conformada litológicamente por flujos piroclásticos riolíticos soldados de color gris con tonalidades violáceas claras, con alto contenido de cuarzo, se encuentran muy sólidos en las cimas de los cerros, presentando meteorización y alteración en sus laderas con tonalidades gris claro, cremoso a anaranjado, ambas se encuentran fracturadas (Figura 06).

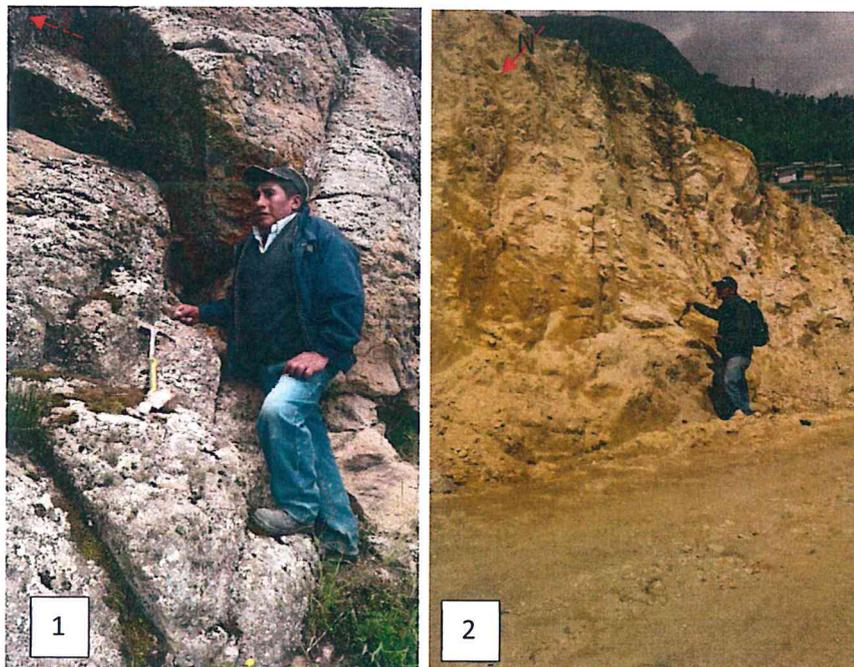


Figura 06. Vista de derrames piroclásticos de dacitas y riolitas soldadas muy duras, de color gris con tonalidad violácea clara, afloran en el cerro Ragash, Santa Cruz y cerro Chulgones (1). En la figura de la derecha se aprecia la misma roca muy fracturada, húmeda y con alteración hidrotermal, de color amarillento (2). Fuente: Elaboración Propia 2019.

6.1.2. Depósito aluvial (Qh-al)

Conformado por sedimentos depositados en quebradas, siendo estos materiales de gravas subredondeadas a angulosas, en matriz areno arcillosa, ver figura 07.

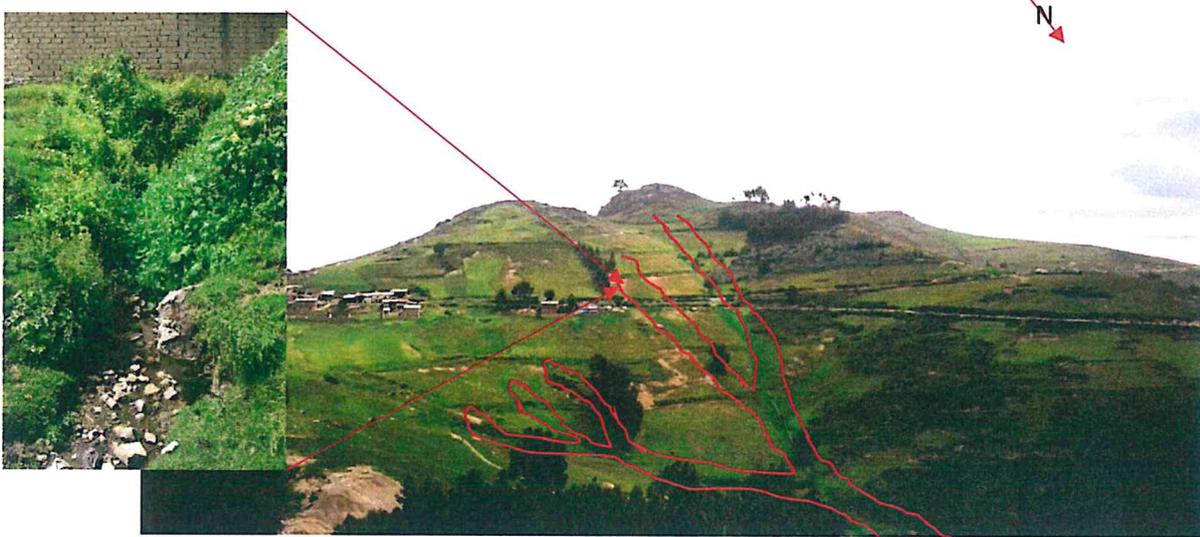


Figura 07. Vista de depósitos aluviales sedimentados en los ramales de la quebrada Ragash que surcan de SE-NO al pueblo de Salpo y se dirigen hacia NE, hasta depositar sus aguas en el río Moche. Fuente: Elaboración Propia 2019

6.1.3. Depósito deluvial (Qh-de)

Conformado por sedimentos alterados y procedentes de rocas volcánicas piroclásticas, conformados por limos areno-arcillosos de color crema con escasa grava subangulosas, presentan poco transporte desde su roca madre, tienen consistencia media a compacta (Figura 08).

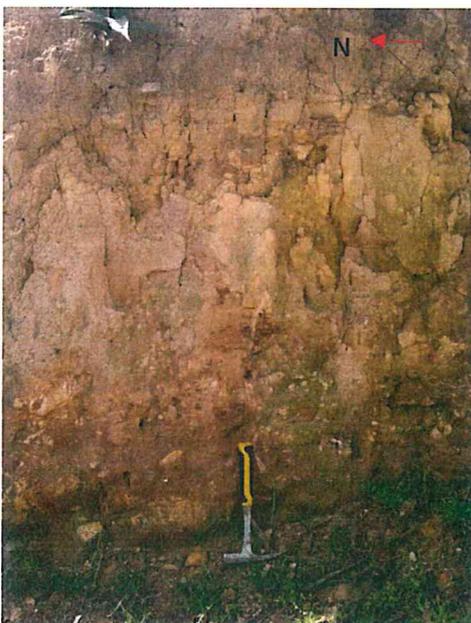


Figura 08. Vista de depósitos deluviales de poco transporte y espesor, presentan entre 1.5 m y 2 m de espesor, donde se asienta el poblado de Salpo, se encuentran en las laderas de los cerros y a 200 m aproximadamente de su roca madre. Fuente: Elaboración Propia 2019

6.1.4. Depósito antrópico:

Conformado por sedimentos fino de relaves mineros de color crema y fragmentos de rocas piroclásticas desprendidos de ladera de montaña antropizada con desnivel de 250 m, debido a la actividad minera artesanal que se desempeña en la entrada al poblado de Salpo (Figura 09).



Figura 09. Vista del depósito antrópico acarreado de la actividad minera artesanal e ilegal y de los hundimientos desencadenados por esta misma. Fuente: Elaboración Propia 2019.

A continuación, se presenta en la figura 10, el mapa geológico local de la zona de estudio, donde además se cartografió en campo un alineamiento de fractura en dirección NO-SE, en la ladera de Montaña denominada como cerro La Cruz (según Sáez. F. 2005, las que presentan estas direcciones son fallas normales).

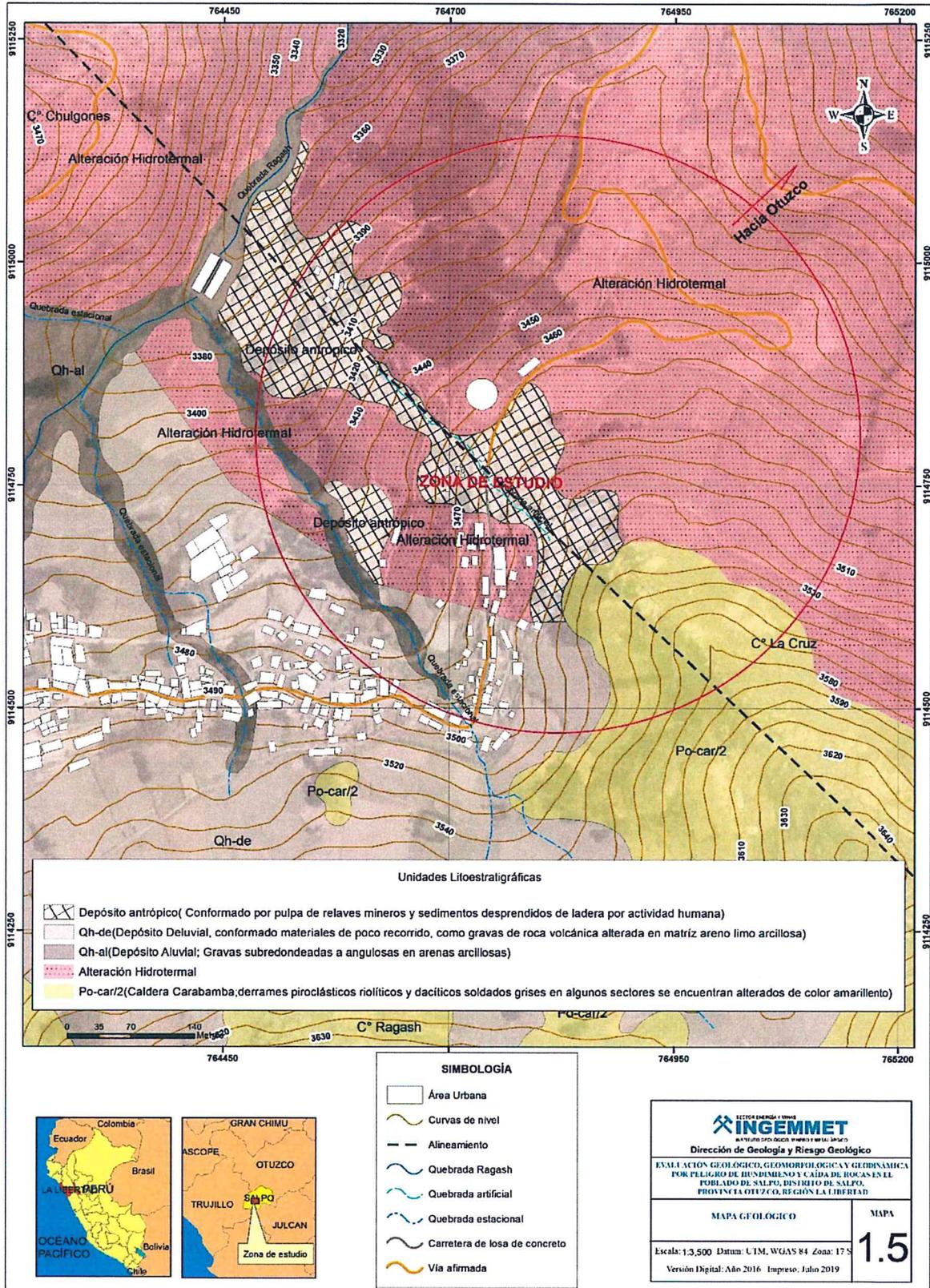


Figura 10. Mapa Geológico de la zona de estudio. Fuente: Propia y modificada de INGEMMET 2019

7. GEODINÁMICA

Comprende el estudio de todos aquellos agentes, fuerzas internas y externas que actúan en los procesos dinámicos de la tierra, se divide en la geodinámica externa donde se estudian los procesos y agentes exógenos que modifican la superficie terrestre y la geodinámica interna que estudia los procesos y agentes endógenos de la estructura interna de la tierra en base a la tectónica, vulcanología y geofísica, estos procesos originan cambios físicos y químicos que se ven reflejados en la superficie de la tierra.

Es importante incidir en la geodinámica externa, ya que al analizar los factores condicionantes como: la pendiente, estructuras, geomorfología, litología, tipo de suelo, entre otros., y los factores desencadenantes tales como: sismos, precipitaciones, actividades antrópicas, permite tener una idea clara de las condiciones físicas del terreno y como han actuado los procesos geológicos externos como la meteorización y erosión, que contribuyen a la ocurrencia de eventos y/o peligros geodinámicos.

7.1 Caracterización de peligros geológicos

El peligro es todo evento, hecho, suceso potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, que ocurre en un lugar específico y en un tiempo dado con cierta intensidad y frecuencia.

Los peligros geológicos identificados en campo mediante la cartografía geodinámica e interpretación de imágenes tomadas con VANT e imágenes satelitales de Google Earth y algunas fotografías obtenidas de información de noticias y de informes locales de INDECI, son por hundimiento y caída de rocas provocados por los factores desencadenantes antrópicos y naturales a la vez, el primero se refiere a las labores mineras abandonadas por la minera Pan American Silver en 1998 y que desde el 2003 a la fecha vienen siendo extraídos los pilares con mineral de Au y Ag que sostienen las cajas techos por personas que se dedican a la minería ilegal y por mineros informales o artesanales que hoy se encuentran inscritas en el registro de mineros informales en proceso de formalización como pequeños mineros (REINFO), ubicados paralelamente al alineamiento de fractura NO-SE, levantada localmente en campo, tanto en la parte alta como media de la ladera de la montaña La Cruz.

Cabe precisar que en la parte baja de la ladera de la montaña La Cruz también se viene desarrollando dicha actividad, contribuyendo a la inestabilidad de la ladera ya que los socavones son perpendiculares a dicho lineamiento, de la misma manera a este factor se le suma las precipitaciones pluviales que se infiltran por las fracturas ayudando a que los hundimientos y caídas de roca locales provenientes del macizo rocoso fracturado se produzcan de manera violenta en la zona de estudio.

A continuación, en las figuras 11, 12 y 13, se muestran lo que ocurrió en enero del 2019 y las evidencias dejadas por la ocurrencia de peligro por hundimiento.



Figura 11 y 12. Vista del hundimiento de la carretera de losa de concreto a la entrada de la localidad de Salpo ocurrido el 22 de enero del 2019. Fuente: INDECI-SALPO, 2019



Figura 13. Evidencias de hundimientos y fisuras registradas en la entrada a la localidad de Salpo generados por la actividad minera informal. Fuente Periódística virtual: La Industria.

Cabe resaltar que la municipalidad distrital de Salpo, después de ocurrido el peligro geológico realizó la rehabilitación de este tramo hundido de aproximadamente 100 m, sin embargo en la inspección realizada por los profesionales de INGEMMET, demuestran que hay aun evidencias de grietas de tracción en el suelos de 10 m de longitud y 5 mm, la roca fracturada de 15 cm de ancho, 15 m de largo y 12 de alto, también hay un alineamiento de fractura NO-SE que surca este tramo de la zona mineralizada, sumando el mal laboreo subterráneo, evidencian que esta zona es susceptible a múltiples hundimientos y caída de rocas a corto y largo plazo, ver fotografía 14 y 15.



Figura 14. Evidencias de laboreo minero subterráneo artesanal y de mediana minería desarrollado a inmediaciones del poblado de Salpo que provocaron hundimientos y caída de rocas en enero y febrero del 2019 afectando a una carretera de losa de concreto poniendo en peligro a la seguridad física de personas, vehículos que transitan por esta vía, así como también la de 8 viviendas y la comisaría de Salpo. Fuente: Elaboración Propia 2019

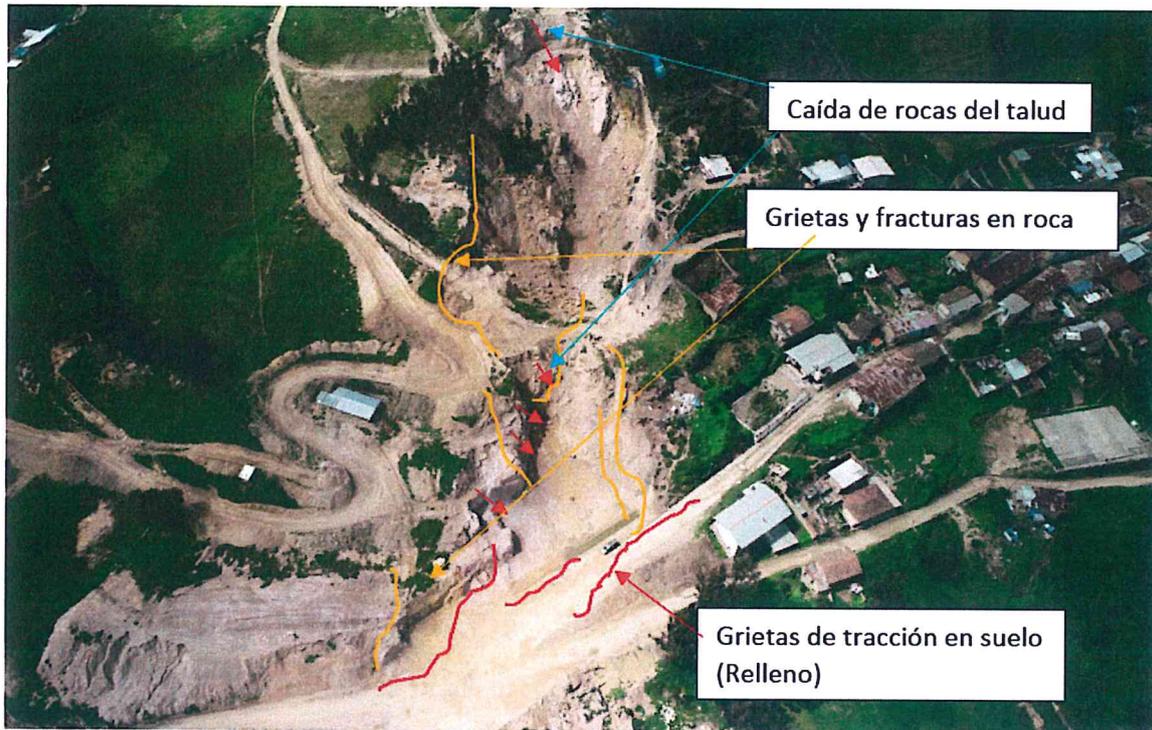


Figura 15. Evidencias de caída de rocas, grietas de tracción en el suelo, grietas y fracturas en la roca del talud, después que se realizó la rehabilitación de la vía por la municipalidad distrital de Salpo. Fuente: Elaboración Propia 2019

7.1.2. Análisis de las causas de los peligros geológicos

El peligro analizado en la zona de estudio es por caída de rocas y hundimiento ambos provocados por acción antrópica. El primero es condicionado por la mala inclinación del ángulo de reposo del talud o de la ladera donde predomina roca volcánica piroclástica fracturada, además de un alineamiento de fractura NO-SE de 2.5km de longitud aproximadamente, a lo largo de una falla dextral normal y desencadenado por factores como la gravedad, precipitaciones pluviales extremas y factor dinámico(sismos).

El segundo evento es condicionado por los mismos factores condicionantes y desencadenantes del primero, sumándole un factor importante más que es el antrópico, que consiste en excavaciones subterráneas ubicados cotas por encima y por debajo de la carretera de concreto ubicada a la entrada al distrito de Salpo que ha sido afectado por eventos complejos inducidos por el hombre, generando hundimientos y caídas de rocas producto de la actividad minería ilegal, informal o artesanales, después del retiro de las empresas formales, según comentarios de las autoridades del municipales locales y revisión de catastro minero en GEOCATMIN.

Actualmente este tramo de la carretera ha sido rehabilitado, pero sigue siendo susceptible a los peligros antes mencionados ya que en la zona hay evidencias de fisuramientos, agrietamientos y un alineamiento de fractura local con dirección andina NO-SE. Los elementos expuestos que se encuentran en la zona de influencia del peligro por hundimientos y pueden ser afectados son los siguientes: 01 vía de acceso de concreto, 01 iglesia, 01 comisaría, 08 viviendas, 01 pequeño monumento, afecta al 25 % de una zona de reforestación de árboles de eucaliptos, alcanfores y césped. (Basados en datos tomados en el campo).

A continuación, se muestran en los siguientes cuadros 02 y 03, el inventario de peligros geológicos, sus causas que lo generan y las recomendaciones respectivas.

Cuadro 02
 Registro de peligro geológico por hundimiento presente en el poblado de Salpo y recomendaciones

CUADRO DE REGISTRO DE PELIGROS GEOLOGICOS EN EL POBLADO DE SALPO							
Item	Peligro Geológico	Ubicación y Descripción	Causas	Elementos expuestos y consecuencias (Daños)	Coordenadas UTM-DATUM WGS84-ZONA 17S	Zona con:	Recomendaciones
1	Hundimiento	A 693 m al noreste de la plaza de armas del poblado Salpo, se identificó indicios de grietas de tracción evidencias de Hundimiento que ocurrieron desde julio del 2018 y 22 de Enero del 2019 con mayor extensión por actividad minera subterránea con deficiencia técnica en sostenimiento, explotación y seguridad.	Factores condicionantes propios del entorno geográfico son: Litología: En el Cerro la Cruz afloran rocas piroclásticas riolíticas con mas de 4 familias de fracturas y un alineamiento de falla en sentido NO-SE de 2.5 km aproximadamente, presenta alteración hidrotermal moderada a alta. Suelos moderadamente humedos debido a las filtraciones de escorrentías superficiales que filtran por las fracturas de la roca. Cobertura vegetal entre 25% y 50% de área cubierta por plantaciones de eucalipto, forraje y alcanfor. los hundimientos se dan en ladera de la montaña La Cruz. Pendiente entre 15° y 35°. Los factores desencadenantes que favorecen la ocurrencia de estos eventos son: Por sí mismo predominando el de mayor o igual recurrencia en la zona siendo de 6 Mw a escala de Richter. Anomalías de Precipitaciones extremas que superan a las normales en un 200%, de 170 mm a 400.2 mm. El mayor factor detonante es el antrópico por actividad minera ilegal y artesanal realizada sobre y debajo de la zona afectada, laboreo minero deficiente y extracción de pilares con mineral que sostienen las galerías existentes.	01 vía de acceso de concreto, 01 iglesia, 01 comisaría, 08 viviendas, 01 pequeño monumento, afecta al 25 % de una zona de reforestación de árboles de eucaliptos, alcanfores y césped.	Identificado en la coordenada: 764739.5 m E, 9114767.3 m N.	Peligro Alto	Realizar un cambio de trazo de carretera para la entrada hacia el poblado de Salpo. Reubicación de elementos expuestos hacia el peligro por hundimiento.

Fuente: Elaboración Propia 2019

Cuadro 03
 Registro de peligro geológico por caída de rocas presente en el poblado de Salpo y recomendaciones

CUADRO DE REGISTRO DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL POBLADO DE SALPO							
Item	Peligro Geológico	Ubicación y Descripción	Causas	Elementos expuestos y consecuencias (Daños)	Coordenadas UTM-DATUM WGS84-ZONA 17S	Zona con:	Recomendaciones
2	Caída de rocas	En esta misma zona donde se presentan los peligros por hundimientos, también se presentan peligros por caída de roca en taludes realizados por el hombre a 25 m al noreste y 128 m al noroeste del mismo, presentándose con inclinaciones verticales, rocas fracturadas y alteración media a alta y humedad moderada.	Factores condicionantes propios del entorno geográfico son: Litología: En el Cerro la Cruz afloran rocas piroclásticas riolíticas con mas de 4 familias de fracturas y un alineamiento de falla en sentido NO-SE de 2.5 km aproximadamente, presenta alteración hidrotermal moderada a alta. Suelos moderadamente humedados debido a las filtraciones de escorrentías superficiales que filtran por las fracturas de la roca. Cobertura vegetal entre 25% y 50% de área cubierta por plantaciones de eucalipto, forraje y alcañor. los hundimientos se dan en ladera de la montaña La Cruz. Pendiente entre 15° y 35°. Los factores desencadenantes que favorecen la ocurrencia de estos eventos son: Por sismo predominando el de mayor o igual recurrencia en la zona siendo de 6 Mw a escala de Richter. Anomalías de Precipitaciones extremas que superan a las normales en un 200%, de 170 mm a 400.2 mm. El mayor factor detonante es el antrópico por actividad minera ilegal y artesanal realizada sobre y debajo de la zona afectada, laboreo minero deficiente y extracción de pilares con mineral que sostienen las galerías existentes.	100 metros de lo que fue una carretera con losa de concreto y 100 m de trocha carrozable aproximadamente 90 m debajo de la primera carretera y 3 galerías existentes.	Identificado en la coordenada: 764775.1 m E, 9114738.2 m N. y 764672.8 m E, 9114838.6 m N.	Peligro Alto	Realizar un estudio geomecánico y de estabilización del talud para realizar un sostenimiento respectivo en este tramo. En todo caso realizar un trazo nuevo de la carretera entrada hacia el poblado de Salpo.

Fuente: Elaboración Propia 2019

Cabe resaltar que la estimación del peligro por hundimiento y caída de rocas se basa en las evidencias levantadas en campo, elementos expuestas propensas a ser afectadas y analizando las causas que lo generan, ver figura 16 y Mapa 1.6 (Anexos 01).

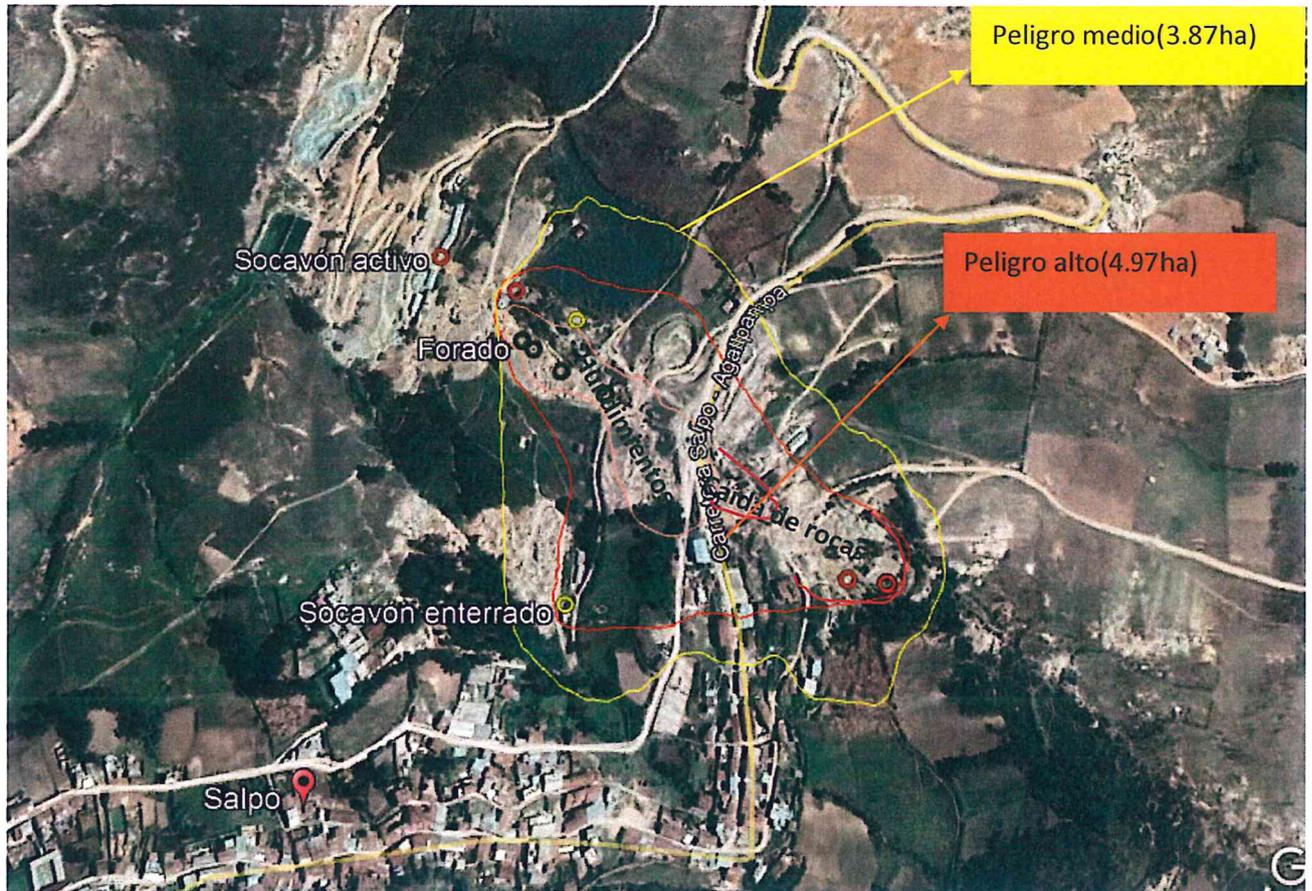


Figura 16. La zona estudiada se considera de peligro alto por hundimiento y caída de rocas según el análisis de las causas que lo generan, los elementos expuestos a ser afectados, determinando un área con peligro medio por hundimiento por presentar algunas evidencias de fracturas y estar próxima a socavones enterrados ubicada a inmediaciones de la zona de influencia. Fuente: Elaboración propia con ayuda de imagen satelital Google Earth.

CONCLUSIONES

- a) Según la cartografía geológica la caída de rocas y los hundimientos se dan en la Formación Volcánico Carabamba constituido por rocas piroclástica riolíticas y cenizas gris blancuzcas, soldadas, fracturadas y moderadamente alteradas.
- b) Según la cartografía geomorfológica la zona de estudio se encuentra en la ladera de Montaña volcánica, denominada como cerro La Cruz, presentando pendientes de 22° y 35°.
- c) Se registraron fisuras y grietas en la zona afectada, luego de haberse hecho el mantenimiento y rehabilitación respectiva con afirmado realizado por la municipalidad distrital de Salpo interpretando que esta zona es crítica donde estos eventos se van a seguir presentando.
- d) En periodos de lluvias extremas el agua de escorrentía superficial se filtrará por estas zonas fracturadas, causando daños en las otras laborares ubicadas cotas abajo de la carretera de concreto afectada, desencadenando los mismos problemas ocurridos anteriormente.
- e) En la zona de estudio se han registrado cerca de 5 socavones, perpendiculares al alineamiento de fractura NO-SE, de 2.5 km aproximadamente (según Sáez, F. 2005 las que presentan esta dirección andina son fallas normales).
- f) Según la cartografía geodinámica de la zona de estudio el hundimiento y la caída de rocas registradas en superficie son provocados por la extracción de pilares de mineral que soportan las cargas de los techos de labores subterráneas antiguas extraídas por mineros del régimen ilegales y artesanales.
- g) El área de afectación de la zona de estudio es de 1.06 ha, llegando a estar expuestas 25% de áreas de reforestación, 08 viviendas, 01 comisaría y 01 iglesia. Cabe mencionar que los hundimientos alcanzaron los 12 m de profundidad quedando atrapados vehículos de carga de mineral en su interior.
- h) Las excavaciones mineras se ubican a lo largo de 200 m lineales cotas abajo del tramo afectado y a lo largo de 180 m lineales cotas arriba de dicha zona.
- i) Por todo lo expuesto anteriormente, en el poblado Salpo donde se identificaron los peligros geológicos por hundimiento y caída de rocas, presentan peligro alto, sectorizando un área con peligro medio por hundimiento.
- j) Según la Norma E.030 de "Diseño Sismo Resistente" del reglamento nacional de edificaciones la zona de estudio se encuentra en la zona sísmica 03, cuyo factor de aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, "z" se expresa como fracción de la aceleración, siendo este de 0.35, determinándose que las viviendas a construir deben estar hechas con estructuras de acero y concreto de sistema dual, muros de concreto armado, albañilería armada o confinada para atenuar los esfuerzos de corte por vibración de ondas sísmicas.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar el cambio de trazo de la vía de acceso hacia el poblado de Salpo hacia una zona estable que no esté expuesta a estos eventos analizados, se recomienda realizarla bordeando la parte SE de los cerros la Cruz y Ragash hasta unirla con la carretera hacia el poblado de Agallpampa o por debajo de la Ladera de la Montaña "Cerro La Cruz" para conectar dicha carretera de Agallpampa mediante un puente con la vía ubicada al NW del poblado de Salpo, todo ello previo a un estudio geotécnico.
- b) Realizar ensayos geofísicos para determinar espesores de suelo y roca, verificación de suelos rígidos y blandos, nivel freático y fracturamientos en profundidad, mediante ensayos de geoeléctrica y/o refracción sísmica, corroborándolo mediante un estudio geotécnico a detalle y ver la forma si es factible de realizar una obra de carretera en este mismo tramo, cesando la actividad minera o tomando las medidas correctivas posibles, de lo contrario se retomará la idea del nuevo trazo de carretera, quedando a disposición de las autoridades respectivas.
- c) La municipalidad distrital de Pataz debe solicitar al ente representante y responsable como la DREM de realizar una investigación, inspección o fiscalización a profundidad, con el fin de establecer quien ocasionó legalmente dichos eventos inducidos por la actividad minera y a qué medidas correctivas llegar o que se detenga la explotación minera ilegal o artesanal en el sector afectado.
- d) Drenar o canalizar las aguas que se filtran por las fracturas del macizo rocoso y estabilizar la ladera del cerro La Cruz con sus respectivas banquetas y ángulos de reposos, para evitar la caída de rocas y la filtración de agua de escorrentía superficial en periodos de lluvias extremas hacia las labores ubicadas cotas abajo de la vía de concreto afectada.
- e) Según los daños obtenidos por estos eventos, no se debe construir viviendas en la zona de peligro alto y medio, de la misma forma reubicar a las 8 viviendas cercanas y la comisaría de Salpo, ya que están cerca a los agrietamientos, determinando también que a 80 m al oeste de la comisaría hay un socavón antiguo.


.....
Ing. CESAR A. MACALTANA BUDIEL
(Director (e))
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

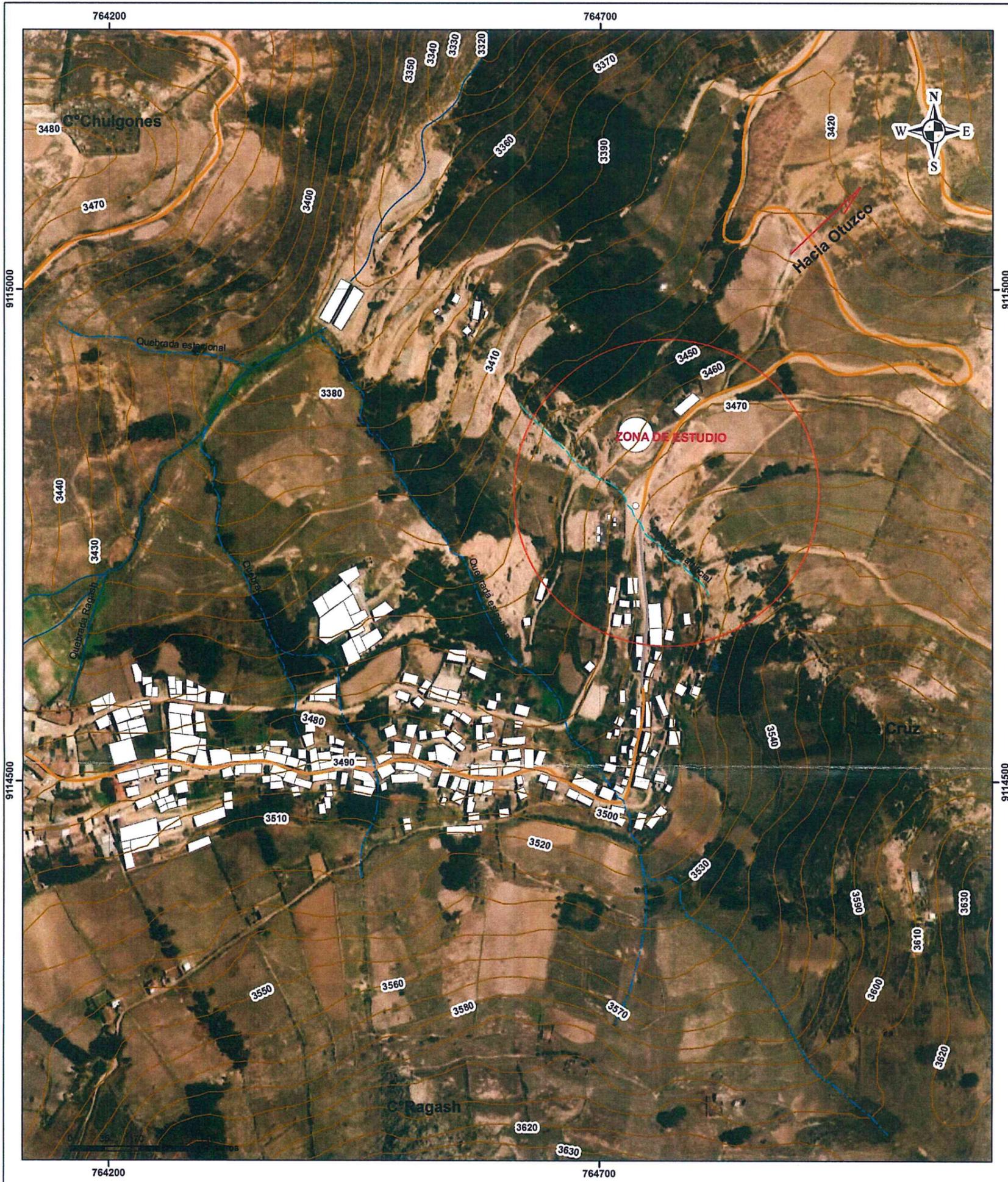
BIBLIOGRAFÍA

- Beláustegui, S. (1999). Pendientes del Terreno y Fundamento del Caudal Máximo No Erosivo. Hoja técnica N° 07. Buenos Aires – Argentina, 4 p.
- Díaz, Walter. (2001). Estudio Técnico del Pasivo Ambiental de la Mina Salpo. Minera Salpo S.A. Informe Interno.
- Fidel, L., Zavala, B., Núñez, S., Valenzuela, G. (2006). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N°4. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29. 383 p.
- Gutiérrez, M. (2008). Geomorfología. Edit. Pearson/Prentice Hall, Madrid, 898 p. ISBN 97884832-23895.
- Medina, L. & Luque, G. (2008). Informe preliminar: Zonas Críticas en la Región La Libertad. Disponible en: <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/2006>.
- Medina, L. Luque, G. & Pari, W. (2012). Riesgo Geológico en la Región La Libertad, Boletín N°50 serie C.
- Navarro, P. y otros. (2006). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Otuzco (hoja 16f-II), escala 1/50 000, Lima-Perú.
- Sáez, F. (2005). Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Geólogo "Geología y Exploración del Yacimiento de Salpo, Otuzco, La Libertad". UNI-Lima-Perú.
- SENAMHI, (2019). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía, "Estación Meteorológica Convencional Salpo".
- SGM, (1967). Boletín N°17; "Geología del Cuadrángulo de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa" (hojas; 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f,18-f) realizado por el servicio de geología y minería. Lima-Perú.
- 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.
- Zinck, J. & Valenzuela, C, (1990). Soil geographic database: Structure and Application examples. ITC Journal, 1990(3), 270-294.
- Zinck, J. A, (1988). Physiography and soils. Lecture notes. Enschede, the Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC).
- Fuente periodística virtual: [www.La industria.com](http://www.Laindustria.com)

ANEXOS

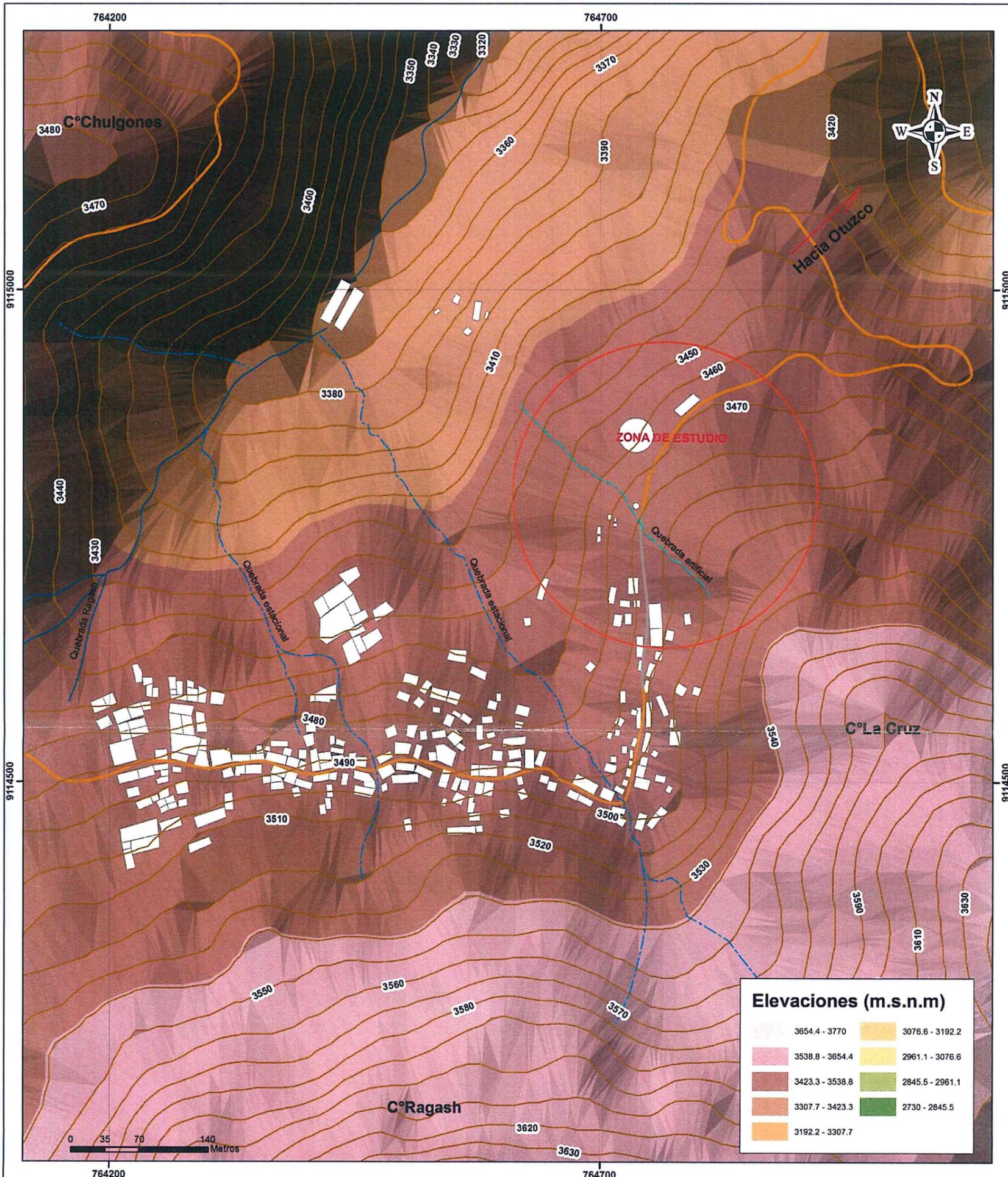
Anexo 01: Mapas

- Mapa 1.1: Ubicación y Accesibilidad
- Mapa 1.2: Elevaciones
- Mapa 1.3: Pendientes
- Mapa 1.4: Geomorfológico
- Mapa 1.5: Geológico
- Mapa 1.6: Peligros Geológicos



SIMBOLOGÍA	
	Área Urbana
	Curvas de nivel
	Quebrada Ragash
	Quebrada artificial
	Quebrada estacional
	Carretera de losa de concreto
	Vía afirmada

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología y Riesgo Geológico	
EVALUACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEODINÁMICA POR PELIGRO DE HUNDIMIENTO Y CAÍDA DE ROCAS EN EL POBLADO DE SALPO, DISTRITO DE SALPO, PROVINCIA OTUZCO, REGIÓN LA LIBERTAD	
MAPA DE UBICACIÓN	MAPA
Escala: 1:3,500 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S Versión Digital: Año 2016 Impreso: Julio 2019	1.1

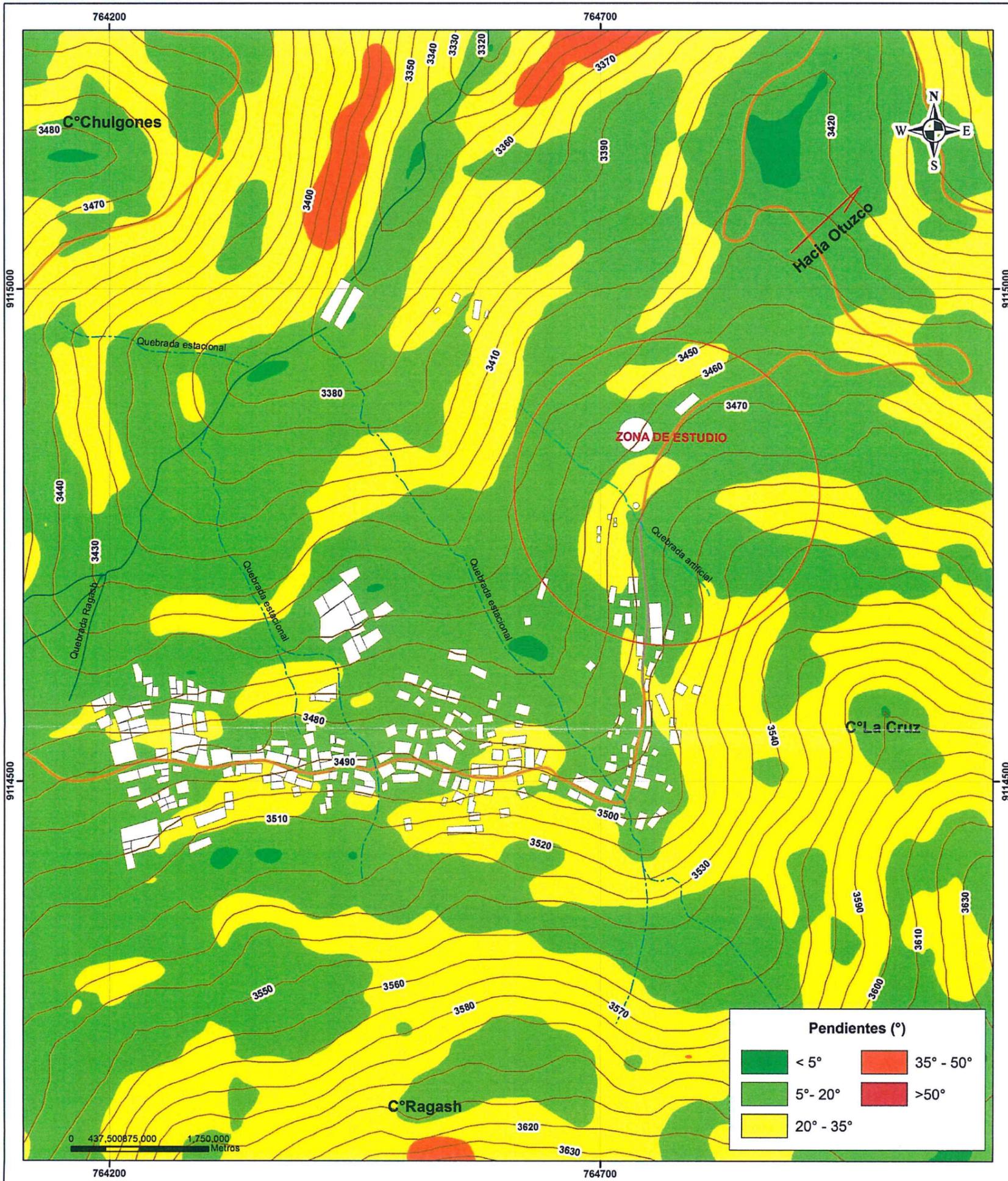


3654.4 - 3770	3076.6 - 3192.2
3538.8 - 3654.4	2961.1 - 3076.6
3423.3 - 3538.8	2845.5 - 2961.1
3307.7 - 3423.3	2730 - 2845.5
3192.2 - 3307.7	



	Área Urbana
	Curvas de nivel
	Quebrada Ragash
	Quebrada artificial
	Quebrada estacional
	Carretera de losa de concreto
	Vía afirmada

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO Dirección de Geología y Riesgo Geológico	
EVALUACIÓN GEOLOGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEODINÁMICA POR PELIGRO DE HUNDIMIENTO Y CAÍDA DE ROCAS EN EL POBLADO DE SALPO, DISTRITO DE SALPO, PROVINCIA OTUZCO, REGIÓN LA LIBERTAD	
MAPA DE ELEVACIONES	MAPA
Escala: 1:3,500 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S	
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Julio 2019	
1.2	



SIMBOLOGÍA

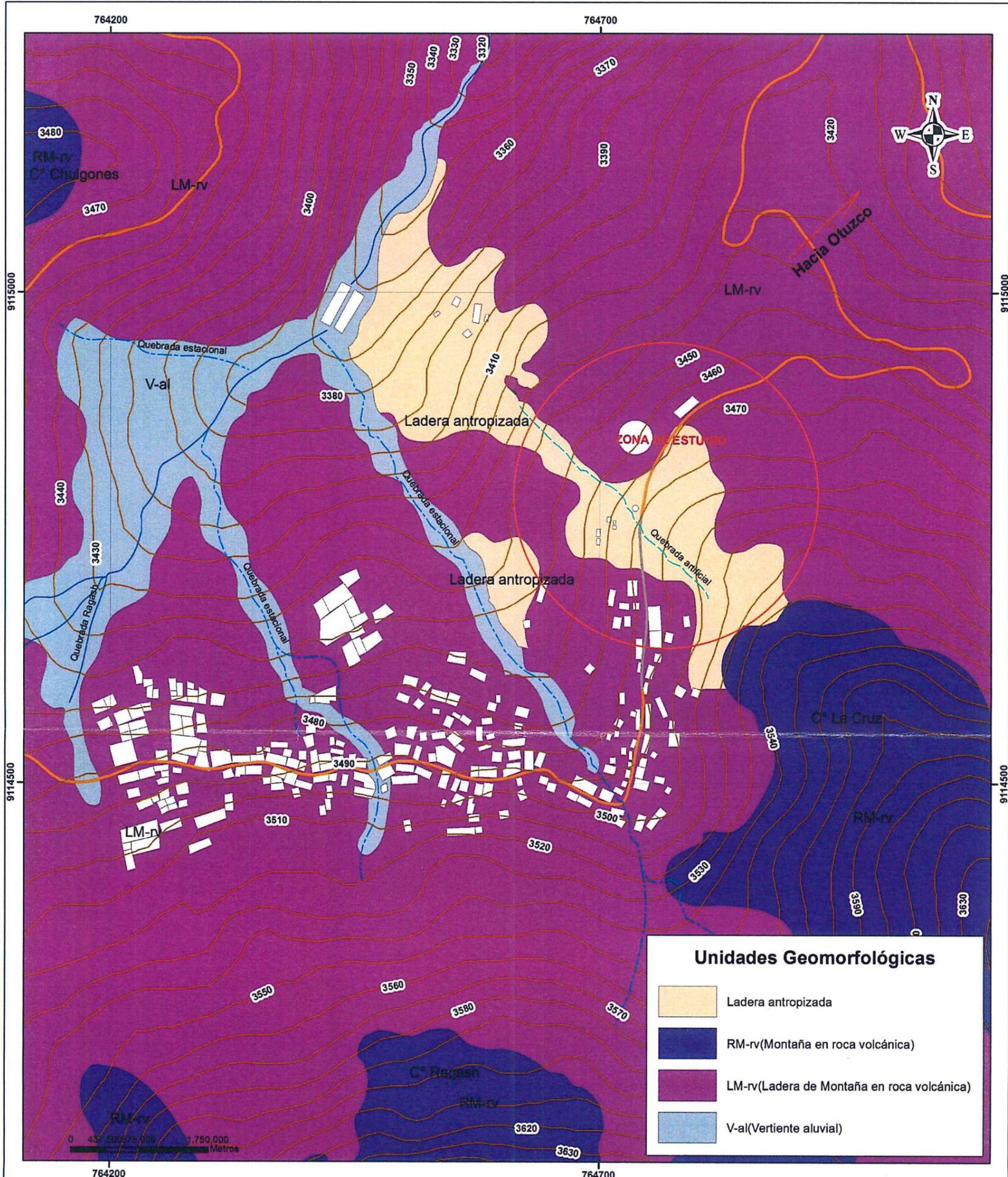
- Área Urbana
- ~ Quebrada Ragash
- ~ Quebrada artificial
- - - Quebrada estacional
- ~ Curvas de nivel
- ~ Carretera de losa de concreto
- ~ Vía afirmada

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

Dirección de Geología y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA Y GEODINAMICA
 POR PELIGRO DE HUNDIMIENTO Y CAÍDA DE ROCAS EN EL
 POBLADO DE SALPO, DISTRITO DE SALPO,
 PROVINCIA OTUZCO, REGIÓN LA LIBERTAD

MAPA DE PENDIENTES	MAPA
Escala: 1:3,500 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S Versión Digital: Año 2016 Impreso: Julio 2019	1.3



Unidades Geomorfológicas

- Ladera antropizada
- RM-rv(Montaña en roca volcánica)
- LM-rv(Ladera de Montaña en roca volcánica)
- V-al(Vertiente aluvial)

SIMBOLOGÍA

- Área Urbana
- Curvas de nivel
- Quebrada Ragash
- Quebrada artificial
- Quebrada estacional
- Carretera de losa de concreto
- Vía afirmada



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

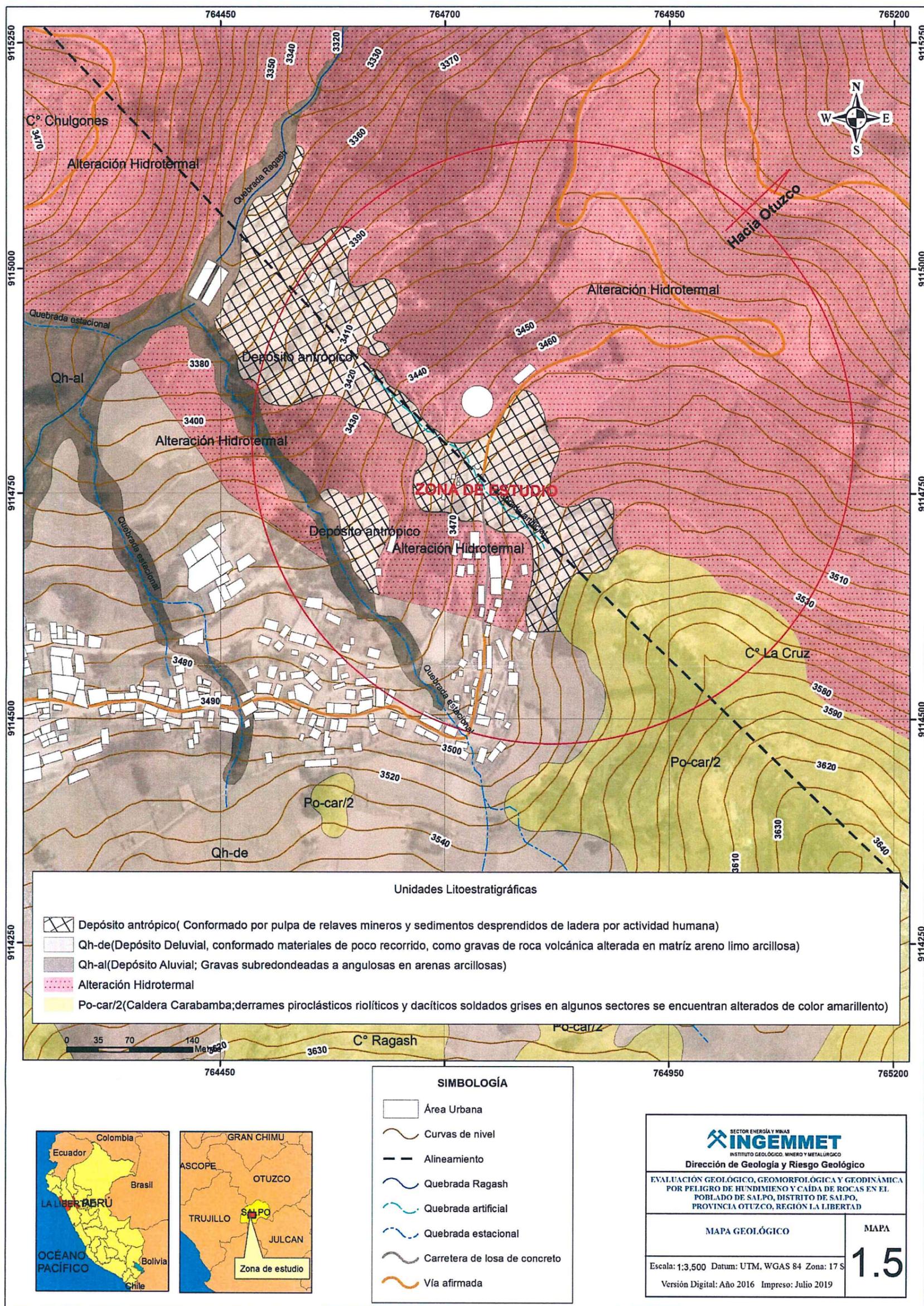
Dirección de Geología y Riesgo Geológico

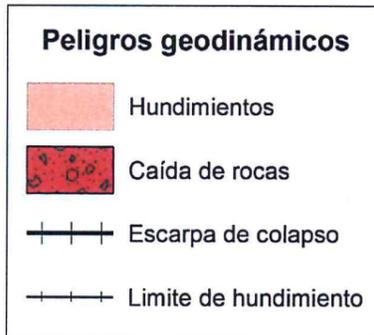
EVALUACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEODINÁMICA POR PELIGRO DE HUNDIMIENTO Y CAÍDA DE ROCAS EN EL POBLADO DE SALPO, DISTRITO DE SALPO, PROVINCIA OTUZCO, REGIÓN LA LIBERTAD

MAPA GEOMORFOLÓGICO

MAPA **1.4**

Escala: 1:3,500 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S
 Versión Digital: Año 2016 Impreso: Julio 2019





SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología y Riesgo Geológico

EVALUACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEODINÁMICA
 POR PELIGRO DE HUNDIMIENTO Y CAÍDA DE ROCAS EN EL
 POBLADO DE SALPO, DISTRITO DE SALPO,
 PROVINCIA OTUZCO, REGIÓN LA LIBERTAD

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS	MAPA
Escala: 1:3,500 Datum: UTM, WGAS 84 Zona: 17 S	1.6
Versión Digital: Año 2016 Impreso: Julio 2019	