

**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME TÉCNICO N° A 6680

**EVALUACIÓN GEODINÁMICA DE LOS FLUJOS DE DETRITOS
DEL 23/03/2015 ENTRE LAS QUEBRADAS
RAYOS DE SOL Y QUIRIO (CHOSICA)
Y CASHAHUACRA (SANTA EULALIA)**

(Distritos Lima y Santa Elulalia, Provincias Lima y Huarochiri, Región Lima)

Image © 2015 CNES / Astrium

Por:

**Segundo Núñez Juárez
Sandra Villacorta Chambi
Christian Hvarez Yarleque**

Abril 2015

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Image © 2015 CNES / Astrium

Image © 2015 DigitalGlobe

Google Earth

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2 ESTUDIOS ANTERIORES:.....	3
2. GENERALIDADES.....	4
2.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS.....	4
2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	7
2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
3. PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS.....	10
3.1 PROCESOS IDENTIFICADOS EN EL DISTRITO DE CHOSICA.....	10
3.2 ANTECEDENTES DE EVENTOS HISTÓRICOS SIMILARES.....	13
3.3 GEODINÁMICA DE LOS EVENTOS EVALUADOS.....	13
3.3.1 Quebrada Quirio.....	15
3.3.2 Quebrada Pedregal /San Antonio.....	21
3.3.3 Quebrada La Libertad.....	31
3.3.4 Quebrada Carossio.....	36
3.3.5 Quebrada Rayos de Sol.....	42
3.3.6 Quebrada Cashahuacra.....	50
4. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS VIABLES.....	55
4.1 MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	55
4.2 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES.....	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	58
AGRADECIMIENTOS.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	61

1. INTRODUCCIÓN

El lunes 23 de marzo del 2013, cerca de a las 14:30 horas, se produjeron intensas precipitaciones pluviales en los distritos de Chosica y Santa Eulalia, reactivando las quebradas de la margen derecha del río Rímac y la quebrada Cashahuacra de la margen derecha del río Santa Eulalia. Se generaron flujos de detritos (huaicos) y de lodo que causaron la muerte de nueve personas y afectaron 443 viviendas, a la Carretera Central desde el km 32 al 36, postes de alumbrado eléctrico, red de tubería de agua y desagüe (INDECI, 2015a y 2015b). La carretera Central se interrumpió por un espacio de cuatro días, y con restricciones por dos semanas.

A raíz de estos acontecimientos, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso que una brigada evalúe la zona. Los trabajos de campo se realizaron del 26 al 28 de marzo y el 07 de abril del 2015.

Por razones de logística se inspeccionaron en un primer momento las quebradas comprendidas entre Rayos de Sol hasta Pedregal, y posteriormente el área de Cashahuacra. La evaluación ha comprendido las áreas más afectadas por los huaicos.

Este documento comprende las observaciones geomorfológicas, geológicas y de evaluación geodinámica en dichas quebradas. Se hace hincapié en las características de los eventos analizados; la susceptibilidad por flujos de detritos de los lugares visitados y recomendaciones pertinentes para futuras lluvias que puedan desencadenar otros eventos similares en la zona.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este informe es evaluar los flujos de detritos acaecidos el 23 de marzo del 2013 en el distrito de Chosica y de la provincia de Lima y el distrito de Santa Eulalia Provincia de Huarochirí, en la región Lima; sus causas y fenomenología. La información servirá para que las autoridades puedan actuar adecuadamente en la prevención y reducción del riesgo de desastres de las localidades evaluadas.

1.2 ESTUDIOS ANTERIORES:

A nivel del distrito de afectación, se cuenta con estudios que han tratado el tema de prevención de desastres y que han sido revisados para la elaboración del presente informe. Figuran entre ellos:

- El estudio realizado por Gonzales, M y Fidel, L. (1983), en los poblados San José de Palle y La Trinchera del distrito de Santa Eulalia, recomiendan una serie de medidas como construcciones de badenes, obras de defensas y reubicación de del Sector de San José de Palle,
- El informe técnico Preliminar Multisectorial, realizado por ENACE, IGP, INGEMMET, PREDES, SENAMHI, UNI en 1987 a raíz de los huaicos del

09.03.87 que afectaron Chosica. Una de las recomendaciones resaltantes son que las áreas afectadas seriamente no deberán rehabilitarse ni habitarse.

- El informe Técnico realizado por Zavala, B. Vélchez, M. y Nuñez, S. (2012), quienes hacen un análisis desde el punto de vista geodinámico de los efectos de los flujos de detritos del 05/04/2012 que afectaron la zona comprendida entre la quebrada La Ronda y Los Cóndores Margen izquierda del río Rímac. Recomiendan una serie de medidas, entre ellos generar modelos numéricos de escenarios probables para las quebradas circundantes.
- El estudio "Geotecnia de los huaicos de Chosica" por Martínez, A (2013) en el cual se dan pautas para encontrar alternativas acordes con la realidad del territorio peruano y ejemplos de lo aplicado por los incas en zonas susceptibles a flujos de detritos.

2. GENERALIDADES

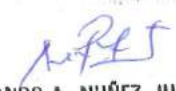
Los flujos de detritos conocidos como "huaicos" son comunes en nuestro país. Ello se debe a la configuración geológica-geomorfológica del territorio peruano. Las características que permiten evaluar la geodinámica del área afectada por los huaycos del 23 de marzo en Chosica y Santa Eulalia se basan en los aspectos geográficos, climáticos, geomorfológicos y geológicos que dominan este sector.

2.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS

El área que comprende la zona evaluada se ubica en la margen derecha del río Rímac, entre los sectores Quirio y Rayos del Sol, pertenecientes al distrito de Chosica y Cashahuacra en Santa Eulalia.

El sector evaluado pertenece a la cuenca del río Rímac donde un porcentaje importante del área urbana (urbanizaciones, asentamientos humanos, zonas residenciales) se asienta en las márgenes inferiores o terrazas aluviales del valle, abanicos proluviales o cauces y conos deyección de las quebradas circundantes, vertientes coluviales o deluviales de laderas contiguas. En su afán de ampliar las áreas urbanas, la población ha ocupado áreas en la desembocadura de quebradas, construyendo viviendas u obras de infraestructura que llegan en algunos casos a obturar o reducir los cauces naturales de las mismas. Luego del evento de 1987, en este sector se tomaron acciones para evitar futuros daños por flujos de detritos construyendo obras de mitigación o prevención; sin embargo, en muchas de ellas existe una falta de seguimiento y no han recibido un mantenimiento adecuado, como por ejemplo los diques que no han sido descolmados debido a la falta de financiamiento y que tienden a incrementar el peligro (Abad, 2009)

Resalta en el área infraestructura de la red vial nacional como lo son la Carretera Central y la vía del Ferrocarril Central, importantes accesos de penetración a la sierra


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

y selva central del país; la Universidad Nacional de Educación "La Cantuta", así como algunas parcelas agrícolas.

Las alturas en este sector se encuentran comprendidas entre los 700 y 900 msnm. en el piso de valle del río Rímac, hasta alcanzar los 1600, 2200 y 2400 msnm. en las nacientes de las quebradas Pedregal, Quirio y Cashahuacra, respectivamente (Figura 1).

Precipitaciones

De acuerdo a los datos proporcionados por SENAMHI las precipitaciones en la estación de Chosica para el mes de marzo del 2015 mostraron un pico de 18 mm el día del evento, que no es elevado si se compara con el valor máximo histórico para esa estación que registro 30.2 mm en el 2002. Sin embargo se debe tener en cuenta que las precipitaciones registradas en esta estación empezaron desde el 17 de marzo incrementándose paulatinamente y registrar un umbral el día 23. Esto permite especular que la lluvia se habría ido acumulando a lo largo de varios días sobre los depósitos superficiales acumulados en el cauce y vertientes de quebradas hasta saturarlos.

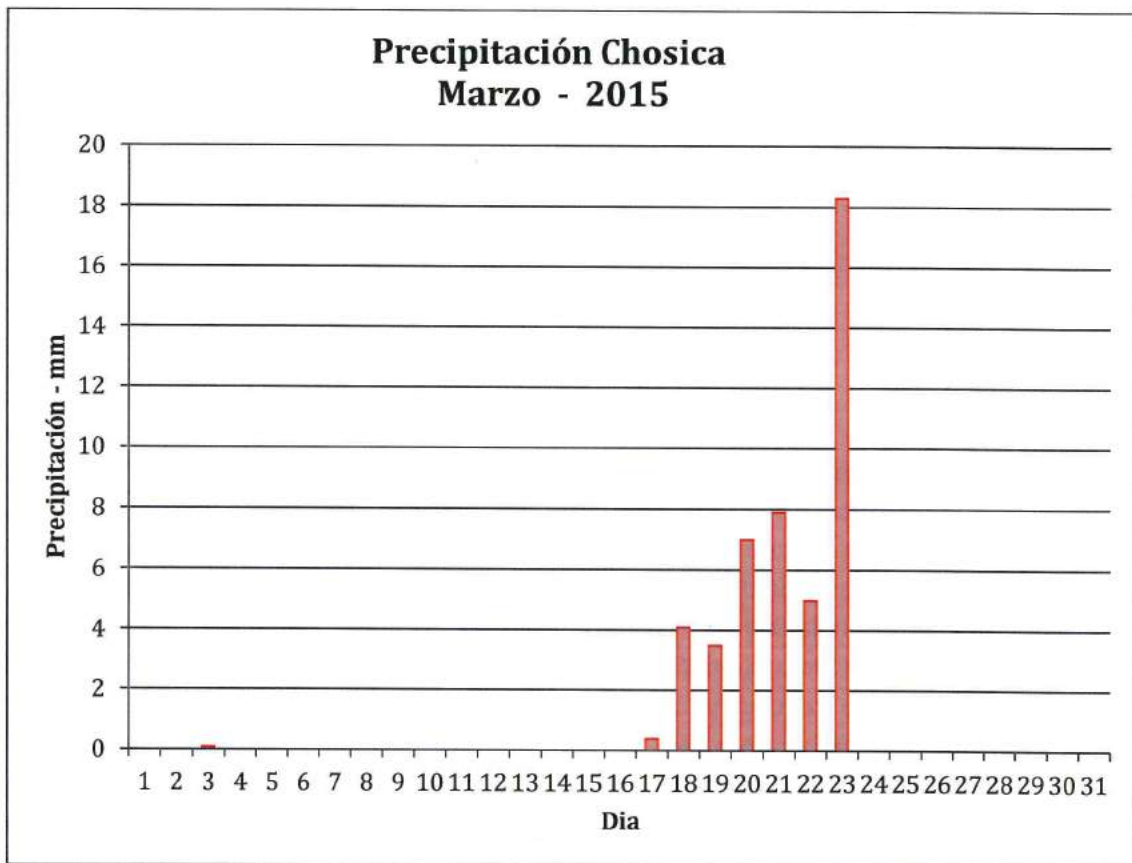




Gráfico 1. Precipitaciones pluviales diarias registradas en la estación Chosica en el mes de marzo del 2015 (SENAMHI, 2015).


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO CIP N° 937064

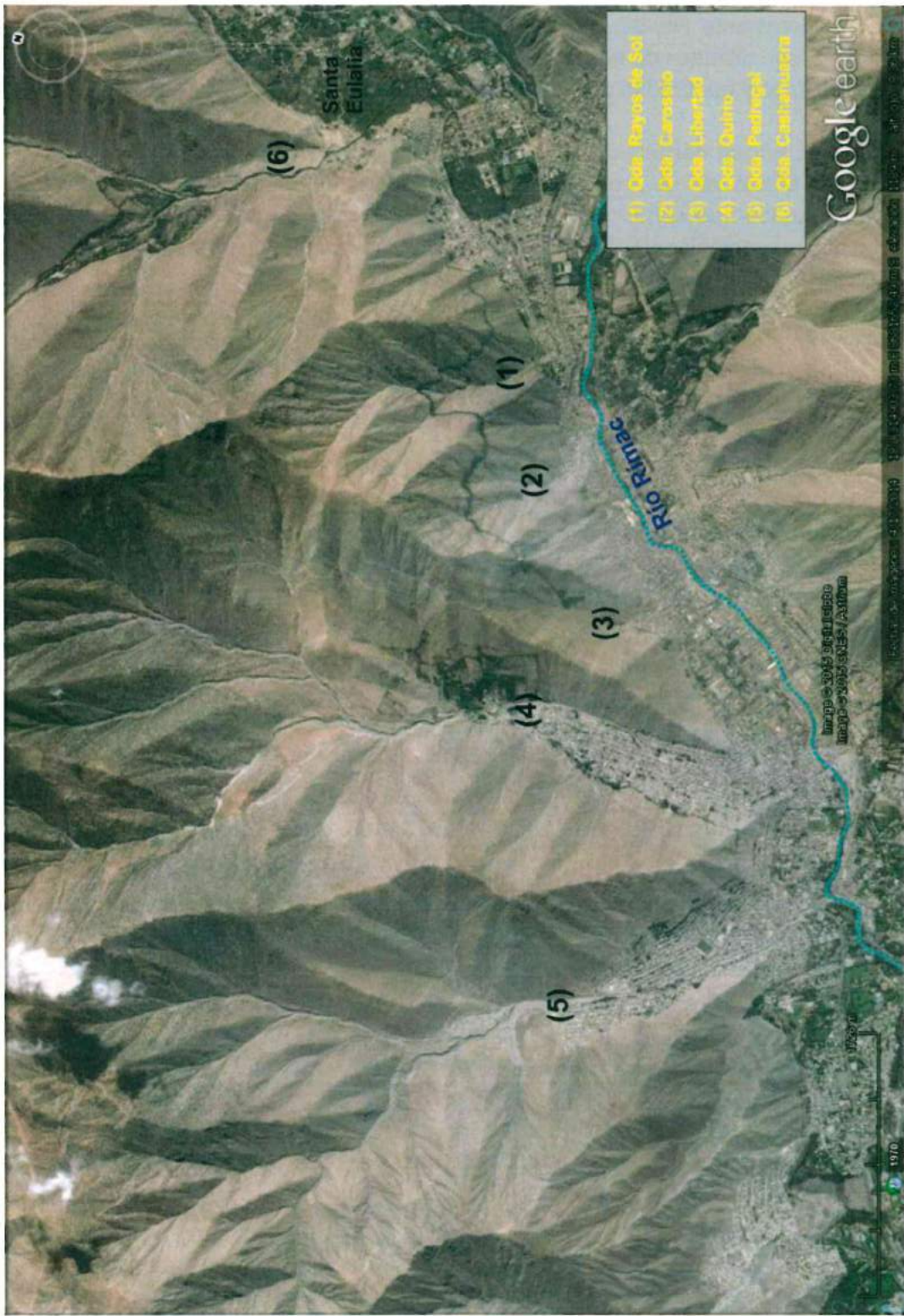



Figura 1. Imagen satelital que muestra la ubicación de las quebradas evaluadas en la margen derecha de los ríos Rímac y Santa Eulalia.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP. N° 60812

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Regionalmente el área comprende parte de una cadena montañosa intrusiva de dirección predominante NE-SO, correspondiente a los cerros de Quirio, Chosica y Cashahuacra, con altitudes de hasta 2400 m. Sus elevaciones alcanzan, desde el piso de valle del Rímac y quebradas adyacentes, los 1200 m.

Geformas de origen denudacional

Resultan del efecto de la morfodinámica que degrada los relieves iniciales por procesos exógenos que conducen a la modificación parcial o total de los paisajes a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

En el área evaluada las montañas y colinas han sido modeladas en rocas intrusivas (Figura 2) alineadas con una dirección predominante NO-SE. Las crestas de los cerros presentan vertientes pronunciadas entre los 25° a 40° (Foto 1)

Geformas de origen gravitacional

Las acumulaciones de suelo residual producto de la meteorización de la roca, son conducidas por gravedad formando taludes detríticos (canchales o escombreras de bloques sueltos, Figura 2) distribuidos en forma caótica o formando pequeños conos de detritos que llegan hasta el pie de laderas.

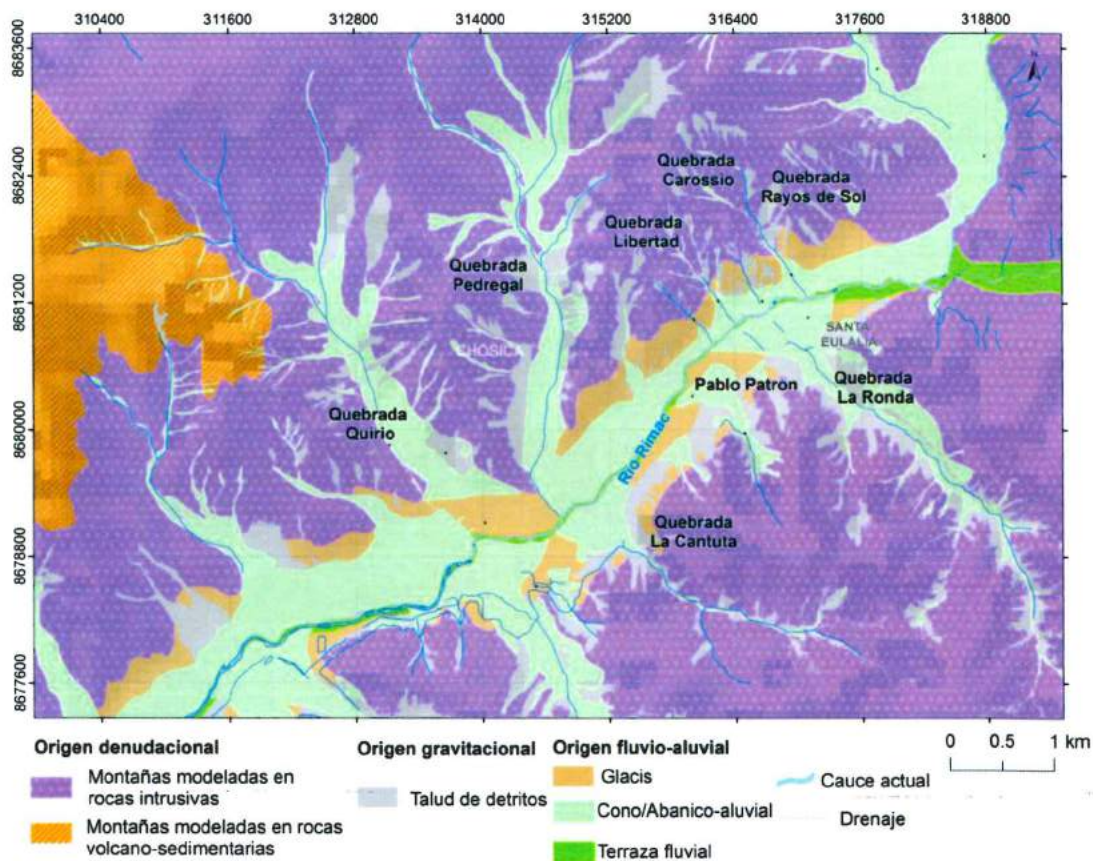


Figura 2. Mapa de unidades geomorfológicas (tomado de Villacorta et al, 2015)

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N.º 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N.º 937064



Foto 1. Se muestra la pendiente del terreno y la gran cantidad de material suelto en la ladera. Parte media de la cuenca Rayos de Sol.

Geoformas de origen fluvio-aluvial

En la región de Lima Metropolitana, la mayor parte del piedemonte de las estribaciones andinas está ocupado por abanicos aluviales y glacis (Villacorta et al, 2005). En el cauce y desembocadura de las quebradas que surcan a las estribaciones andinas, se encuentra materiales inconsolidados como resultado de los flujos de detritos o huaicos antiguos que tiene una periodicidad aún no evaluada. A estos eventos se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos y originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es mayor.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado, figura 3) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

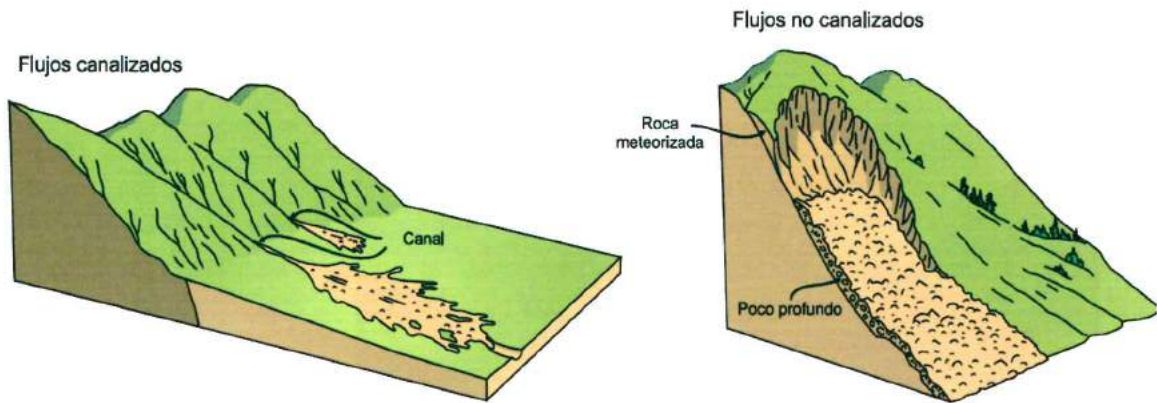


Figura 3. . Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

En este tipo de procesos se muestra una zona de inicio que forma un embudo, una zona de transición o tránsito y una zona de deposición en abanico como se muestra en la Figura 4 (Bateman y otros, 2006).

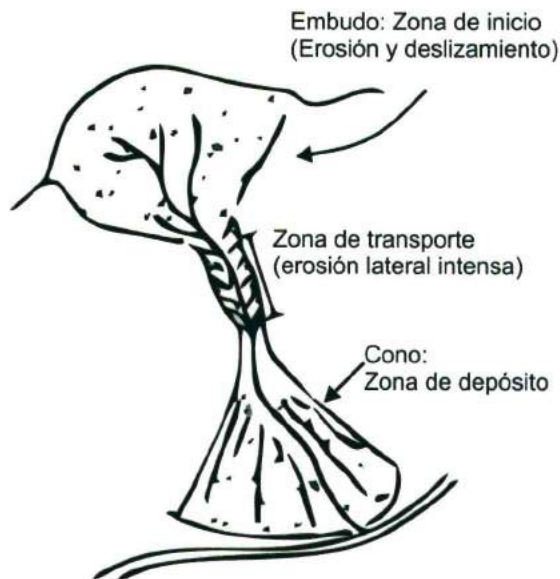


Figura 4. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman y otros, 2006).

Normalmente Los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. Por ello estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a su paso. Por tanto es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el área afloran exclusivamente rocas intrusivas correspondientes a la Súper-Unidad Intrusiva Santa Rosa. Palacios *et. al.*, 1992, reconocen en la zona una variación de intrusivos de composición tonalítica a gabrodiorítica (figura 5). Estas vertientes

ARJ
 Ing. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP Nº. 80512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO CIP Nº 937064

rocosas muestran crestas redondeadas como resultado del grado de meteorización que presentan; formando fragmentos rocosos y suelo arenoso susceptibles de ser removidos con aguas de lluvia.

El substrato al estar meteorizado genera rocas deleznable además se encuentra intensamente fracturado, originando bloques de hasta 3 m de longitud.

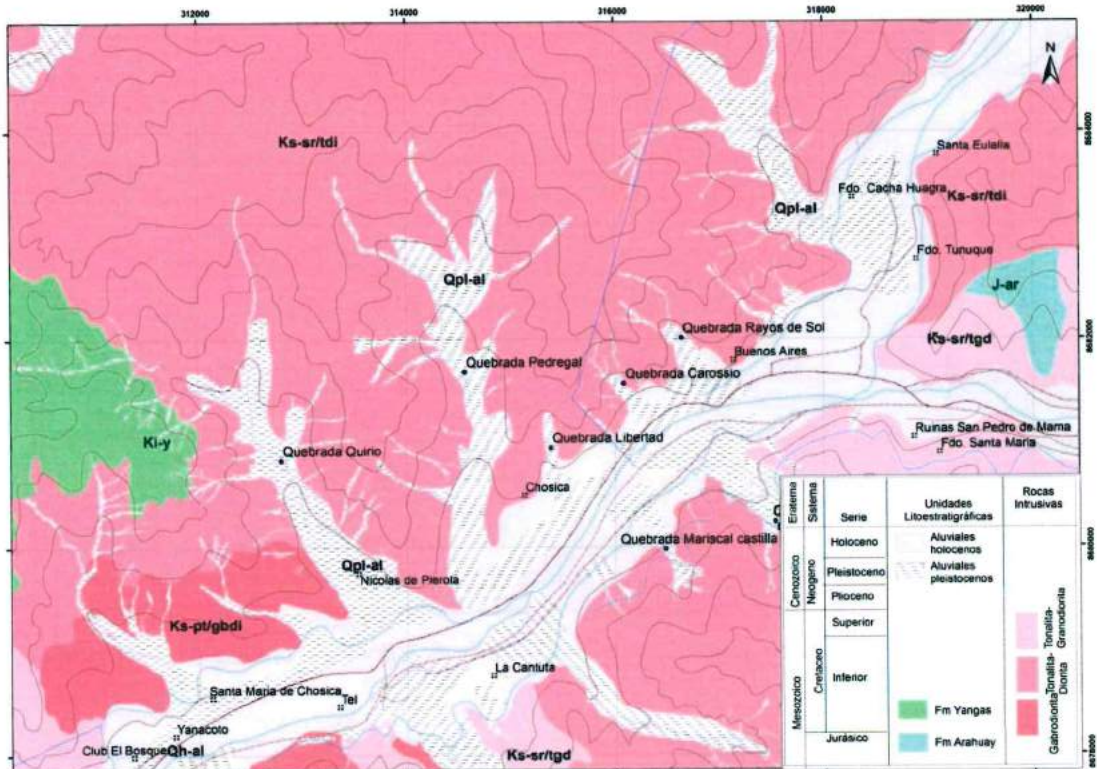


Figura 5. Mapa Geológico (modificado de: Palacios et al., 1992)

3. PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS

3.1 PROCESOS IDENTIFICADOS EN EL DISTRITO DE CHOSICA

Durante los trabajos de campo para el "Estudio de Peligros geológicos en Lima Metropolitana y El Callao" (Villacorta et al., 2015), se identificaron movimientos en masa antiguos y activos. Los principales peligros geológicos inventariados son caídas de rocas y flujos (Figura 6 y gráfico 2); sin embargo las inundaciones y los sismos serían los procesos más destructivos para la región Lima (Tatard et al., 2012). Vale mencionar que los sectores evaluados han sido identificados como zonas críticas por peligros geológicos (Figura 7) en el citado estudio por su ubicación, en el área de desfogue de las quebradas Rayos de Sol, Carossio hacia el río Rímac. La quebrada Libertad por caídas de rocas debido a los extensos depósitos coluviales en su cabecera siendo propensa a la generación de caídas de rocas que descienden por esa quebrada.

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N° 60518

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

A continuación se hace una breve descripción de los procesos inventariados, incidiendo en el área ocupada por las quebradas evaluadas.

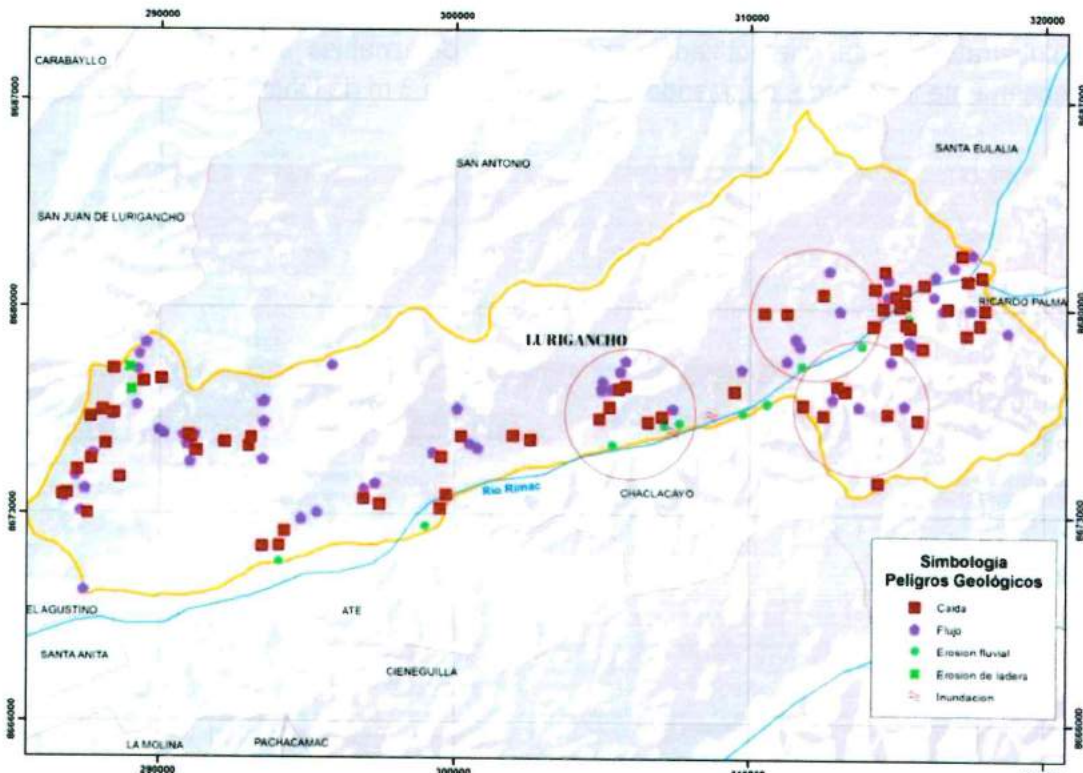


Figura 6. Peligros geológicos inventariados en el distrito de Chosica. Tomado de: Villacorta et al., 2015.

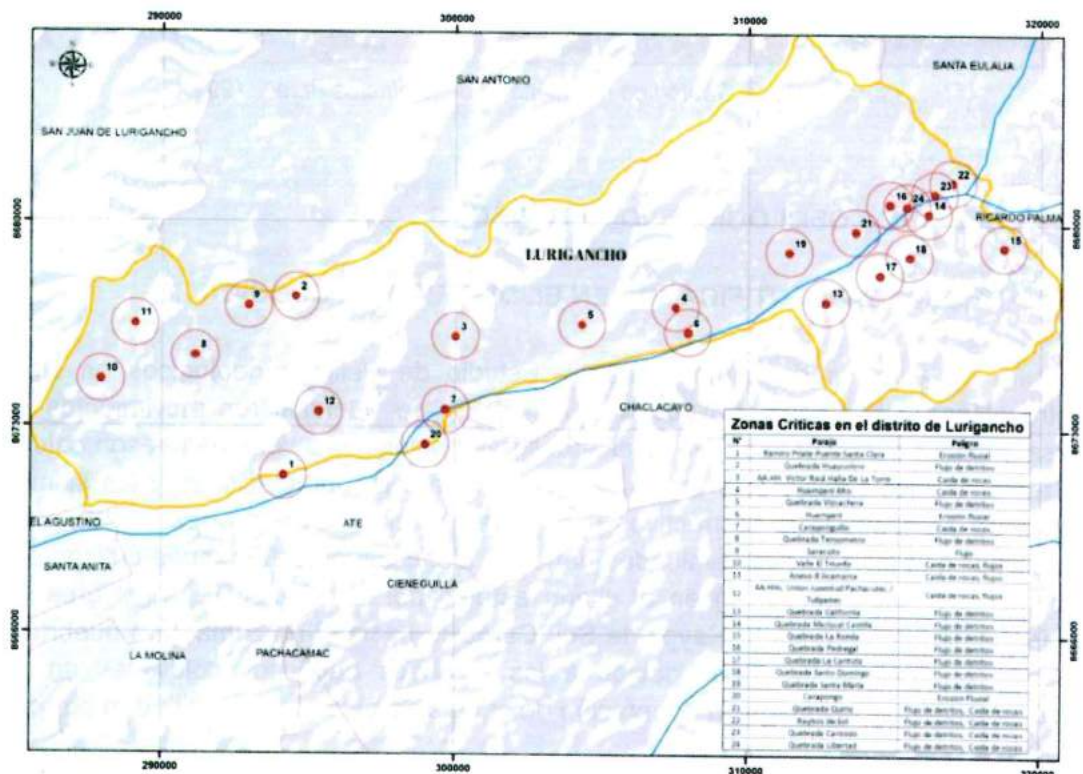


Figura 7. Zonas críticas por peligros geológicos en el distrito de Chosica. Tomado de: Villacorta et al., 2015

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 80618

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

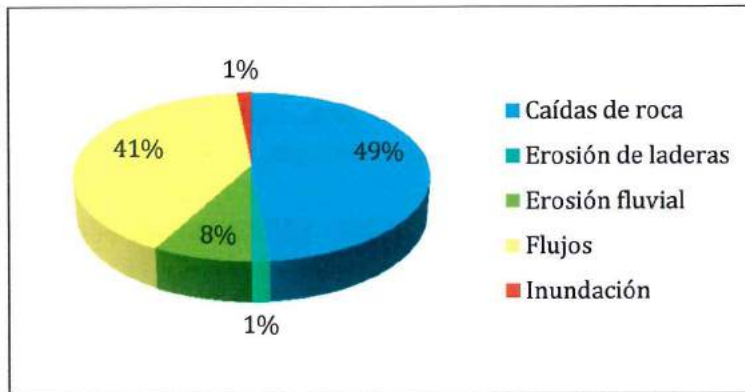


Gráfico 2. Estadística de eventos inventariados (modificado de: Villacorta et al., 2015)

Entre los diferentes movimientos en masa identificados en el área evaluada, predominan los flujos de detritos, así como las avalanchas de detritos antiguas y recientes. En menor escala se puede apreciar procesos de erosión de ladera.

El mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de Lima Metropolitana, elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas: pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo; y características de retención o flujo de agua subterráneas en las rocas) revela que el área de las cabeceras de las quebradas la Libertad, Carossio y Rayos de Sol presenta alta a muy alta susceptibilidad a la generación de ese tipo de procesos; así como el área de las quebradas Quirio y Pedregal presenta una susceptibilidad moderada a muy alta a generar flujos, derrumbes y caídas de rocas (Figura 8).

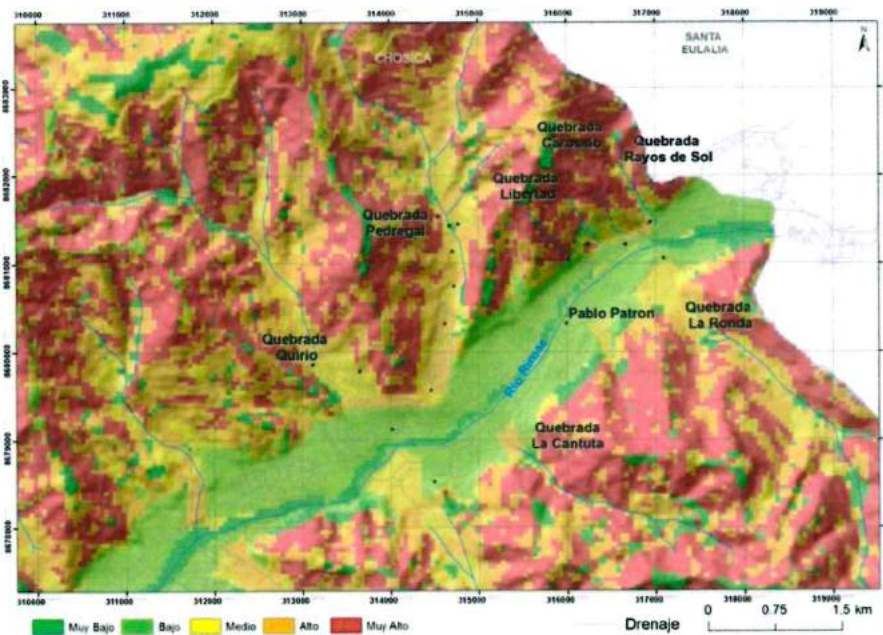


Figura 8. Susceptibilidad a los movimientos en masa para el sector evaluado en Chosica. Fuente: Villacorta et al (2015).

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N° 80612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

3.2 ANTECEDENTES DE EVENTOS HISTÓRICOS SIMILARES

En la cuenca del río Rímac, este tipo de fenómenos es muy frecuente y recurrente. Como ejemplo tenemos los eventos de flujos en Tambo de Viso, Payhua (Matucana), Cochachacra, Tornamesa, Cupíche, Santa Ana, Huallaringa, San Pedro de Mama, Pedregal, Quirio, Yanacoto, Rayos de Sol, California, Huaycoloro, entre otros.

Según las crónicas, en relación con el evento ENSO, en los años 1907 y 1925 se activaron las quebradas Quirio, San Antonio y otras.

En 1965 y 1978 Santa Eulalia fue afectada por huaicos violentos.

El 15 de enero de 1970 y 30 de enero de 1976, nuevamente se activaron las quebradas Quirio y San Antonio.

En 1981 se generaron huaicos, deslizamientos y desbordes del río Rímac.

El 01 abril de 1983 se activó la quebrada Cashahuacra en Santa Eulalia y se generaron huaicos en San José de Palle, y La Trinchera que afectaron 70 viviendas y red vial.

En 1987 las quebradas Pedregal, Corrales, Quirio, Carossio y Rayos de Sol en Chosica y Cashahuacra de Santa Eulalia se activaron formando huaicos que causaron la muerte de 120 personas y se reportó la destrucción parcial o total de 1200 viviendas de las cuales 250 quedaron inhabitables. Asimismo se cortó al depósito del antiguo relleno sanitario de Chosica ubicado en la quebrada Rayos del Sol.


En el año 1998, las quebradas Quirio, Pedregal, Santo Domingo y La Cantuta se activaron con el evento ENSO.

En febrero del 2009 un pequeño huaico cobró una víctima en la zona de Quirio. A la altura del km 33 de la Carretera Central, grandes cantidades de lodo y piedras bloquearon calles y vías. En esa oportunidad también bajo huaico por la quebrada La Cantuta.


En abril del 2012, se activaron las quebradas La Ronda, Dos Barrios, Santo Domingo, La Cantuta, California, Coricancha y Los Cóndores, afectó viviendas, carreteras y hubo pérdidas humanas.

3.3 GEODINÁMICA DE LOS EVENTOS EVALUADOS

Los eventos evaluados que ocurrieron el 23 de marzo del 2015 son generalmente flujos de detritos siendo las quebradas principales afectadas: Quirio, Pedregal, La Libertad, Carossio, Rayos de Sol y Cashahuacra (*Figura 9*), todos encauzados en los


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

cauces principales de las quebradas y algunos alimentados en sus cabeceras por quebradas secundarias con incorporación de material en las márgenes de cauces.

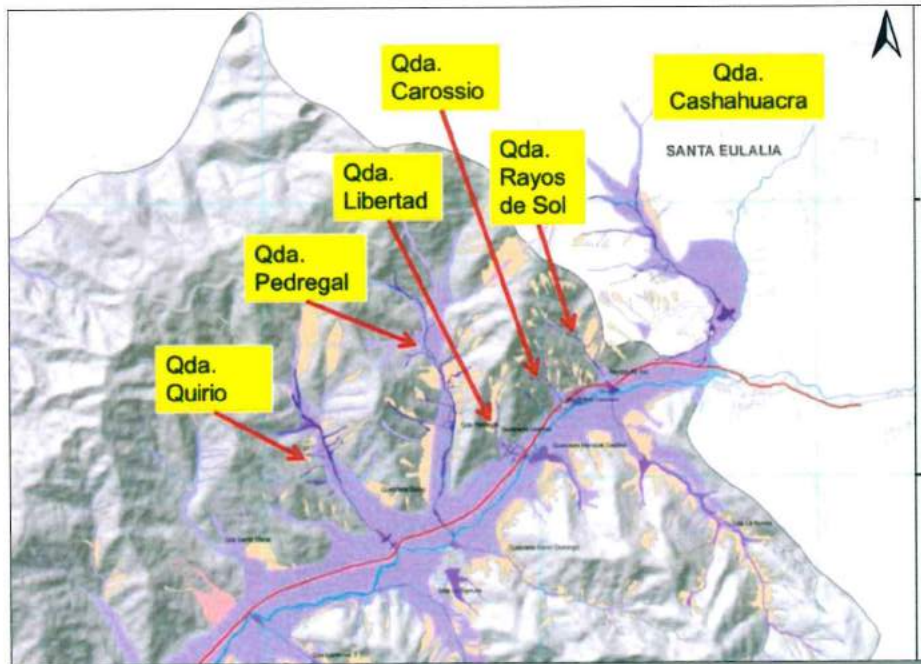


Figura 9. Eventos evaluados.

Para la evaluación geodinámica del lugar se contó con la siguiente información:

- Plano topográfico a escala 1:25 000 de la hoja 24j-II-SO del IGN.
- Mapa geológico a escala 1: 100 000, del cuadrángulo de Chosica (24-j), de INGEMMET (1992).
- Imágenes satelitales disponibles en el Google Earth de diferentes años (hasta el 2014).
- Inventario de peligros geológicos en el Estudio de Riesgo geológico de la Franja 4 (con datos del 2004-2005).
- Mapa de peligros geológicos de la cuenca del río Rímac a escala 1: 50 000, aguas arriba de Chaclacayo, levantada por INGEMMET en el 2008-2009.
- Ortomosaico de fotografías aéreas de alta resolución levantadas con UAV (Drone) del área de Chosica, proporcionado por el CENEPRED
- Levantamiento topográfico a baja altitud con UAV (Drone) del área de Chosica con nivel de detalle de 1 metro, proporcionado por el CENEPRED.
- Mosaico de fotografías aéreas de Chosica y Santa Eulalia proporcionada por la DVRA – FAP a través del CENEPRED.

En las microcuencas ubicadas normalmente bajo un clima árido, con quebradas de cortas longitudes de cauce, los flujos se presentan en respuesta a las condiciones abruptas de sus laderas, la acumulación de suelo residual y coluvios de vertiente de

naturaleza rocosa ígnea (rocas intrusivas) y las precipitaciones torrenciales esporádicas.

A continuación se describe los aspectos geológicos y geodinámicos de cada quebrada inspeccionada:

3.3.1 Quebrada Quirio

Ubicación, accesibilidad y ocupación: Esta quebrada se encuentra poblada por varios asentamientos humanos ubicados en el cauce y desembocadura donde cubren todo el abanico natural (Figura 10). La Carretera Central a la altura del km 33 cruza dicha desembocadura. Se accede directamente desde Chosica por la calle Andres Avelino Cáceres y Sucre que conduce hasta el cementerio ubicado en la cuenca media. De este último punto se accede a una trocha afirmada sin usar¹, hasta la Asociación Anexo Comunal Agroforestal La Esperanza.

Comparando imágenes satelitales de los años 2005 y 2014, en la parte media de la cuenca, se aprecia el crecimiento poblacional de los últimos años (figuras 11 y 12).

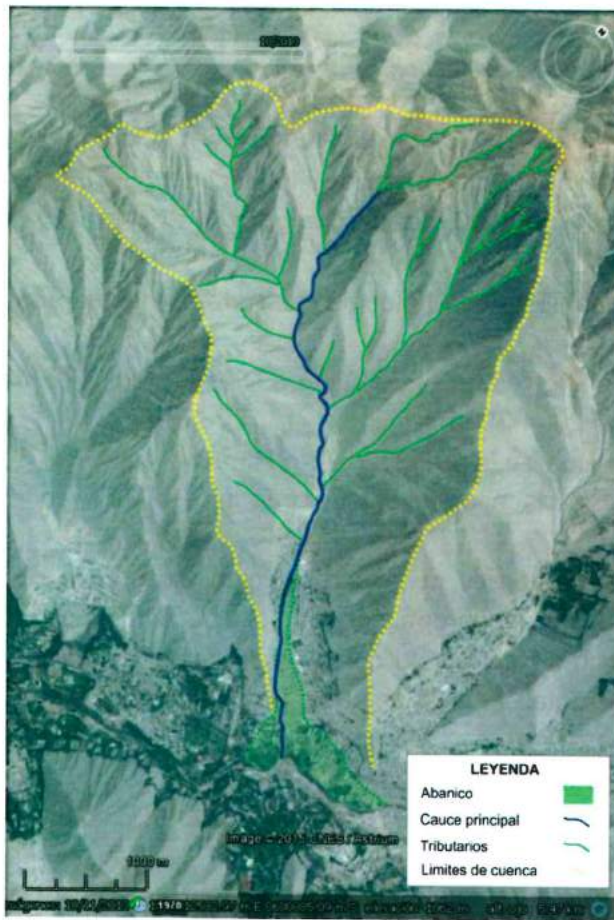


Figura 10. Imagen del Google Earth (2014), se muestra la microcuenca, sus tributarios y su abanico.

¹ La trocha no es usada por conflicto limítrofe entre Lurigancho-Chosica y la Comunidad de Jicamarca.

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 80512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Figura 11. Imagen del 2005, no se aprecian viviendas en el cauce de la quebrada.



Figura 12. Imagen del 2014, Se aprecian viviendas en el cauce de la quebrada.

Morfología y morfometría: La microcuenca de la quebrada Quirio, es una de las que tiene una mayor dimensión en el sector de Chosica. La cabecera de la cuenca se encuentra a una altitud de 2 000 msnm y su desembocadura alrededor de los 800 msnm, haciendo un desnivel de 1 200 m. Presenta una cuenca de recepción muy amplia y abierta con dos flancos en su cabecera, así como un cauce principal muy definido.

El cauce en la cuenca alta se divide en dos ramales principales, uno hacia el SE-NO, y otro al SO-NE, en las cuenca media y baja tiene una dirección predominante NO-SE (Figura 10). En esta parte los afluentes están dispuestos en forma dendrítica y paralela.

En la cuenca baja el ancho de cauce varía entre 10 y 5 m, disminuyendo paulatinamente por el encauzamiento del área urbana (Foto 2). En esta parte el drenaje de los afluentes es paralelo y perpendicular al cauce principal. Por estos ramales es transportado el material suelto hacia el cauce principal de la quebrada.

El cauce de esta quebrada tiene un recorrido de 5 600 m, sus pendientes varían desde la cabecera con 20° disminuyendo bruscamente en la parte media y llegando hasta la desembocadura con pendientes menores a 2°. El ancho del cauce en la cuenca media varía entre 20 y 30 m, en la cuenca baja disminuye hasta 15 m y conforme se llega a la desembocadura se estrecha debido a la presencia de viviendas en el cauce de la quebrada De tal forma que en la desembocadura el ancho llega a alcanzar los 10 m. Sin embargo el cauce natural tiene un ancho de hasta 350 m. La pendiente en las vertientes de la quebrada varía entre 20° y 45° (Foto 2).

Se observó que los flujos de detritos antiguos han formado terrazas que llegan a tener alturas hasta de 10 m, disminuyendo progresivamente hacia la desembocadura de la quebrada.

[Signature]
 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 80512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
[Signature]
 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 2. Se muestra la pendiente que tienen las laderas de la quebrada Quirio.

Se estima que el abanico de la desembocadura tiene una longitud de 1 450 m. donde río Rímac hace una curva dando cuenta del aporte de los depósitos transportados por la quebrada a través del tiempo. La ocupación urbana no permite distinguir el límite natural de dicho abanico.

Por lo observado en las imágenes satelitales del 2014, se han identificado hasta 14 muros disipadores de energía. Algunos de ellos han colapsado parcialmente por encontrarse colmatadas por los flujos que se han dado en los últimos años.



Foto 3. Fragmento de roca de forma subredondeada.

Tipos de rocas y depósitos superficiales:

En esta quebrada, afloran rocas intrusivas que se encuentran muy fracturadas y mediana a altamente meteorizadas. Es por ello que en los depósitos de los flujos de detritos antiguos se observan bloques subredondeados de hasta 2 m de longitud originados por los procesos de meteorización esferoidal (Foto 3). Es muy probable que los depósitos de esta quebrada estén interdigitados con los provenientes de la quebrada Pedregal o San Antonio. Cabe destacar que así como en todo el

entorno evaluado las rocas intrusivas son de fácil meteorización y forman suelos arenosos.

Geodinámica:

Por las características de los materiales se puede señalar que el evento del 23 de marzo ha sido un flujo de detritos de menores dimensiones que el ocurrido en el año 1987. Se inició como un flujo de detritos y al llegar a la desembocadura se disipó comportándose como flujo de lodo. Es muy probable que la lluvia generada en este sector haya sido de menor intensidad que la que generada entre las quebradas de Rayos de Sol y La Libertad. Estas lluvias excepcionales canalizaron por escorrentía los bloques y detritos por las laderas. El material generado alimentó de material suelto a la quebrada principal (Figura 13).

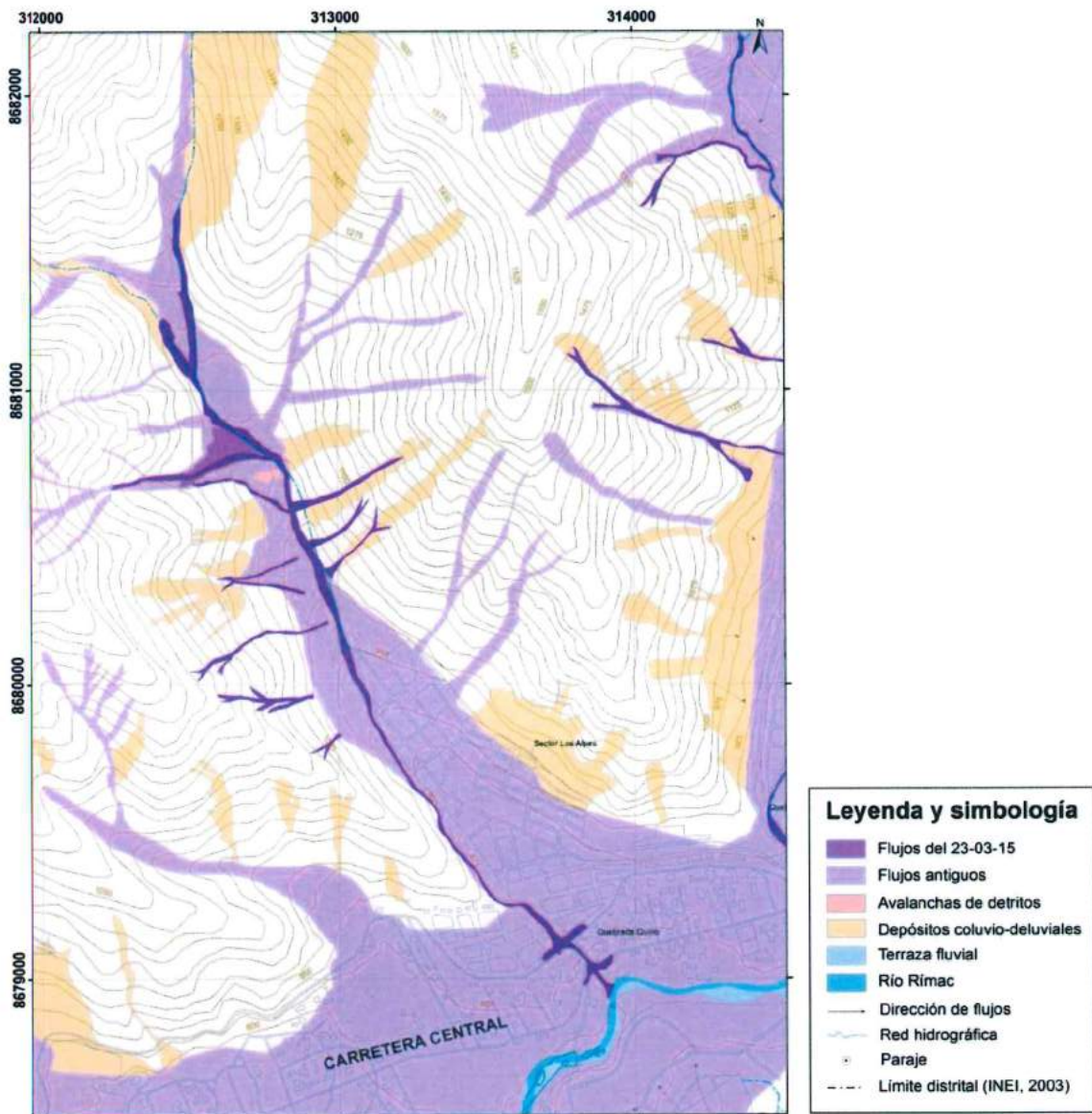


Figura 13. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Quirio

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 80812

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

En la cuenca media, se tiene la confluencia de dos quebradas, que por los diferentes eventos de flujos de detritos han formado terrazas con alturas hasta de 20 m. Sobre dichas terrazas aluviales actualmente se ubican las viviendas (Foto 4 y Foto 5).



Foto 4. Viviendas ocupando la terraza de un antiguo flujo de detritos.





Foto 5. Viviendas asentadas en la margen derecha de la quebrada Quirio, se encuentran sobre antiguos depósitos de avalanchas de rocas.

El flujo del 23-03-15 al llegar a la desembocadura, se comportó como un flujo de lodo, llegando a la carretera Central y calles aledañas (Foto 6).



Foto 6. Quebrada Quirio canalizada, con un ancho de 10 m. Los muros tienen alturas hasta de 2 m.


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

Los muros disipadores retuvieron el material y atenuaron la velocidad del flujo, es por ello que se han formado presas, que actualmente están colmatadas (Foto 7). Se apreció también que algunos muros están destruidos parcialmente y completamente colmatados.



Foto 7. Muro disipador de energía, se encuentra casi totalmente cubierto por sedimentos. Las márgenes de la quebrada muestran depósitos caóticos de huaicos antiguos con matriz-soportada típico de flujos de detritos.

El material retenido por los muros disipadores de energía, ha llegado a formar presas que están colmatadas. Este material ha provenido de diferentes flujos generados después de su construcción. Actualmente todos los muros disipadores han quedado cubiertos.

También se observó el estrechamiento del cauce de la quebrada por la construcción de viviendas, así como la destrucción de algunos muros disipadores de energía por actividad antrópica (Foto 8).



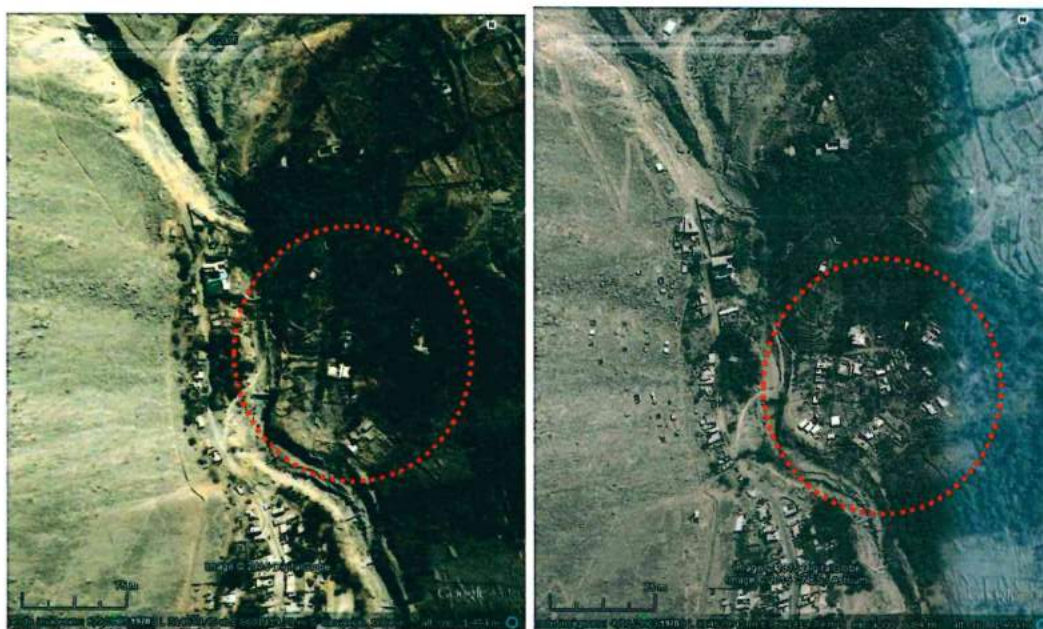
Foto 8. Se muestra la reducción del cauce de la quebrada, como también la destrucción parcial del muro disipador de energía construido de mampostería de piedra.

Por las evidencias de campo y lo observado en la interpretación de imágenes satelitales se puede señalar que la quebrada Quirio es altamente susceptible a la generación de flujos de detritos y/o lodo, inundación de detritos, caída y avalanchas de detritos.

3.3.2 Quebrada Pedregal /San Antonio

Ubicación, accesibilidad y ocupación: Esta quebrada se encuentra poblada por varios asentamientos humanos y es atravesada por la Carretera Central a la altura del km 34. Se accede directamente desde Chosica por la calle Trujillo Sur. La Av. Túpac Amaru nos lleva hasta el último asentamiento humano ubicado en la parte media-inferior de la cuenca.

El abanico y cauce de esta quebrada está ocupado por viviendas que lo han reducido completamente. Comparando imágenes satelitales del 2005 y 2014, en la parte media-inferior de la cuenca de la quebrada Pedregal, se aprecia el gran crecimiento poblacional que existe allí (figuras 14 y 15).



Figuras 14 y 15. Izquierda imagen satelital del año 2005, derecha imagen satelital del 2014, se aprecia la expansión urbana en los últimos nueve años.

Morfología y morfometría: La microcuenca de la quebrada Pedregal tiene una longitud en su cauce principal de 2 700 m, presentándose muy definido, una cuenca de recepción muy amplia y abierta con dos flancos en su cabecera.

En la cuenca media tiene una dirección predominante NO-SE al pasar a la cuenca alta se divide en varios ramales principales, van hacia el SE-NO, N-S y hacia el SO-NE, en la cuenca media-baja toma NE-SO, antes de llegar a la desembocadura es NO-SE (Figura 16).

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

En la cuenca baja el cauce presenta un ancho que varía entre 15 a 20 m y conforme se llega la cuenca baja y desembocadura, se estrecha por la ocupación de viviendas. La profundidad del cauce en la cuenca baja-media es de 16 a 20 m (Foto 9), disminuyendo paulatinamente conforme se llega a la desembocadura.



Foto 9. Se aprecia el ancho actual de la quebrada, en el sector San Antonio-Anexo 13.

A la altura del Comité 35 de Pedregal, la pared que formaban los depósitos proluviales antiguos y que actuaba como defensa natural ha sufrido una modificación por la construcción de un estadio, al haber eliminado material del depósito hasta una altura de 4,5 m (Foto 10).



Foto 10. Margen derecha de la quebrada Pedregal, la pared de los depósitos aluviales antiguos ha sido reducida por construcción de estadio.

LPAT
Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 80512

Instituto Geológico Mínero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

SPM
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

En las vertientes de la cuenca alta se tienen varios ramales, dispuestos en forma dendrítica que alimentan con material suelto al cauce principal de la quebrada.

Las pendientes de las vertientes de la quebrada varían entre 20° a 45° (Foto 11), el cauce en la cuenca alta alcanza los 20°, en la cuenca media hay un cambio brusco disminuyendo a 10°, hasta alcanzar en la desembocadura pendientes menores a 2°.

La cuenca media, es de tramo corto, las vertientes presentan canales perpendiculares al cauce principal.


El cauce antiguo de la quebrada al llegar a la parte media-baja, llega tener un ancho de hasta 300 m. Sin embargo el canal actual de la quebrada ha quedado reducido con un ancho promedio de 15 m.

Por lo observado en las imágenes satelitales del Google Earth, se estima que el abanico que se ha formado en la desembocadura de la quebrada tiene una longitud de 850 m, el cual se encuentra actualmente ocupado por viviendas.

La forma que toma el río Rímac en la desembocadura de esta quebrada es semi-curva dando evidencia de los depósitos irradiados por esta quebrada (Figura 16).



Foto 11. Pendiente de la ladera, margen derecha de la quebrada Pedregal; acumulación de suelo coluvio residual


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N° 80812


Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Figura 16. Microcuenca de la quebrada Pedregal, tributarios y abanico (Imagen del Google Earth, 2014)

Por lo observado en las imágenes satelitales del 2014 a lo largo de la quebrada se han identificado hasta 20 muros disipadores de energía. Comparando imágenes satelitales del Google Earth del 2005 y 2014 con respecto a los muros disipadores de energía podemos decir que los muros han formado presas las cuales están colmatadas por los flujos de detritos que han ocurrido después de su construcción (figuras 17 y 18).


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 80812


Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Figura 17. Imagen 2005, se muestran los muros disipadores de energía (rojo).



Figura 18. Imagen 2014, los muros disipadores de energía se aprecian tenuemente (rojo).

Tipos de rocas y depósitos superficiales: las rocas del entorno de la quebrada Pedregal son intrusivas. Se muestran fracturadas y medianamente meteorizadas (foto 12). Producto de la meteorización, los bloques alcanzan grandes dimensiones (hasta 3 m de longitud) y presentan formas subangulosas a subredondeadas por su escaso transporte (fotos 12, 13 y 14).



Foto 12. Roca intrusiva fracturada y medianamente meteorizada.



Foto 13. Bloques de formas subangulosas y sibredondeadas, producto de la meteorización esférica y el escaso transporte de material.

Segundo A. Nuñez Juárez
 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Sandra Paula Villacorta Chambi
 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 13. Se muestra el contacto entre la roca y un depósito de avalancha de rocas. Nótese las formas subangulares en los bloques de roca.

Geodinámica: El reconocimiento de campo y la interpretación de imágenes satelitales y fotos disponibles permiten señalar que la susceptibilidad de esta quebrada a los flujos de detritos lodo, caída, avalanchas de detritos y desbordes es alta.

El 23 de marzo se generó en esta quebrada un flujo de detritos que afectó en menor grado al área urbana, que el evento ocurrido en el año 1987; dadas las condiciones de ocupación existentes en esa época. El evento evaluado inició como un flujo de detritos y conforme se acercaba a su desembocadura se dispó como flujo de lodo.

Para el flujo formado recientemente, el mayor aporte de material derivó de unas las quebradas de la margen izquierda (Foto 14 y Figura 19), que al llegar al cauce principal destruyó completamente un muro disipador de energía. Asimismo, generó un socavamiento lateral que produjo caídas de detritos y la desestabilización de la terraza aluvial antigua (Foto 16).



Foto 14. Quebrada Pedregal, se muestra con la quebrada afluyente (A) que trajo mayor aporte de material.



Figura 19. Muro destruido por un flujo de detritos de afluente por la margen izquierda al a quebrada Pedregal. En esa área se produjo el socavamiento de la terraza aluvional antigua.



Foto 15. Socavamiento en la terraza aluvional, causando su desestabilización y caídas de detritos.

Al generarse el flujo, los muros disipadores retuvieron el material y atenuaron su velocidad. Sin embargo, las presas formadas se colmataron con el material arrastrado (foto 17) los cuales destruyeron parcialmente algunos de los muros (Foto 18)



Foto 16. Muro disipador de energía que ha retenido material suelto y se encuentra colmatado.



Foto 17. Muro disipador de energía impactado por grandes bloques como el que aprecia aguas abajo durante el paso del flujo de detritos del 23-03-15.

En la parte media, en la margen izquierda, en el sector San Antonio-Anexo 13, se generó una avalancha de rocas, que afectó severamente a una vivienda y otras en forma parcial. El material de este evento contenía bloques de roca subredondeados,

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N° 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

con tamaños hasta de 1m de longitud y escasa matriz arenosa (Foto 18). Esta avalancha, formó un abanico en la parte baja, con un radio aproximado de 50 m.

Asimismo el cauce de la quebrada recibió el aporte de varios flujos de lodo que discurrieron por las laderas por acción de la escorrentía afectando algunas viviendas (foto 19, Figura 20).


En la cuenca baja, el cauce de la quebrada se encuentra canalizado con muros de concreto que a través de los años se han ido deteriorando por el paso de los flujos. Algunos han colapsado parcialmente y otros han sido socavados (fotos 20 a 24).




Foto 18. Material transportado por la avalancha de rocas, que afectó a viviendas.



Foto 19. Margen izquierda de la quebrada Pedregal, Sector donde ha colapsado la defensa ribereña.


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

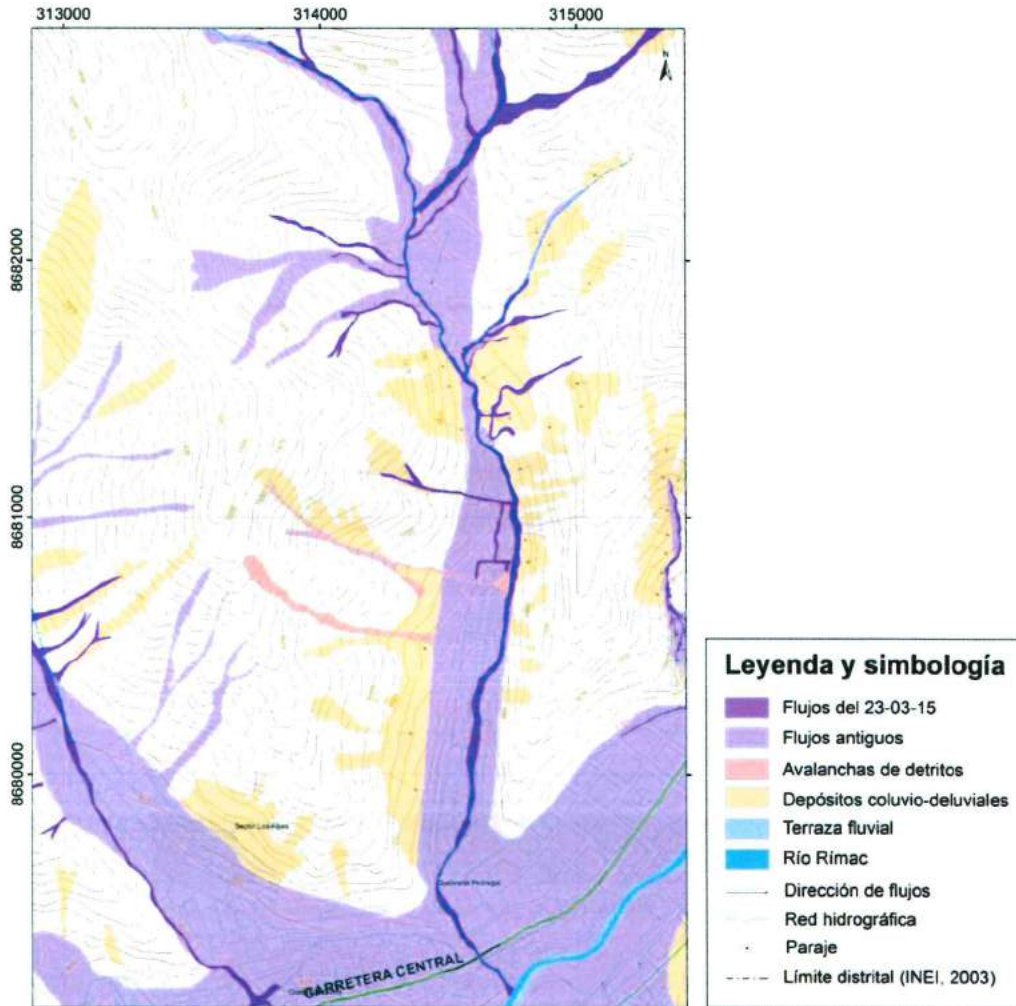



Figura 20. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Pedregal



Foto 20. Margen derecha de la quebrada Pedregal, el cauce de la quebrada, usado como calle, parte del muro ha colapsado.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064



Foto 21. Muros de la defensa ribereña que han quedado colgados por la erosión lineal y socavamiento en la quebrada Pedregal.




Foto 22. Gran acumulación de material suelto en el cauce de la quebrada que requiere ser limpiado.



Foto 23. Muros de concreto, ubicados en la desembocadura de la quebrada, se aprecia también el material suelto en su cauce; zona que también requiere ser descolmata.

En la desembocadura, el flujo se comportó como un flujo de lodo llegando a dispersarse por la carretera Central y calles aledañas (foto 25).


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

30



 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064



Foto 24. Se aprecia la Carretera Central, por donde discurrió el flujo de lodo.


3.3.3 Quebrada La Libertad

Ubicación, accesibilidad y ocupación: Se accede por la carretera Central a la altura del km 34, se ingresa por la calle Juan Moore, que atraviesa longitudinalmente la quebrada, ingresando paulatinamente aguas arriba hacia el sector La Libertad.



Parte del abanico y cauce de esta quebrada está ocupado por viviendas, las cuales han llegado incluso a ocupar las laderas adyacentes (Figura 21).

Figura 21. Se muestra la desembocadura de la quebrada La Libertad, esta completamente ocupada por viviendas.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60812

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

Morfología y morfometría: La microcuenca de la quebrada Libertad, en dimensión es menor a las quebradas descritas anteriormente. Presenta un cauce principal definido, una cuenca de recepción alargada, de dirección N-S. En su parte superior las vertientes en ambos sectores presentan pendientes entre 30° a 35° y una pendiente entre 20° a 10° en el cauce; el cual disminuye a menos de 10° hacia la desembocadura. El cauce principal de la quebrada tiene una longitud de 1 500 m en su cauce mayor. El cauce se pierde al llegar a la zona urbana, no se distingue el abanico por ocupación antrópica (Figura 22).

Tipos de rocas y depósitos superficiales: Predominan las tonalitas y dioritas, las cuales se encuentran muy fracturadas y moderada a altamente meteorizadas (fotos 26 y 27). El cauce es rellenado por depósitos proluvio-aluviales con bloques rocosos subredondeados de hasta 2 m de longitud.

Geodinámica: por la presencia de material suelto en las vertientes y cauce (foto 28, figura 23), la pendiente y la escasa cobertura vegetal, se tienen condiciones para que la microcuenca de la quebrada Libertad sea susceptible a la generación de flujos. El detonante serían las lluvias excepcionales como las ocurridas el 23 de marzo del 2015.

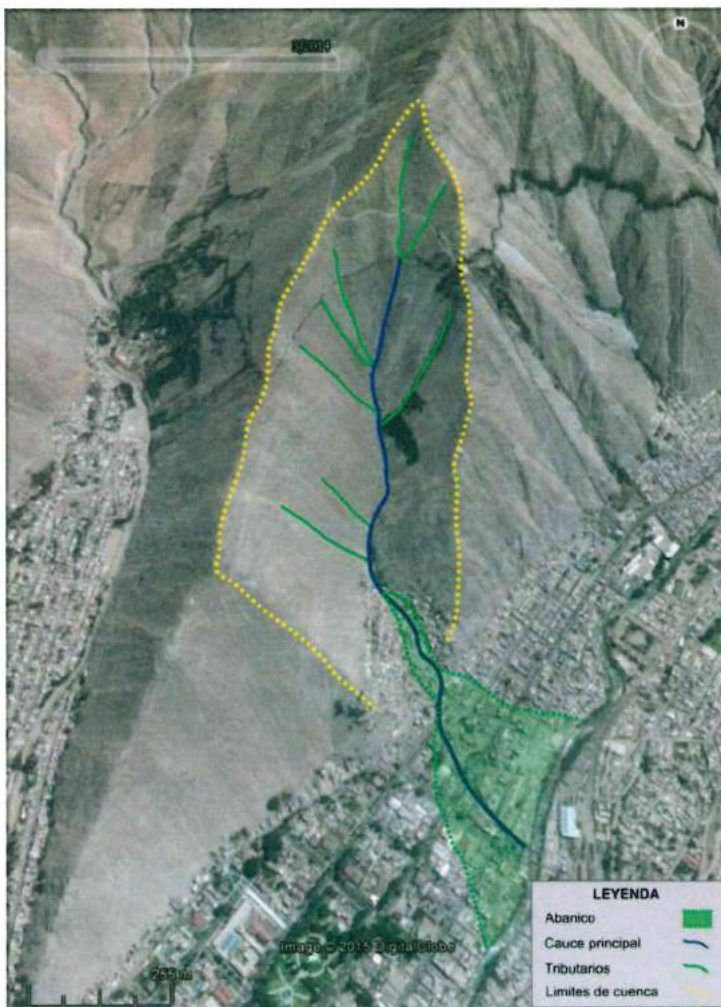


Figura 22. Imagen satelital que muestra la microcuenca de la quebrada La Libertad. Se muestra su cauce principal, sus tributarios y su cuenca de recepción.

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEÓLOGO - CIP N° 937064



Foto 25. Afloramiento de rocas intrusivas en la margen izquierda de la quebrada Libertad.



Foto 26. Bloques de formas subangulosas y subredondeadas por efecto de la meteorización esferoidal y poco transporte.

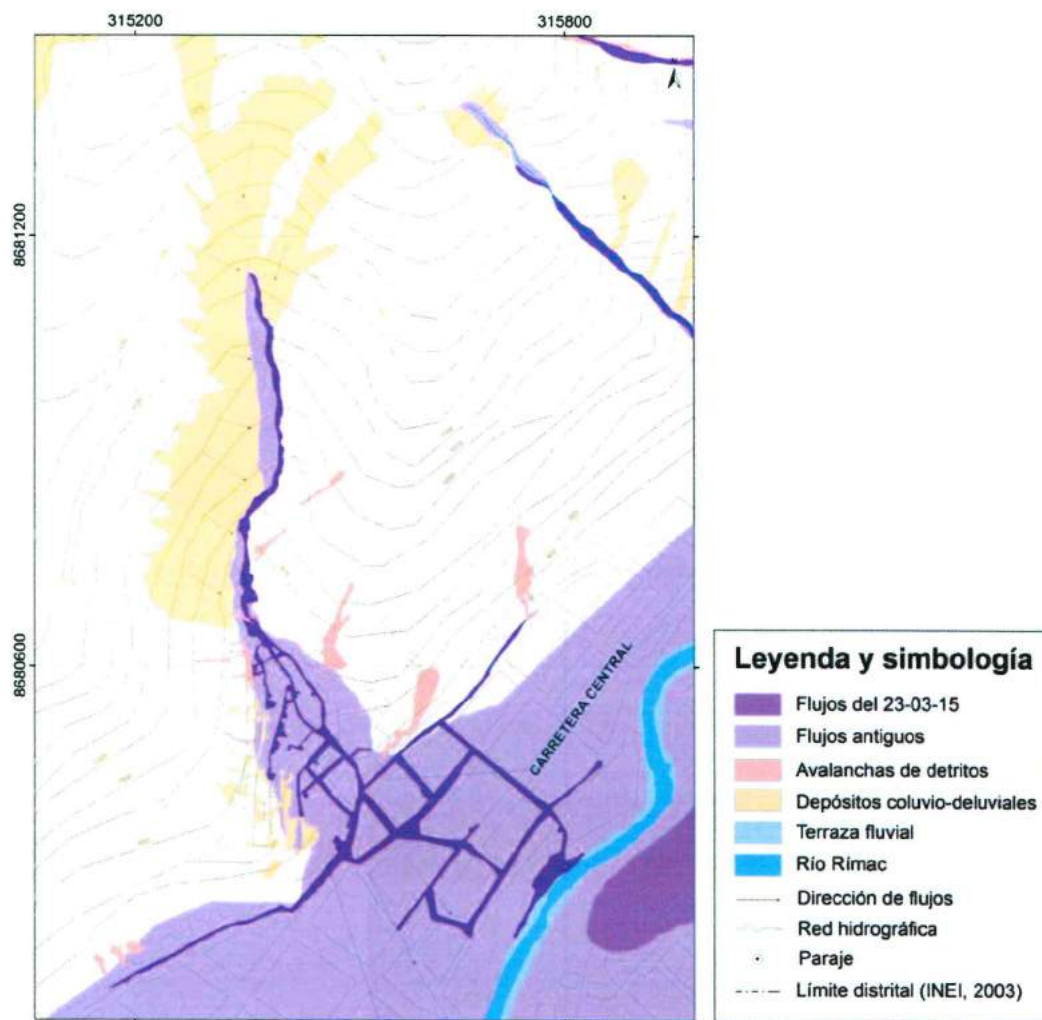



Figura 23. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Libertad


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064



Foto 27. La erosión de laderas produce material suelto que "tapiza" las vertientes de la quebrada Libertad.

Al ingresar a la parte urbana la quebrada se bifurca en las dos calles principales del sector (Figura 24), que al llegar antes del ápice del abanico de la desembocadura se unen nuevamente. Todas las viviendas en este polígono se encuentran dentro del cauce de antiguos eventos de flujos.

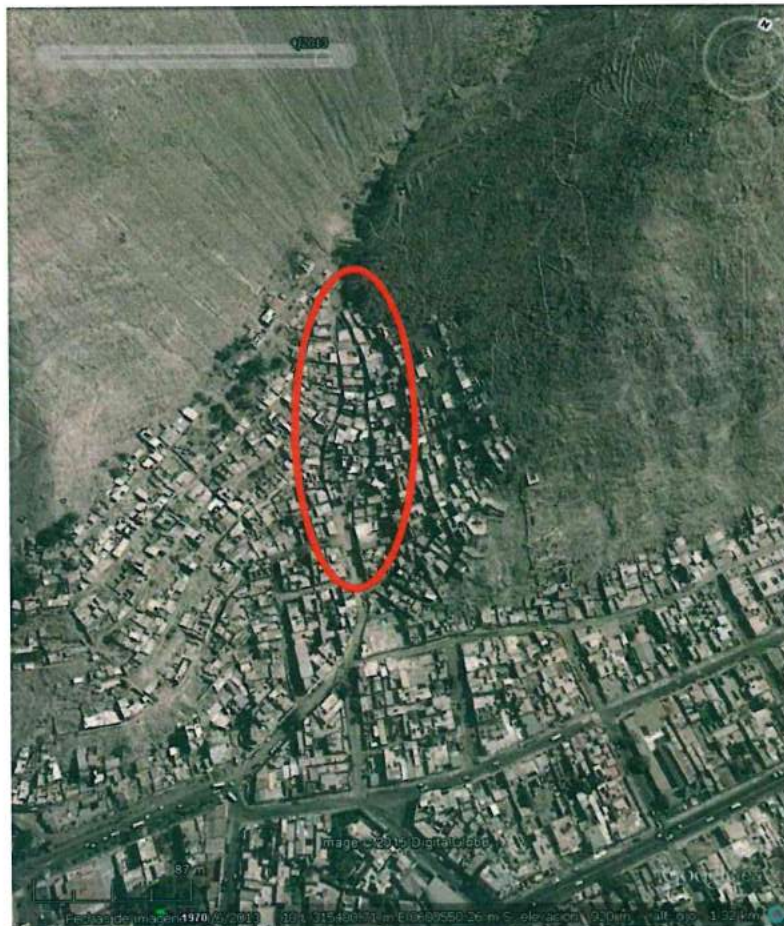


Figura 24. Cauce de la quebrada bifurcado y unido.

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 80612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

El flujo del 23-03-15 en la parte media de la quebrada transportó bloques (de hasta 1,5 m), detritos y lodo que rellenaron y desbordaron las presas formadas por los muros disipadores (fotos 29 y 30).



Foto 28. Sector cubierto por depósito del flujo de lodo



Foto 29. Presa formada por los muros disipadores de energía, completamente colmatada.

Al pasar por las calles de la parte baja, el flujo socavó el cauce de la quebrada profundizándolo y dejando sin base a las veredas (fotos 31 y 32). Asimismo destruyó completamente las tuberías de agua y alcantarillado de las dos calles principales del sector.



Foto 30 y Foto 31. Erosión de bases de las viviendas y vía de acceso ocasionado por el paso del flujo.

Al acercarse hacia su “desembocadura”, el flujo de detritos se convirtió en flujo de lodo. El material transportado se dispó por las viviendas, hasta llegar al mercado de abastos (foto 33). Según versiones de los pobladores, antiguamente la desembocadura estaba en el área del puente peatonal donde se encuentra el mercado de abastos pero con fines urbanísticos esta fue cerrada completamente.

Segundo A. Nuñez Juárez
Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Sandra Paula Villacorta Chambi
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO · CIP N° 937064



Foto 32. Mercado de abastos Chosica, sector por donde se disipó el flujo de lodo.

En la parte media de la quebrada existen hasta ocho diques disipadores de energía, los cuales han quedado casi totalmente cubiertos por el material del flujo. Para esta quebrada los muros disipadores han funcionado bien porque han logrado retener gran parte del material arrastrado por el flujo del 23-03-15. Si no hubieran existido los muros disipadores, el volumen de material transportado aguas abajo y los efectos habrían sido de mayor magnitud y hubieran sido afectadas más viviendas e infraestructura.

3.3.4 Quebrada Carossio

Ubicación, accesibilidad y ocupación: Se encuentra contigua a la quebrada Moyopampa. Se accede por la Carretera Central a la altura del km 35.5. En base a lo observado en las imágenes satelitales del Google Earth de los años 2003 y 2014 se puede observar que el cono de deyección está ocupado completamente por viviendas y existe un ligero incremento de viviendas (Figura 25).



Figura 25 y Figura 26. Se muestra el incremento de viviendas en la zona enmarcada con color rojo.

Morfología y morfometría: la cuenca de recepción de la quebrada Carossio es alargada y presenta un cauce principal definido de dirección NO-SE que tiene una longitud de 860 m. Se aprecia en ambas márgenes varios tributarios transversales que

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

confluyen y alimentan al principal (Figura 27). Las vertientes presentan pendientes entre 30° a 45° (foto 34) en la cuenca alta con una pendiente promedio de 20°; en la cuenca media de 10° y en la cuenca baja menor a 10°. El desnivel entre la cabecera y la desembocadura es de 770 m.

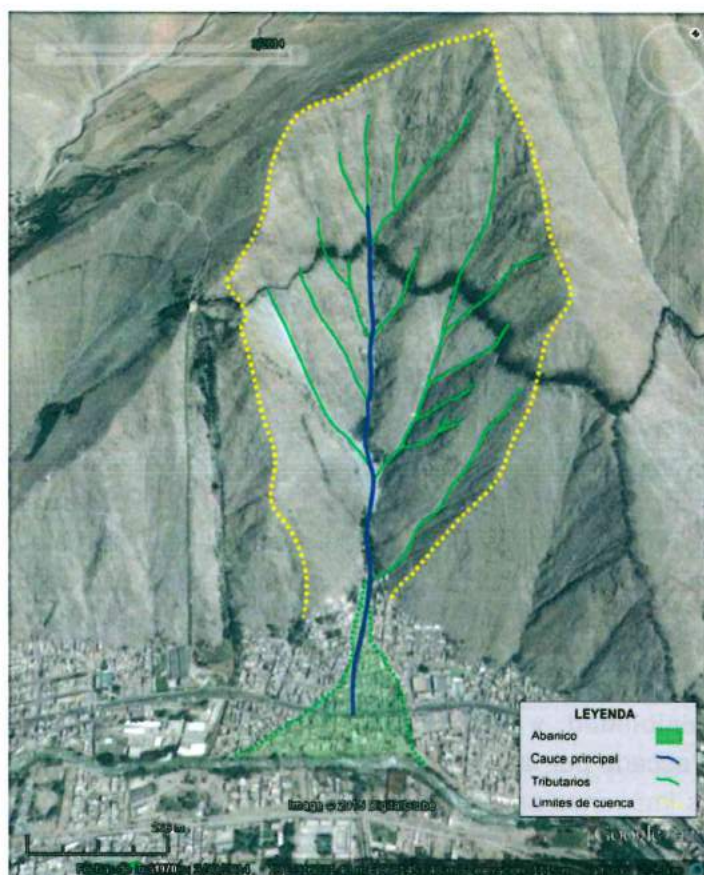
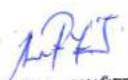


Figura 27. Imagen del Google Earth (2014) donde se aprecia la cuenca de recepción y desembocadura de la quebrada Carossio




Foto 33. Se aprecia las laderas con pendientes entre 45° y 35° en la parte alta de la quebrada.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 80612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

37


 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

Tipos de rocas y suelos: las rocas del substrato son tonalitas poco y medianamente fracturadas y moderada a altamente meteorizadas (fotos 35 y 36), cubiertas por depósitos coluviales que incluyen bloques hasta de 3 m de altura (foto 36). La elevada meteorización genera suelos arenosos. Se aprecia que en este sector el proceso de erosión de laderas es muy intenso. En la desembocadura de la quebrada se aprecian grandes bloques rocosos correspondientes a depósitos de huaicos antiguos que rellenan el cauce.



Foto 34 y Foto 35. Bloques con formas subangulosas a subredondeadas y evidencias de meteorización esferoidal en la parte alta de la quebrada Carossio.

Geodinámica:

El material transportado por el flujo del 23-03-15 en la quebrada Carossio estaba compuesto por bloques y gravas, en matriz arenosa y abundante agua.

En la vertiente derecha, se reactivó una avalancha de rocas (delineado en amarillo en la Figura 28) que muy probablemente se generó en el año 1987. Este evento llegó a cubrir parte del cauce de la quebrada, en un tramo de 110 m. Al parecer ésta se originó al pie de la canalización de agua de la C.H de Moyopampa.



Figura 28. Se muestra la avalancha de rocas (enmarcado con línea amarilla).

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N° 80612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

Al igual que en los casos anteriores, en la parte alta de la quebrada Carossio se observaron diques disipadores de energía colmatados por el material arrastrado por el flujo.

Anteriormente la parte baja de la quebrada se encontraba parcialmente canalizada con muros de piedra (foto 37). Sin embargo hacia aguas abajo el drenaje de la quebrada se estrecha hasta perderse por la presencia de viviendas (Figura 29).

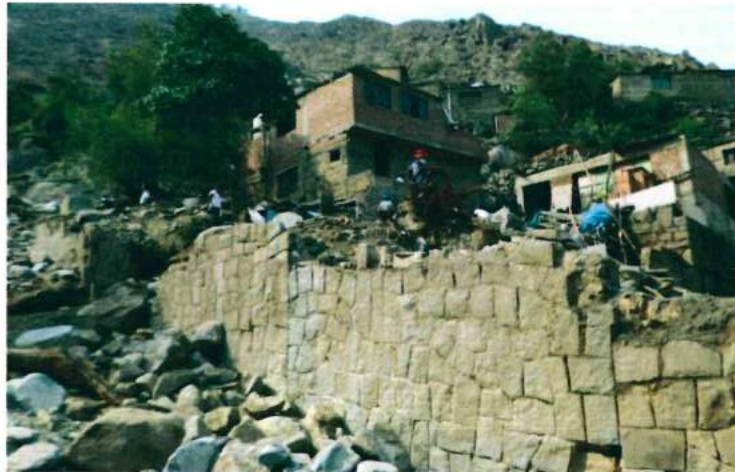


Foto 36. Muro de mampostería de piedra, colapsado por el paso del flujo.

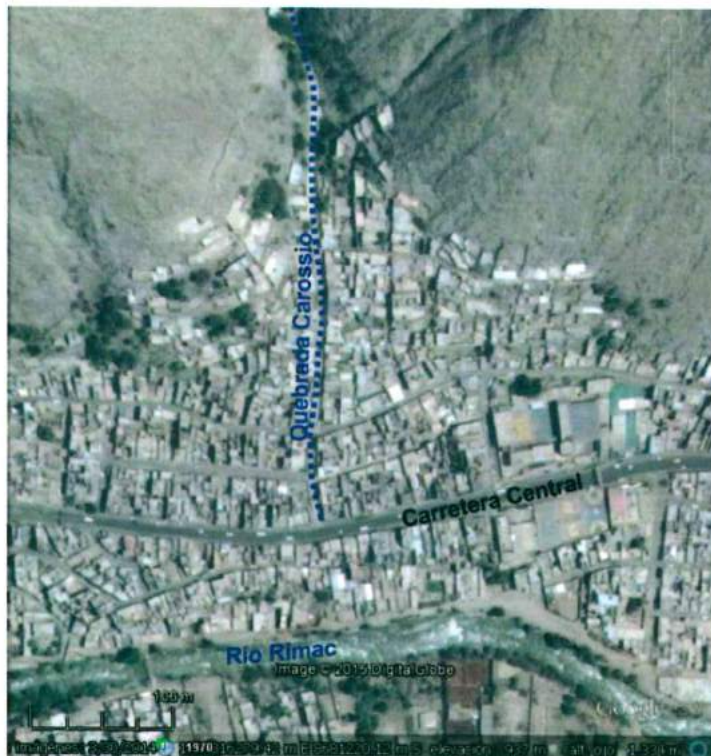



Figura 29. Se muestra el cauce de la quebrada cerrado por la presencia de viviendas

La quebrada Carossio no tiene desfogue porque la desembocadura se encuentra pavimentada con concreto. El flujo del 23-03-15 se generó por la erosión pluvial de las


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

laderas en la parte alta que removi6 el material residual y coluvial desde su cabecera (figura 30).

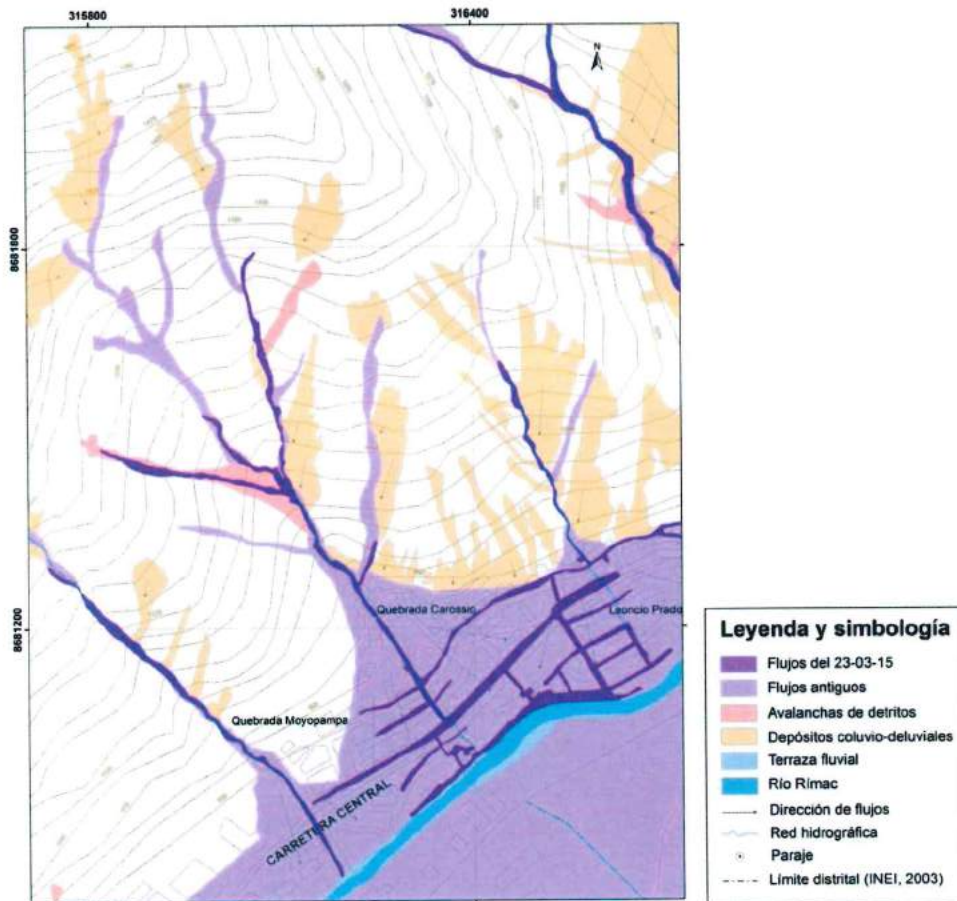


Figura 30. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Carossio

Al descender por el cauce, el flujo trajo consigo bloques, grava y arrastr6 todo lo que encontr6 a su paso como una m6quina retroexcavadora de la municipalidad de Lurigancho. Estos elementos impactaron sobre las paredes de viviendas destruy6ndolas (fotos 38 y 39). El lodo al encontrar forados en las viviendas ingres6 a varias casas. El dep6sito alcanz6 alturas hasta de 1.5 m (foto 43).

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Ge6logo
 Reg. CIP N° 60512

Instituto Geol6gico Minero y Metal6rgico
 Direcci6n de Geologia Ambiental y Riesgo Geol6gico
 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

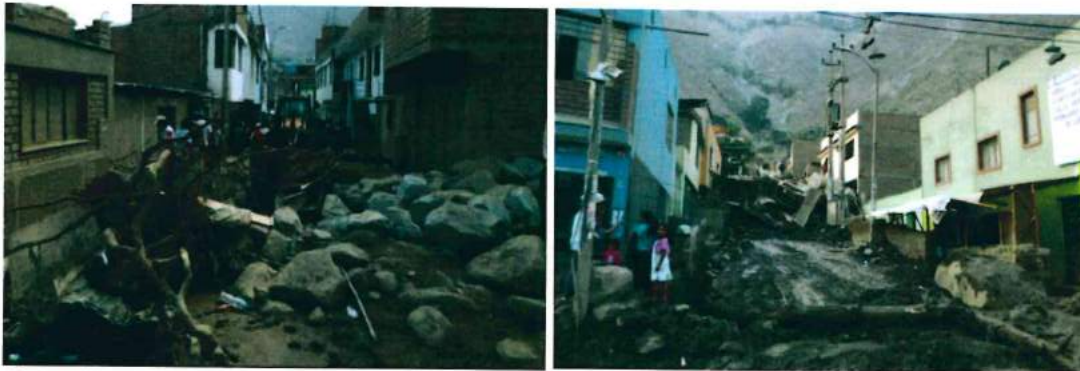


Foto 37. Calle que sirvió como cauce del flujo.




Foto 38. Paredes de viviendas destruidas parcialmente por el agua y el impacto de bloques arrastrados por el flujo.

El material grueso conformado por bloques y grava se entrampó antes del llegar a la carretera Central. El flujo se llegó a canalizar por las calles y Carretera Central a manera de flujo de lodo. En la carretera central alcanzó alturas hasta de 20 cm (fotos 40 a 43).



Fotos 39 y Foto 40. A la salida de la calle principal se entrampó el material grueso (bloques, gravas, árboles) antes de llegar a la Carretera Central. El lodo se canalizó por una de las calles.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

41



 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064




Foto 41 y Foto 42. Izquierda: se muestra una calle paralela a Carretera Central inundada por lodo de hasta 20 cm. Derecha: flujo de lodo con alturas de hasta 1.5 m ingreso a las viviendas aledañas.

3.3.5 Quebrada Rayos de Sol

Ubicación, accesibilidad y ocupación: Se encuentra en el distrito de Chosica a la altura del km 36 de la Carretera Central. Para acceder a la parte alta se toma un desvío que permite ingresar directamente a su cauce principal. Está ocupada en la parte baja y media por viviendas de material noble y todas las calles están asfaltadas.

Morfología y morfometría: la microcuenca de la quebrada Rayos de Sol presenta quebradas tributarias bien definidas; en la parte superior se encuentra la de mayor recepción en la cuenca, estas tienen un alineamiento de NS y NO-SE y conforman parte de los cerros de Chosica. En la margen izquierda se aprecia abundante material suelto dispuesto a manera de conos y taludes de detritos. (figura 31)


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 80512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

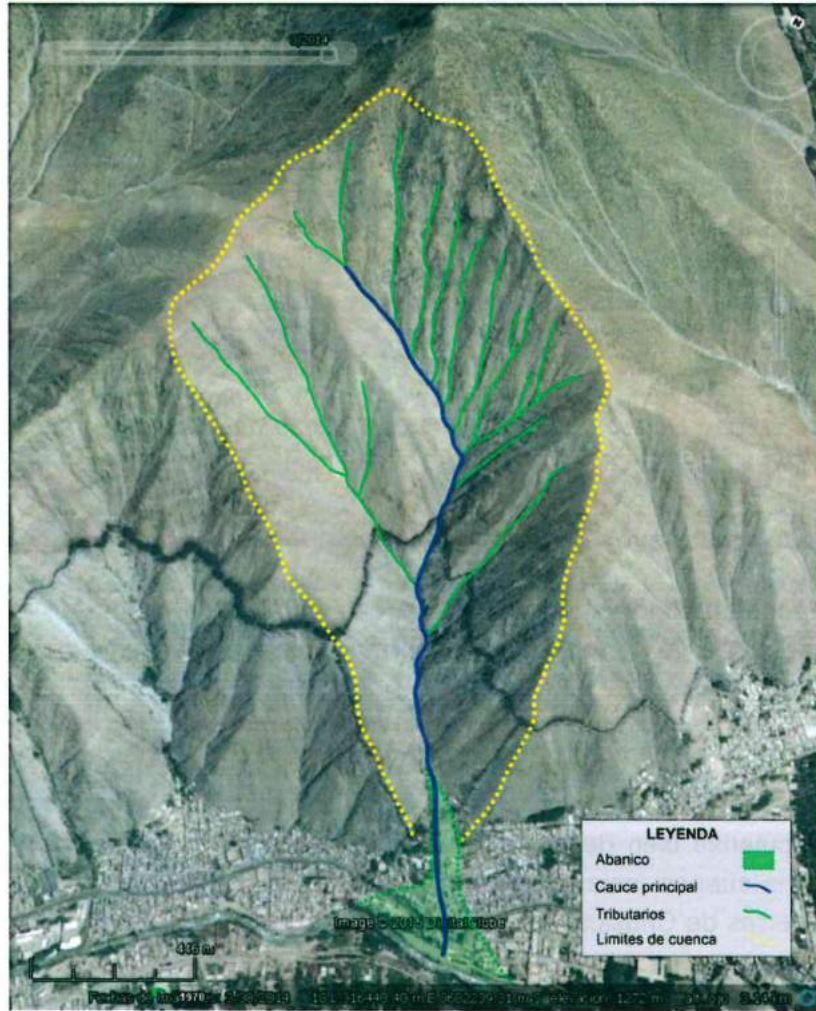



Figura 31. Imagen del Google Earth (2014) donde se aprecia la cuenca de recepción y desembocadura de la quebrada Rayos de Sol.

En sus cauces se aprecia acumulación de depósitos de huaicos antiguos, pudiendo diferenciarse varios eventos canalizados (foto 44), así como gran acumulación de bloques rocosos en las laderas y cauce (foto 45).


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 43. Se aprecian varios niveles de flujos de detritos (DF) y de flujos de lodo (DL). Quebrada Rayos de Sol




Foto 44. Tamaños de bloques, transportados por antiguos flujos de detritos.

En la cuenca baja se aprecia un antiguo "relleno sanitario" (botadero de basura), que el año 1987 fue cortado por un flujo de detritos. (foto 46).



Foto 45. Restos del botadero de basura, ubicado en la cuenca media-baja de la quebrada Rayos de Sol.

La carretera Central y calles de acceso cortan el abanico natural. Cuando ocurrió el flujo del 23 de marzo, la desembocadura estaba ocupada por viviendas y fue el sector masa afectado (figuras 32 y 33).


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064



Figura 32 y Figura 33. Viviendas en la desembocadura de la quebrada Rayos de Sol fueron las más afectadas por el flujo del 23-03-15. Fuente: Google Earth (2014) y CENEPRED (2015)

Tipos de rocas y depósitos superficiales: Predominan en la zona rocas intrusivas en parte poco fracturadas a muy fracturadas; es por ello que se generan bloques hasta de 3 m y se encuentran altamente a moderadamente meteorizadas por procesos de meteorización esferoidal (fotos 47 a 51). Se generan suelos arenosos.

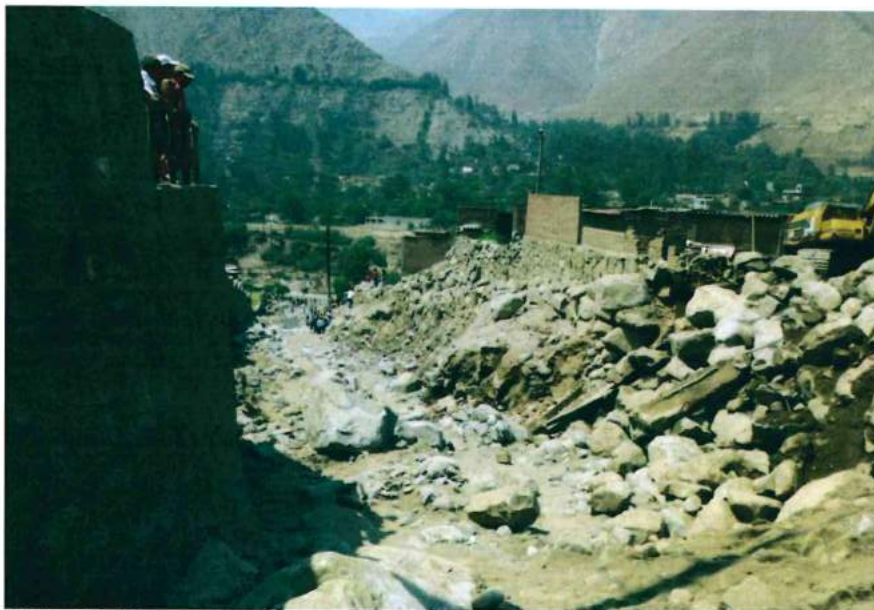



Foto 46. Vista que muestra el canal principal de la quebrada Rayos de Sol, en su parte baja.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N° 80612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 47 y Foto 48. Fracturamiento en rocas intrusivas.




Fotos 49 Foto 50. Proceso meteorización esferoidal (izquierda) y material suelto en de fácil remoción en la parte alta de la quebrada Rayos de Sol.

Geodinámica: cuando sucedieron las lluvias entre el 20 y 23 de marzo, la quebrada Rayos de Sol recibió aporte de los taludes de detritos acumulados en la parte alta. En la cuenca media de la quebrada Rayos de Sol, el cauce muestra grandes bloques producto de huaicos antiguos. En las laderas se aprecia material suelto de muy fácil remoción. El material se canalizó por el cauce principal y vías de acceso, hasta llegar a su desembocadura en el río Rímac arrasando todo a su paso (fotos 52 a 55, Figura 34).



Foto 51. Bloques canalizados por el cauce principal de la quebrada.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 80612


Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 52. Se muestra el material grueso (bloques) y gravas, en el cauce de la quebrada.

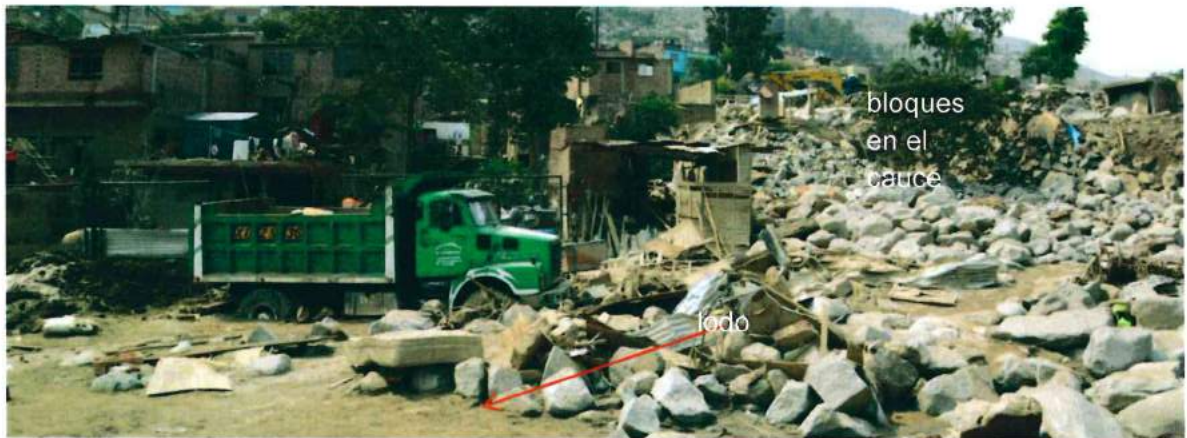



Foto 53. Los bloques que ocuparon el cauce principal y el lodo en la parte lateral derecha.




Foto 54. Se muestra parte de carretera Central y viviendas cubiertas por lodo.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

47


 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

En la cuenca media de la quebrada Rayos de Sol, se contaba con ocho muros disipadores de energía que colapsaron por el paso del flujo de detritos (foto 56).



Foto 55. Muro disipador de energía que fue afectado por el paso del flujo de detritos.

Parte del cauce se encontraba canalizado con muros de mampostería (fotos 57 y 58), pero en la desembocadura la canalización se perdía por la presencia de viviendas. Por ello que el flujo afectó directamente a las viviendas que se encontraban allí (fotos 59 a 61).



Foto 56 y Foto 57. Vista hacia aguas arriba de la quebrada Rayos de Sol, antes y después del flujo del 23-03-15. Fuente: Google Earth (2014), Ingemmet (2015)

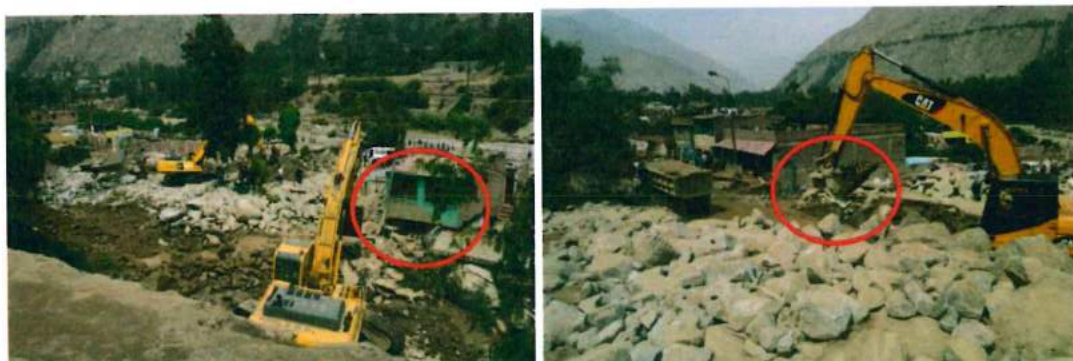


Foto 58 y Foto 59. Daños ocasionados a las viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada Rayos de Sol.

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 80812

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

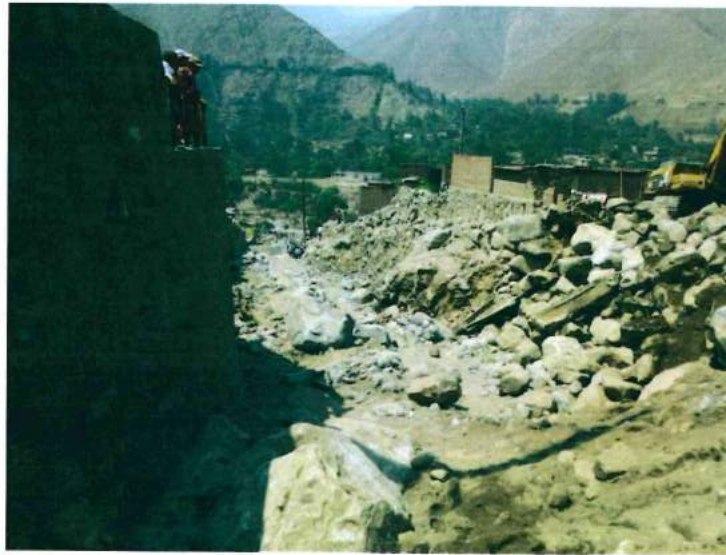


Foto 60. Vista hacia aguas abajo tomada después del evento del 23 de marzo.

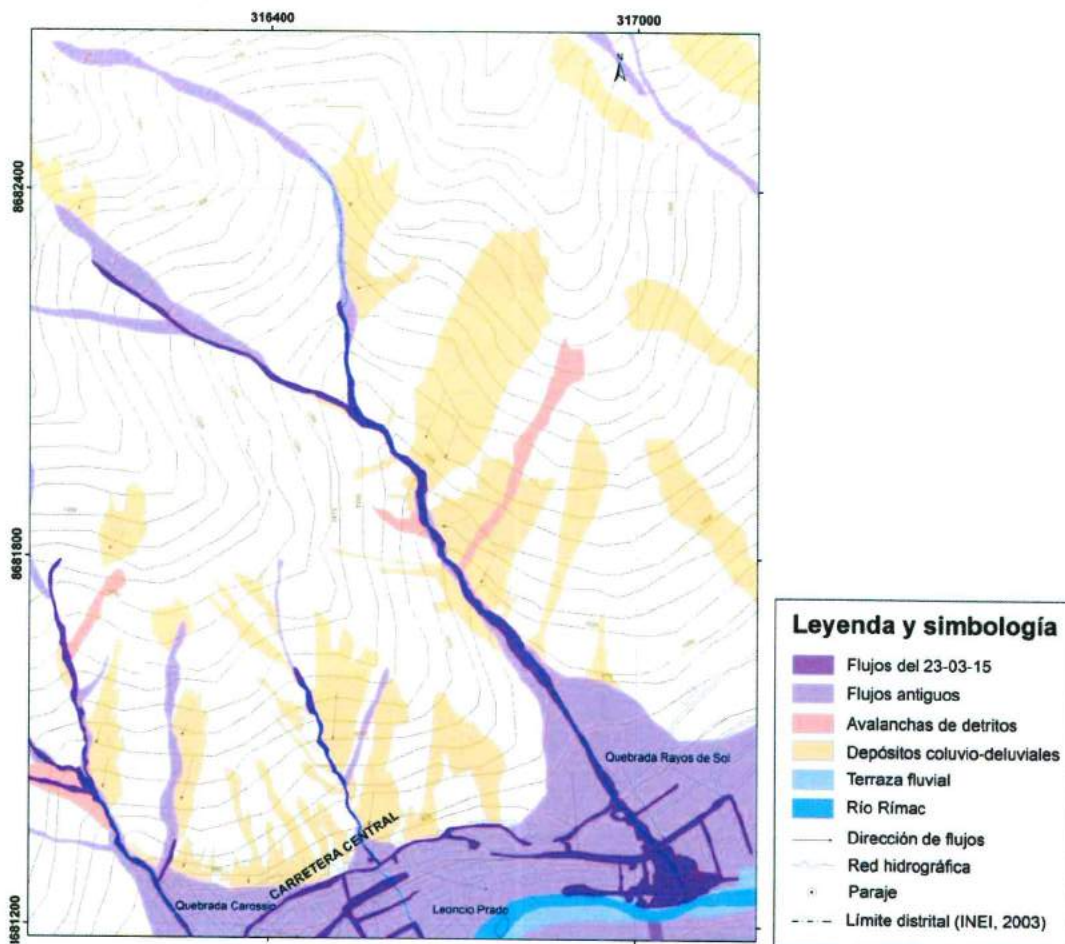




Figura 34. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Rayos de sol.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 80512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

49


 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

Al llegar el flujo a la parte baja, se canalizó por la Carretera Central y se dispó. En la desembocadura se depositó el material grueso como bloques (de hasta 2 m) y gravas; mientras que el material fino (lodo) se canalizó por las calles adyacentes inundando viviendas, llegando a tener un espesor de hasta 1 m. Parte del material llegó a desembocar al cauce del río Rímac.

3.3.6 Quebrada Cashahuacra

Ubicación, accesibilidad y ocupación: Esta quebrada se encuentra poblada por varios asentamientos humanos que se ubican en su desembocadura. Hasta la misma población de Santa Eulalia se encuentra asentada sobre el antiguo abanico generado por la quebrada Cashahuacra. Esta quebrada desemboca en el río Santa Eulalia, afluente principal del río Rímac.

Se accede directamente por la carretera Chosica-Santa Eulalia, y por la vía que nos lleva al poblado de Cashahuacra.

Sobre el sector de Cashahuacra, se tiene un nuevo centro poblacional que está asentado sobre el lecho de un antiguo flujo de detritos (*Figura 35* y foto 62).



Figura 35. Imagen del Google Earth, se aprecia la población asentada sobre un depósito de flujo de detritos.

[Signature]
Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 80612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
[Signature]
Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 61. Vista en el terreno donde se aprecian las viviendas ubicadas en pleno cauce de la quebrada.


Morfología y morfometría: Esta microcuenca evaluada, tiene una mayor dimensión que las anteriores. La cabecera de la cuenca esta por los 2400 msnm y su desembocadura a los 970 msnm, hace un desnivel de 1430 m. Presenta un cauce principal muy definido, una cuenca de recepción muy amplia y abierta.

El cauce de la quebrada tiene una longitud de 6 500 m, de los cuales en la cuenca media es 1300 m y en la cuenca baja 1400 m, y el resto corresponde a la cuenca alta. Lo que quiere decir que está quebrada es de un régimen muy torrentoso en tiempos de lluvias excepcionales.




El cauce, en la cuenca alta tiene dos ramales principales, uno con dirección SE-NO, y otro al SE-NO, las cuencas media y baja tienen una dirección SE-NO (figura 36).

Figura 36. Imagen del Google Earth (2014), se muestra la microcuenca, sus tributarios y su abanico.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N.º. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

51


 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N.º 937064

La pendiente del cauce en la cuenca alta esta entre 20° a 10°, cambia bruscamente al llegar a la cuenca media a 10° a 5°, combinado paulatinamente hacia la parte baja menor a 2°. La cuenca media es de recorrido menor que la cuenca alta, tiene una longitud de 1300 m.

En las cuenca alta y media, se tienen los ramales afluentes a los principales dispuestos en forma dendrítica y paralela. En la cuenca media los afluentes drenan en forma paralela al cauce principal.

En base a la interpretación y toma de datos en la imagen satelital del Google Earth, se tiene que longitud del abanico formado en su desembocadura con el río Santa Eulalia de 1 800m. Como evidencia de ello tenemos la forma curvilínea que tiene el cauce del río Santa Eulalia frente a esta quebrada. La ocupación urbana y agrícola no permite distinguir el límite del abanico.

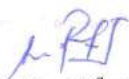
Hacia el sector de Cashahuacra se tiene una terraza proluvial antigua, donde está asentado el mismo centro poblado, la cual tiene una longitud promedio de 230 m. y un ancho de 700 m.

Las pendientes de las vertientes de la quebrada varían entre 25° a 45° (Foto 63 y 64).



Foto 62 y Foto 63. Se muestra las pendientes que tienen las laderas de la quebrada Cashahuacra.

El cauce de la quebrada tiene una ancho entre 15 a 20 m y una altura de 12 a 15 m (foto 65).


ING. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO CIP N° 937064



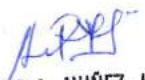
Foto 64. Cauce de la quebrada Cashahuacra.

En la quebrada, por lo observado en las imágenes satelitales del 2014, no presenta muros disipadores de energía.

Tipos de rocas y depósitos superficiales: En la quebrada se encuentran afloramientos de rocas intrusivas, estas se encuentran muy fracturadas y medianamente a altamente meteorizadas, es por ello que en los depósitos antiguos de los flujos de detritos tenemos tamaños varias entre gravas hasta bloques de hasta 2 m, y por los procesos de meteorización esferoidal se tienen fragmentos de roca de formas subredondeadas (fotos 66 y 67), además se generan suelos arenosos (foto 74).



Foto 65 y Foto 66. En la izquierda se muestra los bloques de rocas transportados, en la derecha un afloramiento de roca intrusiva meteorizada.


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064



Foto 67. Suelos arenosos.

Geodinámica: Con lo observado en campo y en base a la interpretación de imágenes satelitales, se puede precisar que la quebrada Cashahuacra es muy susceptible a la generación de flujos de detritos y/o lodo, inundaciones de detritos, caída y avalanchas de detritos.

El flujo del 23-03-15, se inició como un flujo de detritos y al llegar a la desembocadura se disipó como flujo de lodo expandiéndose con un abanico de radio aproximado 1000 m. parte del flujo de lodo se condujo por la carretera central y otra parte por calles principales del distrito de Santa Eulalia.

En la cuenca media, se tiene la confluencia de dos quebradas, que por los diferentes eventos (flujos de detritos) han formado terrazas con alturas hasta de 20 m. En la cuenca media-baja se aprecian antiguos eventos de flujos de detritos.

Las zonas más afectadas fueron los centros poblados de Pomaticla y Cashahuacra ubicados en el cono deyeectivo de la quebrada Cashahuacra (*Figura 37*), que se colmataron por bloques de hasta 2 m de altura en un tramo de casi 1 km.

Flujo de detritos y lodo socavaron su cauce hasta una profundidad de 15 metros y el material ingresó por decenas de casas (26 viviendas afectadas).

El material retenido por los muros disipadores de energía, ha llegado a formar presas que están colmatadas. Este material ha provenido de diferentes flujos generados después de su construcción. Actualmente todos los muros disipadores han quedado cubiertos.

También se observó algunos de los muros disipadores de energía que han sido destruidos por actividad antrópica, como también estrechamiento del cauce de la quebrada por la construcción de viviendas.

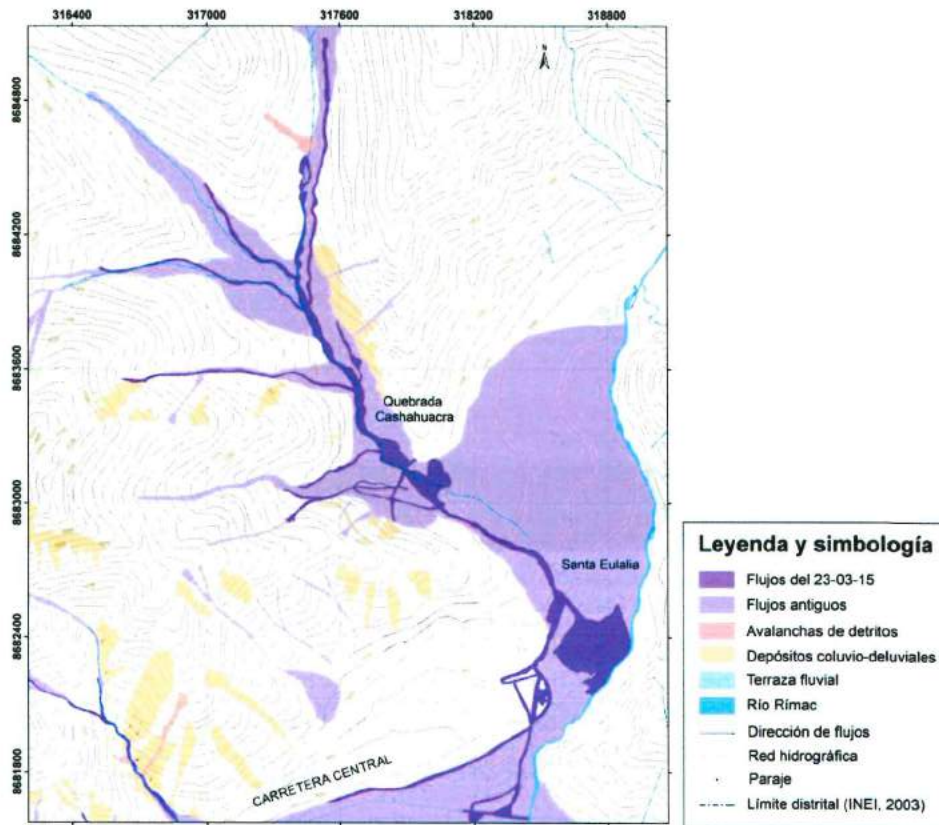


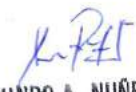
Figura 37. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Cashahuacra.

4. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS VIABLES

Las medidas de prevención a considerar ante futuros eventos de flujo de detritos en las quebradas evaluadas deben ser tanto estructurales y no estructurales:


4.1 MEDIDAS ESTRUCTURALES

- En general, si no se puede evitar construir, es imprescindible conseguir que la urbanización en laderas permita la evacuación de los flujos en lugar de retenerlos por lo que no se debe tener viviendas en el cauce de quebradas que impidan su libre discurrir en caso de avenidas o huaicos. Se debe diseñar un canal hidráulico técnicamente racional a las características de los flujos y dinámica presentadas, con la finalidad de darle un desfogue hacia el río Rímac al presentarse eventos de lluvias excepcionales.
- Debido al tipo de evento recurrente se debe adoptar una técnica constructiva en la edificación más resistente, es decir reemplazar las viviendas de material precario por ladrillo y cemento.
- Para la canalización se puede emplear espigones y diques transversales, aprovechando el abundante material rocoso y detrítico disponible en el área.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 80512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

55


 Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

- Para el caso de cauces estrechos (menores a 15 metros y alturas de red de aprox. 6 metros) con forma de V pronunciada, se puede considerar previa evaluación geotécnica, el uso de mallas de retención de detritos (por ejemplo las mallas VX, Figura 38). En esos casos, las barreras de retención de detritos se fijan a los flancos del cauce mediante anclajes de cable espiral o bulones auto perforantes con cabeza flexible. Este sistema de retención ha sido probado en ensayos de campo en los Alpes suizos por el Instituto Federal Suizo de Investigación de Bosques, Nieve y Paisaje (WSL por sus siglas en inglés); y han dado muy buenos resultados en los Pirineos (España y Francia), que tienen problemas similares a los presentados en las zonas andinas de la región Lima.

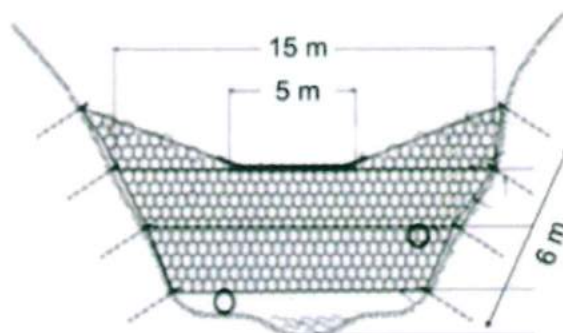


Figura 38. Malla de retención de detritos tipo VX (Tomado de: BGC Engineering, 2011)

- Desatar los bloques inestables de la ladera. Se podría considerar fragmentar los bloques inestables que tengan dimensiones menores a 1,50 m, en base al sistema de dilatación y contracción. Este proceso consiste en quemar la roca y una vez que alcance una alta temperatura (color rojo), agregar agua. Esto ocasionará una contracción muy violenta, dando como resultado su fragmentación. Sin embargo se debe considerar que pueden ser afectadas casas aledañas por lo que se recomienda solo para bloques alejados de viviendas. Para fines de prevención, al momento de desatar los bloques sueltos, es muy probable que estos se desplacen cuesta abajo, por lo que es necesario poner en alerta a los pobladores de las viviendas ubicadas en la falda de la ladera.
- Antes de comenzar las obras se debe reubicar y/o desocupar las viviendas, por fines preventivos, porque podría generarse un rodamiento de las rocas sueltas.

4.2 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

- Es necesario para la gestión local del riesgo establecer un plan de emergencia local o vecinal, con la ubicación de lugares de resguardo y vías de escape. Este plan debe ser socializado en la población y generar conciencia de los

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 60612

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO CIP N° 937064

procesos que pueden afectarlos y cómo prevenir sus daños. Los materiales a utilizar en las capacitaciones pueden ser proporcionados por la subgerencia de defensa civil de la municipalidad de Lima y el INGEMMET. Es recomendable por ello que se cree un Comité local de emergencia conformado por personas de cada sector evaluado. Ellos se encargarán de coordinar con el alcalde y de organizar simulacros y otras actividades de sensibilización entre la población.

- El municipio de Lurigancho debe trabajar en la normativa que prohíba la expansión urbana hacia las laderas de los cerros circundantes y el cauce de las quebradas. En las laderas de los cerros, debería colocarse letreros de advertencia, con lemas referidos al grado de peligro en el que se encuentra la zona. Es necesario además planificar la reubicación de las viviendas que se ubican actualmente en el cauce a sitios seguros.
- Para que la población del sector se encuentre preparada ante un eventual desastre provocado por un flujo de detritos como el analizado en este informe, es importante el desarrollo de un programa de medidas de prevención y emergencia como las señaladas anteriormente, así como del establecimiento de responsabilidades y prioridades.
- Es responsabilidad principal del municipio el lograr imponer el plan de prevención local y el plan local de emergencia con el apoyo de la Municipalidad de Lima y el INDECI, así como establecer el proyecto de reubicación preventiva de las viviendas ubicadas en los sectores de mayor afectación (cauce y abanico de las quebradas evaluadas). Asimismo son responsables de lograr el cumplimiento de las normas y planes de prevención planteados, los dirigentes comunales y el comité local de emergencia.
- SENAMHI debería colocar estaciones de control pluviométrico que permita conocer la ocurrencia de lluvias excepcionales o umbrales de lluvias que desencadenan en flujos de detritos destructivos como los ocurridos el presente verano. Esto serviría como un sistema de alerta temprana para que los pobladores estén preparados y puedan evacuar ante un eventual desastre ya sea por flujos de detritos o por sismos.
- Es necesario elaborar mapas de peligros para escenarios de lluvias extremas en todas las quebradas de Chaclacayo y Chosica. Para ello se necesitan modelos digitales de alta resolución (1/1000 es lo óptimo); registros de máximas precipitaciones en 24 horas con ayuda de colocación de más estaciones.
- Efectuar estudios geotécnicos y de ingeniería de detalle para canalizar adecuadamente los flujos. Para saber las dimensiones de los canales, se deben hacer primero los modelos de avenidas usando caudales extremos de los últimos años. Esto permitirá construir diques de concreto, lo suficientemente fuertes y grandes para impedir el ingreso de los flujos de lodo o el agua hacia las zonas urbanas. Estos modelos requieren datos de lluvias, máximas en 24 horas para 15 años (como mínimo) para poder pronosticar.
- Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) integral. Que involucre la instalación de equipos de monitoreo, sistemas de comunicación-alarma,

señalización de rutas de escape y zonas seguras, simulacros con la población, etc. Un SAT siempre es integral (técnico, social, etc.).

- Los municipios locales afectados deben considerar en sus planes y presupuestos anuales la limpieza y descolmatación de las quebradas antes del inicio del período de lluvias, ya sea por eventos normales o excepcionales previstos.


CONCLUSIONES

- En base al análisis de registros históricos de eventos producidos en el distrito de Chosica, se puede señalar que la zona urbana se encuentra asentada sobre antiguos depósitos de flujos de detritos que mostrarán actividad eventualmente en época de lluvias.
- El factor detonante de los flujos de detritos evaluados en este informe ha sido la acumulación de lluvias excepcionales entre los días 21 y 23 de marzo del 2015 en Chosica y Santa Eulalia. El 23 se registró un pico que sobresaturó los depósitos coluvio-deluviales inconsolidados.
- El cartografiado de procesos geológicos superficiales nos demuestra que existen procesos antiguos como avalanchas de detritos y caídas de rocas que podrían reactivarse durante la época de lluvias o por sismicidad.
- Los eventos evaluados causaron el impacto observado al no encontrar desfogue las quebradas Rayos de Sol, La Libertad y Carossio en Chosica y Cashahuacra en Santa Eulalia. En estos sectores las viviendas de material noble invadían el cauce natural de las quebradas.
- El 23 de marzo, se generó en la quebrada Pedregal y Quirio flujos de detritos, de menores dimensiones que los ocurridos el año 1987.
- Se tiene una mala planificación urbanística en el distrito de Chosica por no haberse considerado los sectores susceptibles a movimientos en masa u otros procesos que podrían generar desastres en el distrito.
- Se observó en las quebradas mayores: Quirio, Pedregal y Cashahuacra que el diseño del desfogue no ha considerado una avenida que involucre el material coluvio-deluvial que se encuentra en la cabecera de cuenca y que se podría trasladar desde la parte alta hasta su desembocadura.
- Dadas las condiciones intrínsecas del área evaluada: elevada susceptibilidad a los movimientos en masa, lluvias excepcionales y un registro histórico que evidencia que los terrenos involucrados ya sufrieron eventos de este tipo, es muy posible que ocurran otros eventos similares a futuro.

RECOMENDACIONES

- Es necesario reubicar las viviendas ubicadas en el cauce de las quebradas evaluadas por su alta susceptibilidad a verse afectadas por flujos de detritos.
- Es muy importante evaluar el trazo de la Carretera Central, colocando drenajes adecuados y obras de prevención adecuadas (como canales de coronación o diques) en las zonas altas de las quebradas que la cortan, para evitar daños por la remoción de los depósitos coluvio-deluviales (materiales inconsolidados) inestables. Asimismo se debe mantener frecuentemente dichas obras.
- La autoridad local pertinente debe emitir ordenanzas para prohibir:
 - La construcción de viviendas en zonas de alto peligro por movimientos en masa
 - Habitar en las fajas marginales o el límite natural de un río o quebrada

- Levantar viviendas con material frágil (madera, adobe, calamina, etc.).
 - Usar las quebradas para el transporte vehicular (Quebrada Rayo de sol, etc.).
- Elaborar mapas de peligrosidad para escenarios de lluvias extremas en todas las quebradas de Chaclacayo y Chosica (Lima) y Santa Eulalia (Huarochirí). Se requiere para ello DEM de alta resolución (1/1 000 es lo óptimo) y datos hidrometeorológicos (lluvias, máximas en 24 horas de 15 años, como mínimo) para poder modelizar los procesos de precipitación-escorrentía – extensión (incluyendo análisis de frecuencias para diferentes periodos de retorno), tomando en cuenta además las evidencias geológicas de los flujos (análisis de los depósitos, etc.) y las evidencias de los daños (casas destruidas, inundadas, etc.).
 - En base a los modelos propuestos en el punto anterior se deben efectuar estudios de detalle para canalizar adecuadamente los flujos. Para saber las dimensiones de los canales, se deben utilizar modelos hidráulicos usando caudales extremos de los últimos años. Esto permitirá construir diques de concreto, lo suficientemente fuertes y grandes para impedir el ingreso de los flujos de detritos o lodo hacia las zonas urbanas.
 - Se recomienda por tanto que el SENAMHI evalúe la instalación de pluviómetros en la parte alta, media y baja de las quebradas evaluadas, lo que permitirá tener información meteorológica fidedigna para analizar a futuro la ocurrencia de los flujos de detritos en este sector.
 - El siguiente paso es implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) integral. Esto incluye la instalación de equipos de monitoreo, sistemas de comunicación-alarma, señalización de rutas de escape y zonas seguras, simulacros con la población, etc.
 - Se recomienda reactualizar el mapa de zonificación de uso de suelos para el distrito de Chosica incluyendo información actualizada sobre peligrosidad por movimientos en masa, geofísica, hidrogeología, microzonificación sísmica (instrumental), así como estudios geotécnicos de detalle (que incluya ensayos de mecánica de suelos). Si no se cuenta con esta información se debe realizar los estudios específicos que permitan obtener esos datos en base a los cuales se podrá redefinir las zonas habitables en el distrito de Chosica y las zonas más propensas a los procesos mostrados en este informe.
 - Tomar en cuenta la información publicada por el INGEMMET como el estudio: "Peligros Geológico en Lima metropolitana N° 59 Serie C", donde se ha señalado las zonas críticas por peligros geológicos, información que debe ser conocida y tomada en cuenta para la elaboración de perfiles, expedientes técnicos de proyectos, elaboración de planes y obras de prevención en la región de Lima Metropolitana.
 - La elección del área de reubicación debe contar con una opinión técnica multisectorial que incluya la información señalada en el punto anterior. Es necesario un trabajo integral, solo de esa forma se evitara más muertes.
 - Realizar trabajos de reforestación que propicien el crecimiento de áreas verdes en las cabeceras de las cuencas de todas las quebradas de Chosica. Coordinar con el ANA esta tarea.


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
 ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este informe agradecen el apoyo prestado por el CENEPRED, CONIDA y la DVRA de la FAP que han brindado información de alta resolución para ajustar los datos del cartografiado de campo. Asimismo se agradece al SENAMHI quien otorgo la información pluviométrica solicitada y al Bach. Carlos Luza por su contribución en la elaboración de mapas, figuras y gráficos empleados para el informe.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, C. 2009 - Huaycos en 1987 en el distrito de Lurigancho-Chosica (Lima-Perú), Bulletin de l'Institut français d'études andines 38 (3). Lima

BGC ENGINEERING (2011). Mosquito Creek Debris Flood Quantitative Risks and Mitigation option assessment. Final Report dated Jan 6, 2011. 57 pp.

Bateman, A., Medina, M, Steiner, F, Velasco, D. (2006). "Estudio Experimental sobre flujos granulares hiper-concentrados". XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Ciudad Guayana, Venezuela. pp. 1-10.

COEN – INDECI. 2015a. huaycos afectan distritos de la provincia de Huarochirí -lima provincias. informe de emergencia N° 447 - 20/04/2015 / 12:30 HORAS. Informe N° 21.

COEN – INDECI. 2015b. huaycos afectan el distrito de Lurigancho chosica-lima metropolitana. informe de emergencia N° 471 - 21/04/2015 / 16:00 HORAS Informe N° 25.


Cruden, D.M. and Varnes, D.J., Landslides Types and Processes in Turner, A.K and Schuster, R.L. (eds.), 1996, Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.

ENACE, IGP, INGEMMET, PREDES, SENAMHI, UNI, 1987. Informe Técnico Preliminar de la Zona afectada por los huaicos del 09-03-87.


Fidel, L.; Zavala, B; Núñez, S. & Valenzuela, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29. 383 p

Gonzales, M y Fidel, L. (1983). Estudio de Seguridad Fisica de los Poblados San Jose de Palle y La Trinchera. Informe técnico A3368 INGEMMET. 37 pp. 6 mapas

Hungr, O. & EVANS, S.G., 2004, Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin, v.


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO - CIP N° 937064

INDECI, 2005 – Mapa de peligros y plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Chosica, 288 pp.; Lima: Indeci.

Núñez & Vasquez, 2009. Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos en Lima metropolitana y El Callao. Informe técnico INGEMMET

Martínez, A. 2013 - Geotecnia de los huaycos de Chosica: estudio, investigación en la prevención y tratamiento. Libro. Universidad Nacional de Ingeniería. Vol. I y II: 259 páginas: ilustraciones, fotos; 30 cm.

O'connor S. 1988 – Investigación del Huayco de Chosica 1987, sus efectos y medidas de mitigación, 99 pp.; Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil.

Palacios, O.; Caldas, J. & Vela, Ch. (1992) - Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 43,163 p.

Tatard, L., Villacorta, S. Metzger, P., Berthelie, P. (2012) - Análisis de la susceptibilidad por movimientos en masa en Lima Metropolitana: un desafío metodológico. Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, PE, 23-26 setiembre 2012, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2012, 6 p.

Varnes, J. (1978). Slope movements types and processes. En: SCHUSTER, L. y KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.


Villacorta, S. Núñez, S., Pari, W., Benavente, C. & Fidel, L. (2015). Geología, Geomorfología, Peligros Geológicos y Características Ingenierías Geológicas del Área de Lima Metropolitana y la región Callao. Boletín 59, Serie C. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.


Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Bogotá D.C. 184 págs.

Zavala, B. Vilchez, M. y Nuñez, S. (2012), Flujos de detritos del 05-04-12 entre las quebradas La Ronda y Los Cóndores, margen izquierda del río Rímac. Informe Técnico A6608. DGAR-INGEMMET

ANEXOS

- Mapa geológico
- Mapas del cartografiado efectuado en campo.
- Mapa de procesos geológicos superficiales del distrito de Chosica y alrededores


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing° Geólogo
Reg. CIP N°. 60512

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Ing. MSc. Sandra Paula Villacorta Chambi
ING. GEOLOGO · CIP N° 937064

Figuras

Figura 1. Imagen satelital que muestra la ubicación de las quebradas evaluadas en la margen derecha de los ríos Rímac y Santa Eulalia.	6
Figura 2. Mapa de unidades geomorfológicas (tomado de Villacorta et al, 2015).....	7
Figura 3. . Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996).....	9
Figura 4. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman y otros, 2006).	9
Figura 5. Mapa Geológico (modificado de: Palacios et. al., 1992)	10
Figura 6. Peligros geológicos inventariados en el distrito de Chosica. Tomado de: Villacorta et al., 2015.....	11
Figura 7. Zonas críticas por peligros geológicos en el distrito de Chosica. Tomado de: Villacorta et al., 2015.....	11
Figura 8. Susceptibilidad a los movimientos en masa para el sector evaluado en Chosica. Fuente: Villacorta et al (2015).	12
Figura 9. Eventos evaluados.....	14
Figura 10. Imagen del Google Earth (2014), se muestra la microcuenca, sus tributarios y su abanico.	15
Figura 11. Imagen del 2005, no se aprecian viviendas en el cauce de la quebrada.	16
Figura 12. Imagen del 2014, Se aprecian viviendas en el cauce de la quebrada.	16
Figura 13. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Quirio	18
Figuras 14 y 15. Izquierda imagen satelital del año 2005, derecha imagen satelital del 2014, se aprecia la expansión urbana en los últimos nueve años.	21
Figura 16. Microcuenca de la quebrada Pedregal, tributarios y abanico (Imagen del Google Earth, 2014).....	24
Figura 17. Imagen 2005, se muestran los muros disipadores de energía (rojo).	25
Figura 18. Imagen 2014, los muros disipadores de energía se aprecian tenuemente (rojo). ...	25
Figura 19. Muro destruido por un flujo de detritos de afluente por la margen izquierda al a quebrada Pedregal. En esa área se produjo el. socavamiento de la terraza aluvional antigua.	27
Figura 20. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Pedregal.....	29
Figura 21. Se muestra la desembocadura de la quebrada La Libertad, esta completamente ocupada por viviendas.	31
Figura 22. Imagen satelital que muestra la microcuenca de la quebrada La Libertad. Se muestra su cauce principal, sus tributarios y su cuenca de recepción.	32
Figura 23. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Libertad	33
Figura 24. Cauce de la quebrada bifurcado y unido.	34
Figura 25 y Figura 26. Se muestra el incremento de viviendas en la zona enmarcada con color rojo.....	36
Figura 27. Imagen del Google Earth (2014) donde se aprecia la cuenca de recepción y desembocadura de la quebrada Carossio	37
Figura 28. Se muestra la avalancha de rocas (enmarcado con línea amarilla).....	38
Figura 29. Se muestra el cauce de la quebrada cerrado por la presencia de viviendas	39
Figura 30. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Carossio.....	40
Figura 31. Imagen del Google Earth (2014) donde se aprecia la cuenca de recepción y desembocadura de la quebrada Rayos de Sol.	43
Figura 32 y Figura 33. Viviendas en la desembocadura de la quebrada Rayos de Sol fueron las más afectadas por el flujo del 23-03-15. Fuente: Google Earth (2014) y CENEPRED (2015) ..	45
Figura 34. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Rayos de sol.	49
Figura 35. Imagen del Google Earth, se aprecia la población asentada sobre un depósito de flujo de detritos.	50
Figura 36. Imagen del Google Earth (2014), se muestra la microcuenca, sus tributarios y su abanico.	51
Figura 37. Flujo de detritos del 23-03-15 en la quebrada Cashahuacra.....	55
Figura 38. Malla de retención de detritos tipo VX (Tomado de: BGC Engineering, 2011)	56

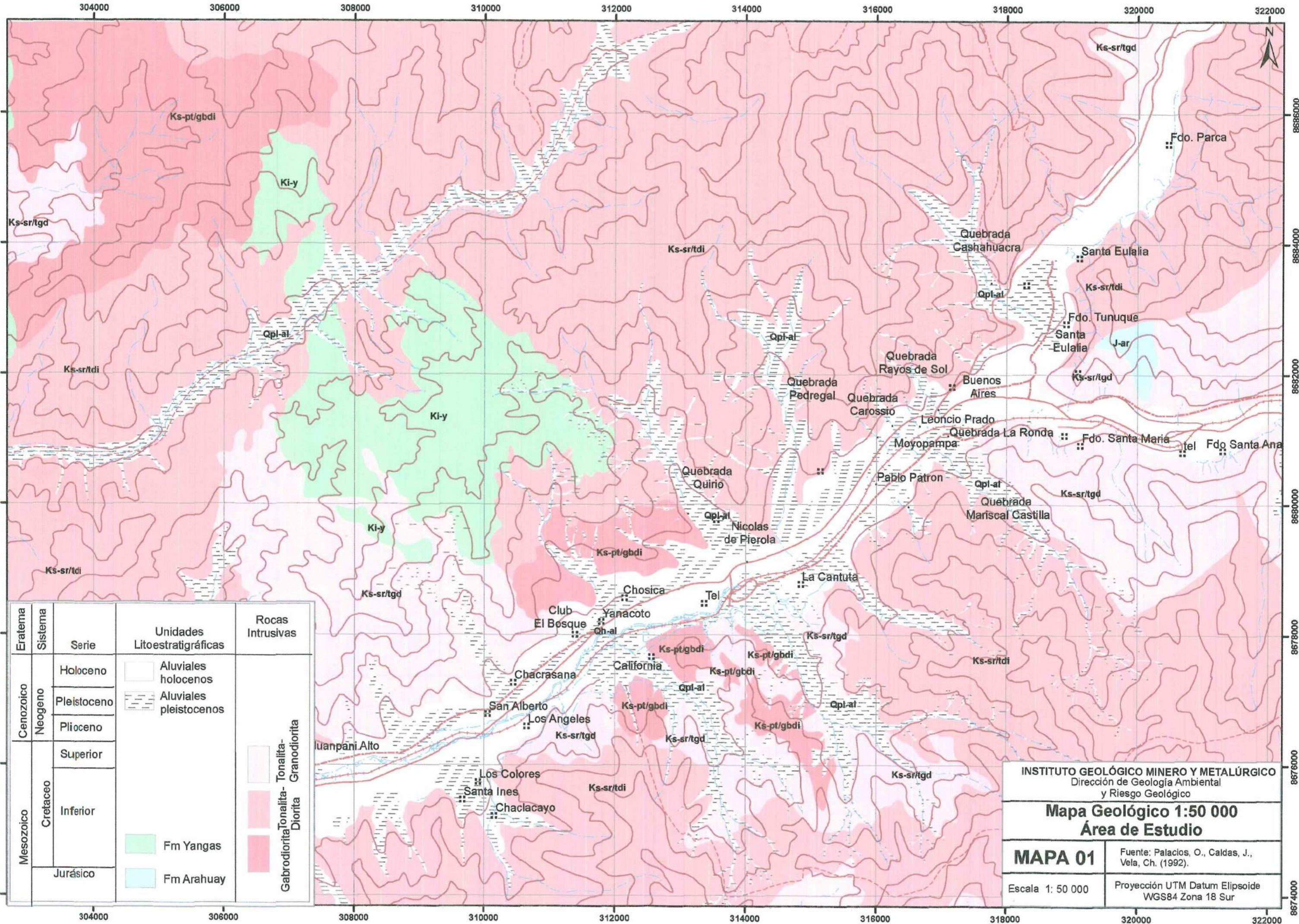
Gráficos

Gráfico 1. Precipitaciones pluviales diarias registradas en la estación Chosica en el mes de marzo del 2015 (SENAMHI, 2015).....	5
Gráfico 2. Estadística de eventos inventariados (modificado de: Villacorta et al., 2015	12

Fotografías

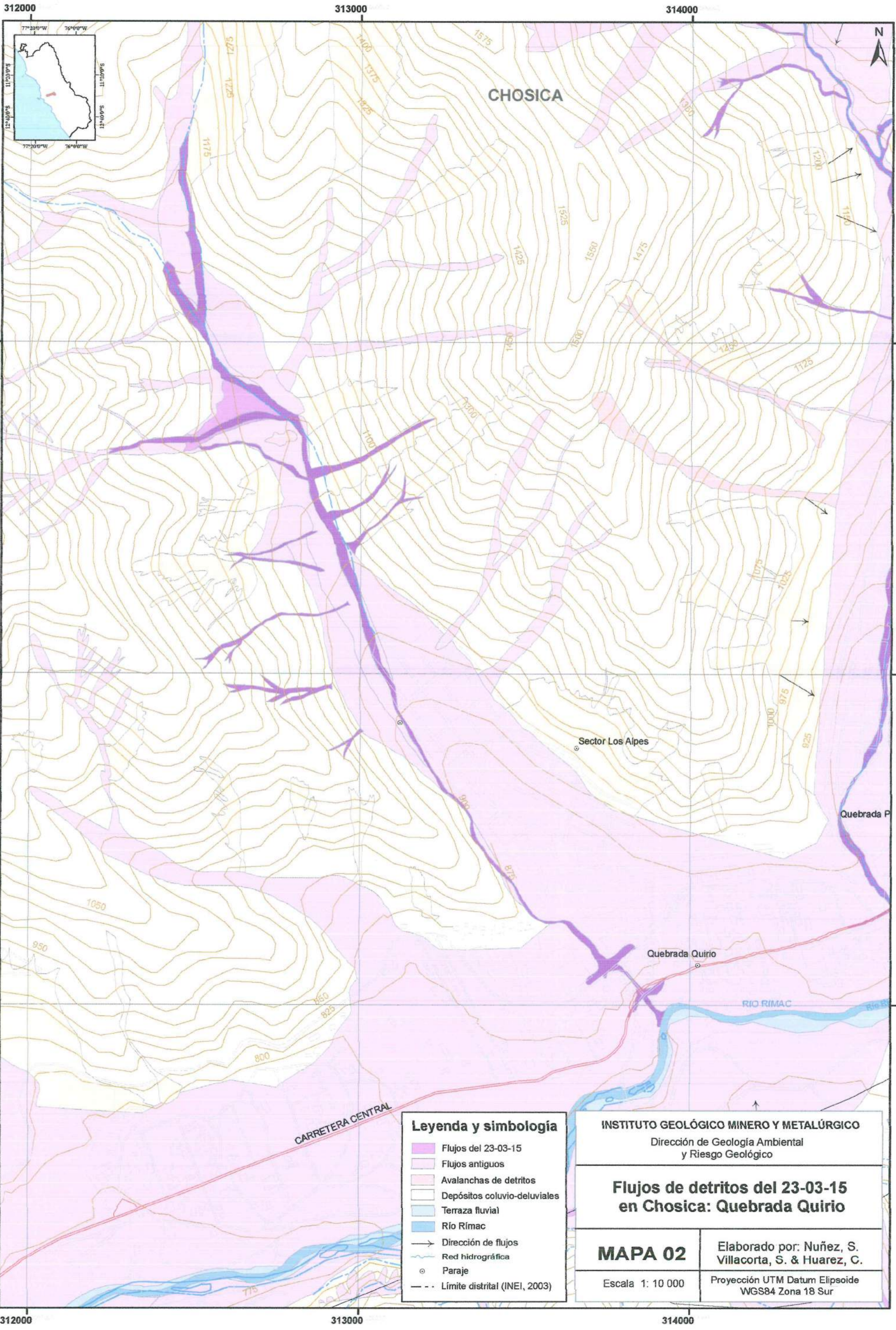
<i>Foto 1. Se muestra la pendiente del terreno y la gran cantidad de material suelto en la ladera. Parte media de la cuenca Rayos de Sol.</i>	8
<i>Foto 2. Se muestra la pendiente que tienen las laderas de la quebrada Quirio.</i>	17
<i>Foto 3. Fragmento de roca de forma subredondeada.</i>	17
<i>Foto 4. Viviendas ocupando la terraza de un antiguo flujo de detritos.</i>	19
<i>Foto 5. Viviendas asentadas en la margen derecha de la quebrada Quirio, se encuentran sobre antiguos depósitos de avalanchas de rocas.</i>	19
<i>Foto 6. Quebrada Quirio canalizada, con un ancho de 10 m. Los muros tienen alturas hasta de 2 m.</i>	19
<i>Foto 7. Muro dissipador de energía, se encuentra casi totalmente cubierto por sedimentos. Los márgenes de la quebrada muestran depósitos caóticos de huaicos antiguos con matriz-soportada típico de flujos de detritos.</i>	20
<i>Foto 8. Se muestra la reducción del cauce de la quebrada, como también la destrucción parcial del muro dissipador de energía construido de mampostería de piedra.</i>	20
<i>Foto 9. Se aprecia el ancho actual de la quebrada, en el sector San Antonio-Anexo 13.</i>	22
<i>Foto 10. Margen derecha de la quebrada Pedregal, la pared de los depósitos aluviales antiguos ha sido reducida por construcción de estadio.</i>	22
<i>Foto 11. Pendiente de la ladera, margen derecha de la quebrada Pedregal; acumulación de suelo coluvio residual.</i>	23
<i>Foto 12. Roca intrusiva fracturada y medianamente meteorizada.</i>	25
<i>Foto 13. Bloques de formas subangulosas y sibredondeadas, producto de la meteorización esferoidal y el escaso transporte de material.</i>	25
<i>Foto 14. Se muestra el contacto entre la roca y un depósito de avalancha de rocas. Nótese las formas subangulares en los bloques de roca.</i>	26
<i>Foto 15. Quebrada Pedregal, se muestra con la quebrada afluente (A) que trajo mayor aporte de material.</i>	26
<i>Foto 16. Socavamiento en la terraza aluvional, causando su desestabilización y caídas de detritos.</i>	27
<i>Foto 17. Muro dissipador de energía que ha retenido material suelto y se encuentra colmatado.</i>	27
<i>Foto 18. Muro dissipador de energía impactado por grandes bloques como el que aprecia aguas abajo durante el paso del flujo de detritos del 23-03-15.</i>	27
<i>Foto 19. Material transportado por la avalancha de rocas, que afectó a viviendas.</i>	28
<i>Foto 20. Margen izquierda de la quebrada Pedregal, Sector donde ha colapsado la defensa ribereña.</i>	28
<i>Foto 21. Margen derecha de la quebrada Pedregal, el cauce de la quebrada, usado como calle, parte del muro ha colapsado.</i>	29
<i>Foto 22. Muros de la defensa ribereña que han quedado colgados por la erosión lineal y socavamiento en la quebrada Pedregal.</i>	30
<i>Foto 23. Gran acumulación de material suelto en el cauce de la quebrada que requiere ser limpiado.</i>	30
<i>Foto 24. Muros de concreto, ubicados en la desembocadura de la quebrada, se aprecia también el material suelto en su cauce; zona que también requiere ser descolmatada.</i>	30
<i>Foto 25. Se aprecia la Carretera Central, por donde discurrió el flujo de lodo.</i>	31
<i>Foto 26. Afloramiento de rocas intrusivas en la margen izquierda de la quebrada Libertad.</i>	33
<i>Foto 27. Bloques de formas subangulosas y subredondeadas por efecto de la meteorización esferoidal y poco transporte.</i>	33
<i>Foto 28. La erosión de laderas produce material suelto que "tapiza" las vertientes de la quebrada Libertad.</i>	34
<i>Foto 29. Sector cubierto por depósito del flujo de lodo.</i>	35
<i>Foto 30. Presa formada por los muros dissipadores de energía, completamente colmatada.</i>	35
<i>Foto 31 y Foto 32. Erosión de bases de las viviendas y vía de acceso ocasionado por el paso del flujo.</i>	35
<i>Foto 33. Mercado de abastos Chosica, sector por donde se disipó el flujo de lodo.</i>	36

<i>Foto 34. Se aprecia las laderas con pendientes entre 45° y 35° en la parte alta de la quebrada.</i>	37
<i>Foto 35 y Foto 36. Bloques con formas subangulosas a subredondeadas y evidencias de meteorización esferoidal en la parte alta de la quebrada Carossio.</i>	38
<i>Foto 37. Muro de mampostería de piedra, colapsado por el paso del flujo.</i>	39
<i>Foto 38. Calle que sirvió como cauce del flujo.</i>	41
<i>Foto 39. Paredes de viviendas destruidas parcialmente por el agua y el impacto de bloques arrastrados por el flujo.</i>	41
<i>Fotos 40 y Foto 41. A la salida de la calle principal se entrampó el material grueso (bloques, gravas, árboles) antes de llegar a la Carretera Central. El lodo se canalizó por una de las calles.</i>	41
<i>Foto 42 y Foto 43. Izquierda: se muestra una calle paralela a Carretera Central inundada por lodo de hasta 20 cm. Derecha: flujo de lodo con alturas de hasta 1.5 m ingreso a las viviendas aledañas.</i>	42
<i>Foto 44. Se aprecian varios niveles de flujos de detritos (DF) y de flujos de lodo (DL). Quebrada Rayos de Sol.</i>	44
<i>Foto 45. Tamaños de bloques, transportados por antiguos flujos de detritos.</i>	44
<i>Foto 46. Restos del botadero de basura, ubicado en la cuenca media-baja de la quebrada Rayos de Sol.</i>	44
<i>Foto 47. Vista que muestra el canal principal de la quebrada Rayos de Sol, en su parte baja.</i>	45
<i>Foto 48 y Foto 49. Fracturamiento en rocas intrusivas.</i>	46
<i>Fotos 50 Foto 51. Proceso meteorización esferoidal (izquierda) y material suelto en de fácil remoción en la parte alta de la quebrada Rayos de Sol.</i>	46
<i>Foto 52. Bloques canalizados por el cauce principal de la quebrada.</i>	46
<i>Foto 53. Se muestra el material grueso (bloques) y gravas, en el cauce de la quebrada.</i>	47
<i>Foto 54. Los bloques que ocuparon el cauce principal y el lodo en la parte lateral derecha.</i>	47
<i>Foto 55. Se muestra parte de carretera Central y viviendas cubiertas por lodo.</i>	47
<i>Foto 56. Muro dissipador de energía que fue afectado por el paso del flujo de detritos.</i>	48
<i>Foto 57 y Foto 58. Vista hacia aguas arriba de la quebrada Rayos de Sol, antes y después del flujo del 23-03-15. Fuente: Google Earth (2014), Ingemmet (2015).</i>	48
<i>Foto 59 y Foto 60. Daños ocasionados a las viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada Rayos de Sol.</i>	48
<i>Foto 61. Vista hacia aguas abajo tomada después del evento del 23 de marzo.</i>	49
<i>Foto 62. Vista en el terreno donde se aprecian las viviendas ubicadas en pleno cauce de la quebrada.</i>	51
<i>Foto 63 y Foto 64. Se muestra las pendientes que tienen las laderas de la quebrada Cashahuacra.</i>	52
<i>Foto 65. Cauce de la quebrada Cashahuacra.</i>	53
<i>Foto 66 y Foto 67. En la izquierda se muestra los bloques de rocas transportados, en la derecha un afloramiento de roca intrusiva meteorizada.</i>	53
<i>Foto 68. Suelos arenosos.</i>	54



Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas	Rocas Intrusivas
Cenozoico	Neogeno	Holoceno	Aluviales holocenos	Tonalita-Granodiorita Gabrodiorita-Diorita
		Pleistoceno	Aluviales pleistocenos	
		Plioceno		
Mesozoico	Cretaceo	Superior		
		Inferior	Fm Yangas	
	Jurásico		Fm Arahuay	

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
Mapa Geológico 1:50 000
Área de Estudio
MAPA 01 Fuente: Palacios, O., Caldas, J., Vela, Ch. (1992).
 Escala 1: 50 000 Proyección UTM Datum Elipsoide WGS84 Zona 18 Sur



CHOSICA

Sector Los Alpes

Quebrada Quirio

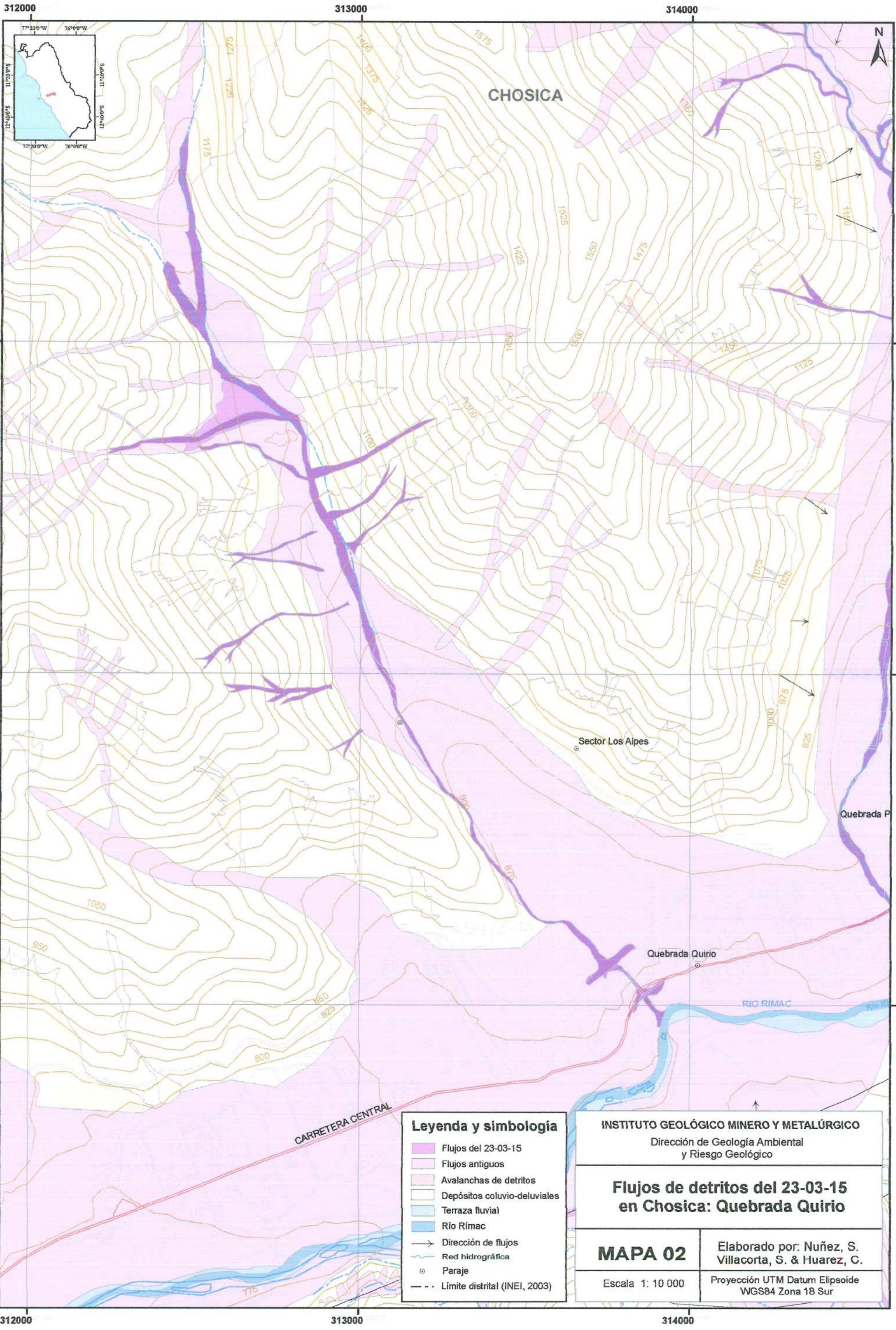
Quebrada P...

RIO RIMAC

CARRETERA CENTRAL

- Leyenda y simbología**
- Flujos del 23-03-15
 - Flujos antiguos
 - Avalanchas de detritos
 - Depósitos coluvio-deluviales
 - Terraza fluvial
 - Río Rímac
 - Dirección de flujos
 - Red hidrográfica
 - Paraje
 - Límite distrital (INEI, 2003)

<p>INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico</p>	
<p>Flujos de detritos del 23-03-15 en Chosica: Quebrada Quirio</p>	
<p>MAPA 02</p>	<p>Elaborado por: Nuñez, S. Villacorta, S. & Huarez, C.</p>
<p>Escala 1: 10 000</p>	<p>Proyección UTM Datum Elipsoide WGS84 Zona 18 Sur</p>



314000

315000

316000



CHOSICA

8682000

8682000

8681000

8681000

8680000

8680000

Sector Los Alpes

Quebrada Pedregal

Quebrada Quirio

CARRETERA CENTRAL

RIO RIMAC

Legenda y simbología

- Flujos del 23-03-15
- Flujos antiguos
- Avalanchas de detritos
- Depósitos coluvio-deluviales
- Terraza fluvial
- Río Rímac
- Dirección de flujos
- Red hidrográfica
- Paraje
- Límite distrital (INEI, 2003)

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Geología Ambiental
y Riesgo Geológico

**Flujos de detritos del 23-03-15
en Chosica: Quebrada Pedregal**

MAPA 03

Elaborado por: Nuñez, S.
Villacorta, S. & Huarez, C.

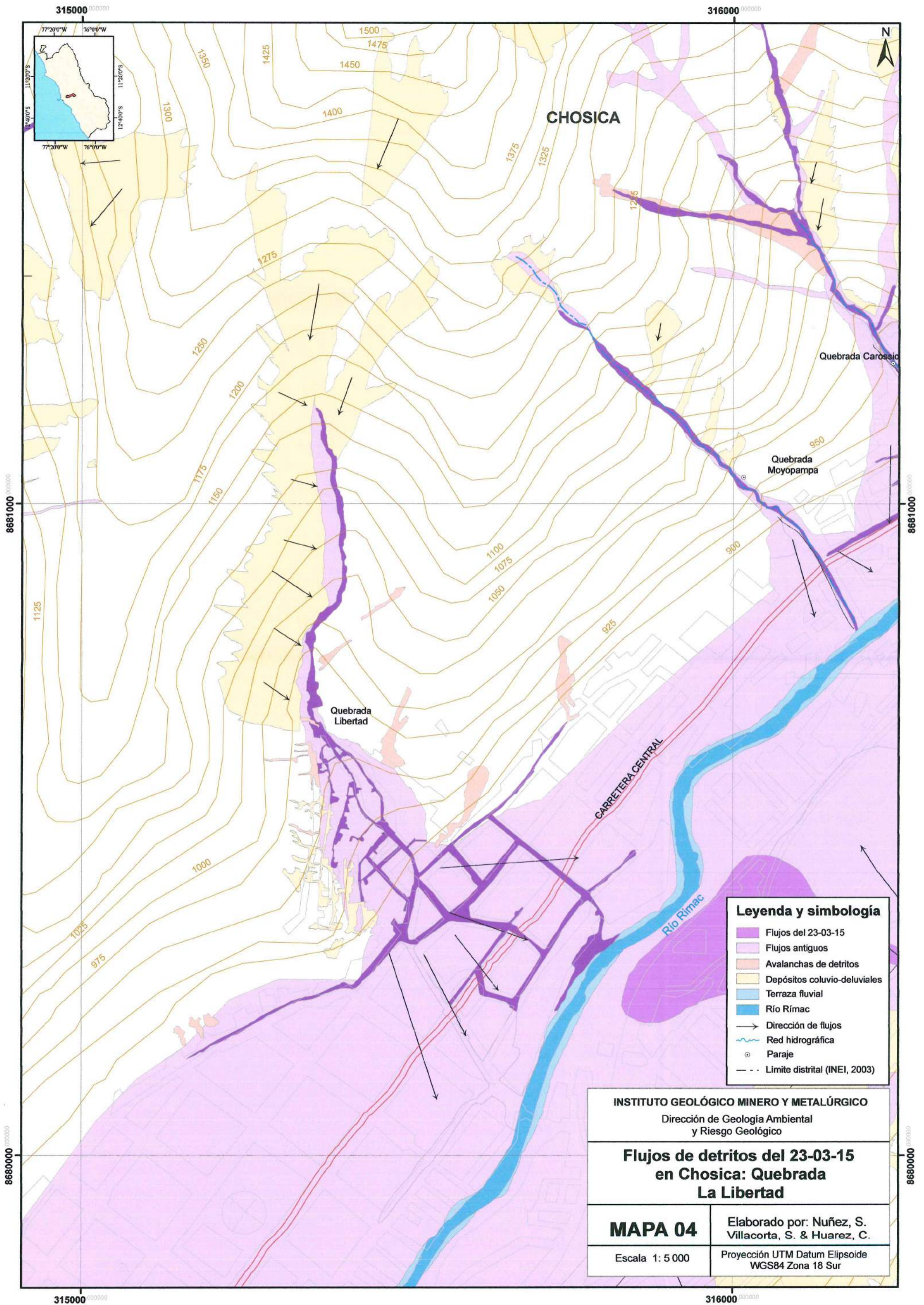
Escala 1: 10 000

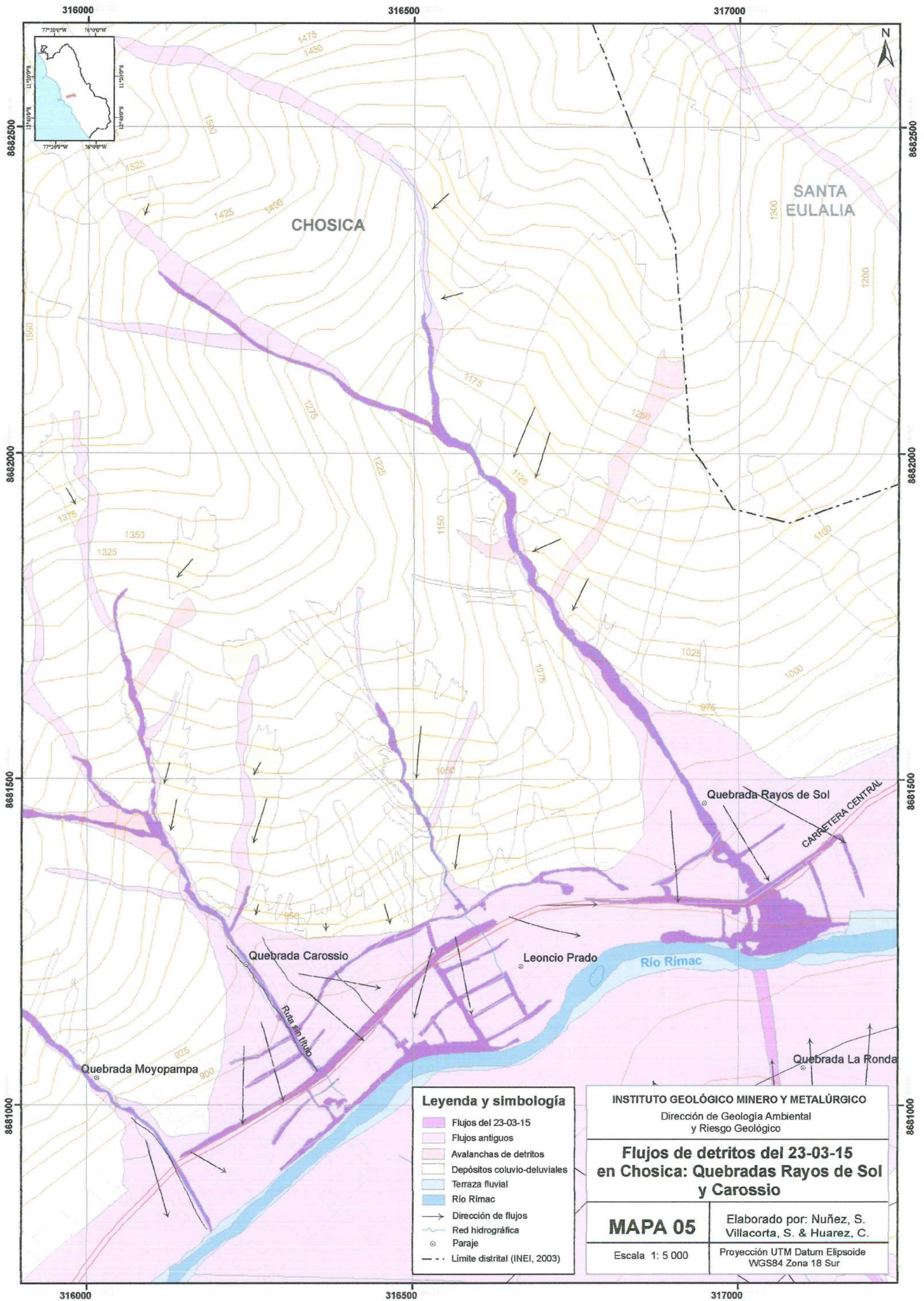
Proyección UTM Datum Elipsoide
WGS84 Zona 18 Sur

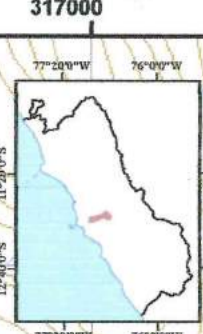
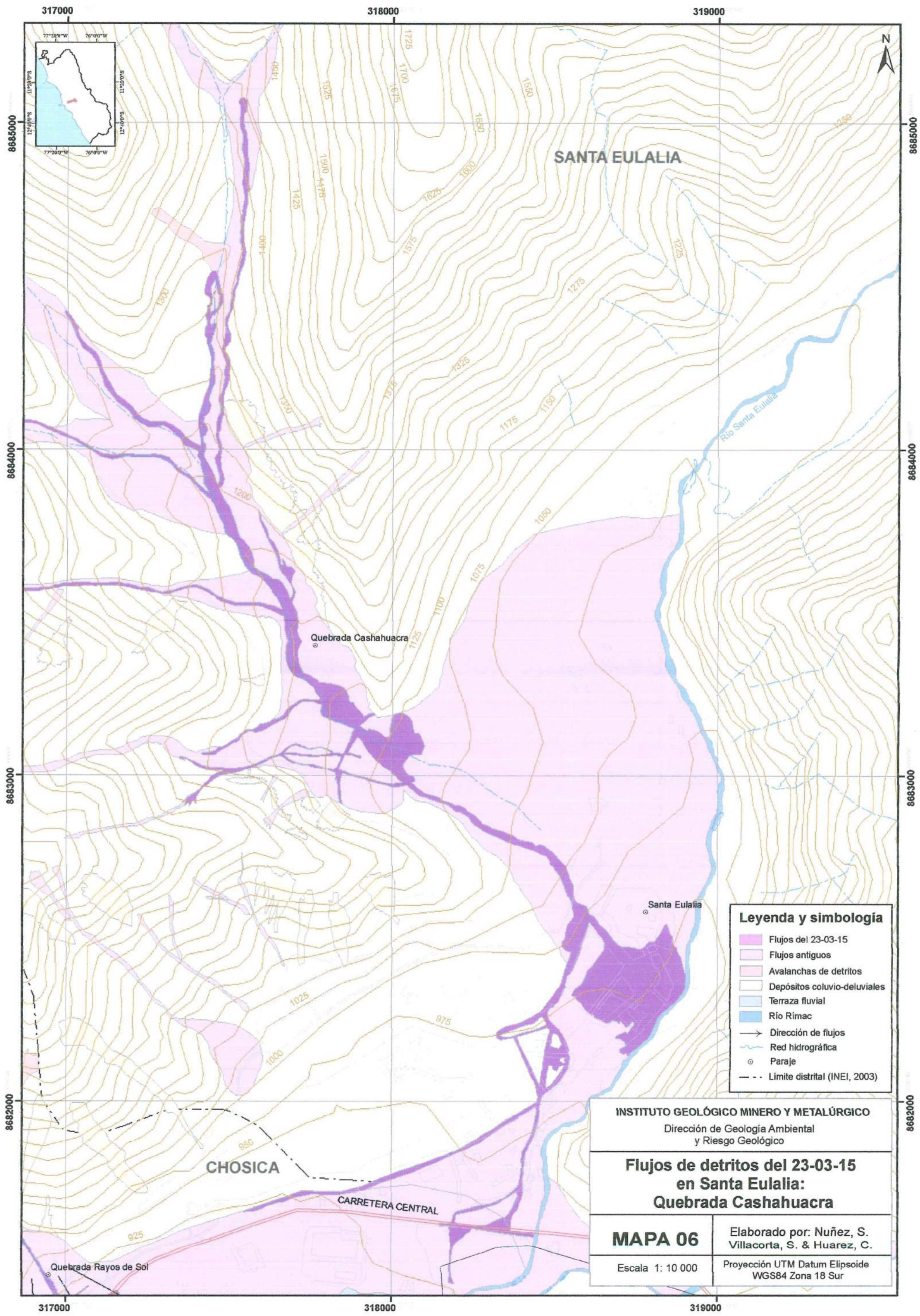
314000

315000

316000







Leyenda y simbología

- Flujos del 23-03-15
- Flujos antiguos
- Avalanchas de detritos
- Depósitos coluvio-deluviales
- Terraza fluvial
- Río Rímac
- Dirección de flujos
- Red hidrográfica
- Paraje
- Límite distrital (INEI, 2003)

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología Ambiental
 y Riesgo Geológico

**Flujos de detritos del 23-03-15
 en Santa Eulalia:
 Quebrada Cashahuacra**

MAPA 06

Elaborado por: Nuñez, S.
 Villacorta, S. & Huarez, C.

Escala 1: 10 000

Proyección UTM Datum Elipsoide
 WGS84 Zona 18 Sur

CHOSICA

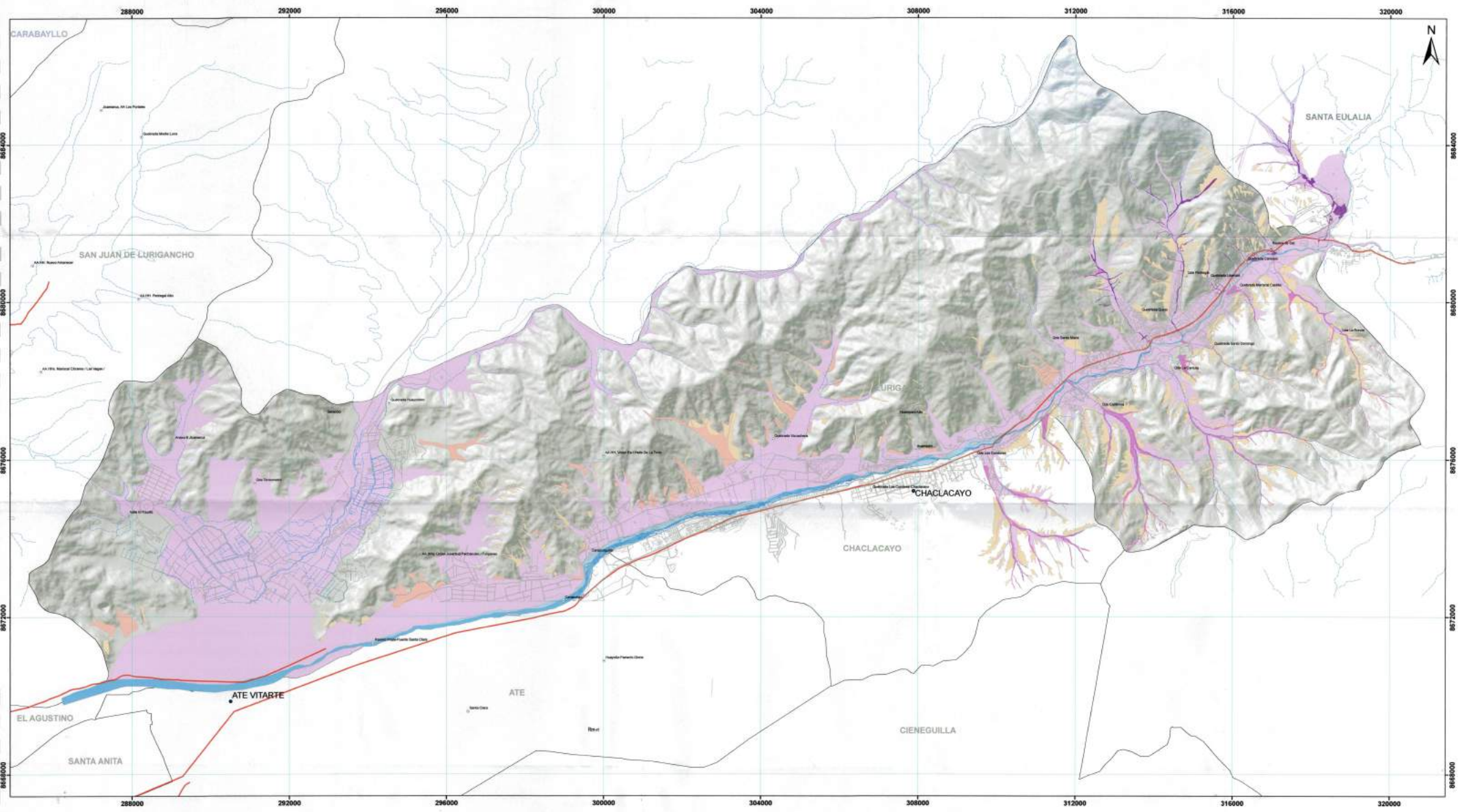
CARRETERA CENTRAL

Quebrada Rayos de Sol

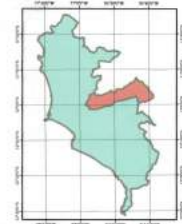
Quebrada Cashahuacra

Santa Eulalia

SANTA EULALIA



Ubicación del área de investigación



Legenda y simbología

- Fajas del 23-03-15
 - Fajas antiguas
 - Acumulados de detritos
 - Terrazas cubiertas-destruidas
 - Terrazas fluvial
 - Río: Rinca
- SÍMBOLOS**
- Dirección de flujos
 - Red hidrográfica
 - Paraje
 - Límite censal (INEI, 2005)

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

Flujos de detritos del 23-03-15 en el distrito de Chosica y en la Qda Cashahuacra (Santa Eulalia)

Escala 1:50 000
Proyección UTM Datum Elipsoide WGS84 Zona 18 Sur

0 0.375 0.75 1.5 2.25 3km

Autores: Segundo Nuñez, Sandra Villacorta, Christian Huarez

INGEMMET **MAPA 07**