

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7529

PROCESOS GEOLÓGICOS CO-SÍSMICOS (MOVIMIENTOS EN MASA Y DEFORMACIONES SUPERFICIALES) ASOCIADOS AL SISMO DE YAUCA DEL 28 DE JUNIO, 2024 - AREQUIPA

Departamentos: Arequipa e Ica

Provincias: Caravelí, Camaná, Nasca y Palpa



AGOSTO
2024

PROCESOS GEOLÓGICOS CO-SÍSMICOS (MOVIMIENTOS EN MASA Y DEFORMACIONES SUPERFICIALES) ASOCIADOS AL SISMO DE YAUCA DEL 28 DE JUNIO, 2024 – AREQUIPA



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

Equipo de investigación:

Segundo Núñez
Julio Lara
Luis Albinez
Dulio Gómez
Kevin Cueva
Rafael Miranda

Referencia bibliográfica

Núñez; S., Cueva, K., Albinez, L., Lara, J., Gómez, H., & Miranda, R. (2024). *Procesos geológicos co-sísmicos (movimientos en masa y deformaciones superficiales) asociados al sismo de Yauca del 28 de junio, 2024 - Arequipa*. Provincias Caravelí, Camaná, Nasca y Palpa, departamentos Arequipa e Ica. Informe técnico N° A7529, 65p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 . OBJETIVOS	7
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	7
3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	8
4. MACROSISMOS OCURRIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	9
5. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO-GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL	15
6. PRINCIPALES EFECTOS GEOLÓGICOS CO-SÍSMICOS.....	18
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXO 1: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA	57
ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS.....	63

PROCESOS GEOLÓGICOS CO-SÍSMICOS (MOVIMIENTOS EN MASA Y DEFORMACIONES SUPERFICIALES) ASOCIADOS AL SISMO DE YAUCA DEL 28 DE JUNIO, 2024 – AREQUIPA

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la identificación de peligros geológicos co-sísmicos en los sectores de Atiquipa, Yauca, Jaqui, Peña Negra, Aragelí, Reynoso, Sacramento, Quicacha, Chaparra, Acarí, Achanizo y Calaparca, Chala, Caravelí, Atico, Ocoña e Infiernillo, ubicados en los distritos de Mariano Nicolas Valcárcel, Atico, Quicacha, Chaparra, Chala, Huanuhuanu, Atiquipa, Yauca, Jaqui, Acarí, Nasca, Vista Alegre, Palpa; Provincias Caravelí, Camaná, Nasca y Palpa; departamentos Arequipa e Ica. Estos peligros fueron detonados por el sismo de magnitud M7.0 ocurrido el 28 de junio 2024, cuyo epicentro se ubicó a 54 km al SO de la localidad de Yauca y tuvo una profundidad de 42 km (Fuente IGP). Este sismo generó réplicas, con magnitudes entre M4.0 a M6.4.

En el área se tienen afloramientos de rocas intrusivas (Batolito de la Costa), volcánico-sedimentarias (Formación Chocolate, Centro Volcánico Nasca, Guaneros y Grupo Barroso) y sedimentarias (Formaciones Milo y Pisco), entre otros. Las rocas se encuentran moderadamente a altamente meteorizadas y medianamente a muy fracturadas. Siendo estos afloramientos susceptibles a generar procesos de tipo derrumbe y caída de rocas.

Las unidades geomorfológicas que se tienen en la zona de estudio son montañas y colinas en rocas intrusivas, sedimentarias y volcánico sedimentarias. También piedemontes coluviales, coluvio-deluviales y terrazas aluviales. Siendo las montañas y colinas intrusivas donde se presentan la mayor cantidad de eventos de derrumbes y caída de rocas, por tener laderas con pendiente mayor de 27°.

En las áreas urbanas como Yauca, Jaqui, Acarí, Chala y Chaparra, el sismo afectó construcciones de adobe, apreciándose en sus paredes grietas, separación de juntas y caída de estucado de yeso. En algunos casos también afectó viviendas de material noble. Se recomienda que, en los pueblos mencionados, ubicados en la costa, se realicen estudios geotécnicos de detalle y de microzonificación sísmica, para determinar los parámetros adecuados de construcción en los diferentes tipos de suelo existentes; incluye las zonas proyectadas para crecimiento urbano.

En los cortes de talud de las carreteras de penetración desde las ciudades costeras hacia la sierra, principalmente en el tramo Yauca-Jaqui-Coracora, Chala-Chaparra y Nasca-Puquio, se presentaron caídas de rocas y derrumbes.

En el mercado antiguo de Chala, por efecto del sismo, se generaron agrietamientos en sus estructuras, por lo cual la Municipalidad Distrital de Chala lo ha clausurado (hasta el momento de la evaluación de campo). Es necesario que un Ing. Civil evalúe dichas estructuras.

La tubería de agua potable que abastece al pueblo de Jaqui, fue afectada severamente por derrumbes y caídas de rocas que se generaron por los cortes de talud de depósitos coluvio-deluviales. Es necesario que, la tubería sea repuesta y cubierta para protegerla de movimientos en masa futuros.

En muchas de los sectores afectados de la costa y mencionadas anteriormente, es necesario realizar estudios geotécnicos de detalle y de microzonificación sísmica, para determinar los parámetros adecuados de construcción en los diferentes tipos de suelo existentes, también en las áreas proyectadas para el crecimiento urbano.

1. INTRODUCCIÓN

El Perú por sus características geológicas y sísmicas, viene siendo afectado por sismos importantes en los últimos 500 años.

El departamento de Arequipa, ubicado al sur de Lima, no es ajeno a estos eventos, los datos históricos disponibles permiten conocer que la ciudad de Arequipa fue destruida por movimientos sísmicos en los años de 1582, 1600, 1784 y 1868. En los últimos 55 años soportó terremotos en los años de 1958, 1960, 1979, 1999 y 2001 (Silgado, 1978). El sismo de 1913, cuya área epicentral estaría entre las localidades de Chala y Atico, originó magnitudes del orden de 7.7 Ms, que produjo daños de consideración en Caravelí, Chuquibamba y Caylloma, se destruyeron viviendas en Arequipa; después del terremoto se produjo un tsunami que inundó las zonas costeras entre las localidades de Lomas y Chala, lo que motivó que la localidad de Yauca sea trasladada a su ubicación actual a mayor altura.

Los sismos, tienen su origen en el proceso de fricción de placas produciendo importantes daños en áreas relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de junio de 2001 (Mw=8.2); en Pisco, el 15 de agosto de 2007 (Mw=8.0) y en Acarí-Yauca el 25 de setiembre de 2013 (Mw=7.0) (Tavera et al., 2013).

El 28 de junio del 2024, a horas 00h 36 min, ocurrió un sismo frente a la localidad de Yauca en Caravelí, de magnitud M7.0, con epicentro en el mar a 54 km al SO de Yauca (provincia Caravelí, departamento Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 42 km (foco superficial), siendo el sacudimiento del suelo percibido en una radio de 500 km, desde Lima Metropolitana por el norte hasta Tacna por el sur y la mayor intensidad del orden de VI (MM) evaluada en las localidades de Yauca, Acarí y Chala (Tavera et al., 2024).

El INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, ante los reportes emitidos por diferentes medios de comunicación, decide realizar una evaluación geológica en las zonas afectadas por el sismo, para la cual destacó 3 brigadas a la zona, para efectuar los siguientes trabajos de campo:

- Evaluación de procesos geológicos superficiales y movimientos en masa detonados por el sismo.
- Efectos geológicos co-sísmicos en la zona litoral y costanera, carretera Panamericana Sur y alrededores de las localidades de Chala, Yauca, Acarí, Chala, Atico, entre otras.
- Inventario de movimientos en masa y deformaciones superficiales en las carreteras de penetración a la sierra, desde las localidades de Lomas, Yauca, Atiquipa, Acarí, Chala y Atico, a nivel de laderas de valle y taludes de corte de carreteras. También se efectuaron observaciones sobre efectos en los poblados.

1.1 . OBJETIVOS

- Evaluar los procesos de deformaciones superficiales originadas por el sismo, involucrando ocurrencias de movimientos en masa en los taludes de carreteras, acantilados con macizos rocosos, acumulaciones eólicas (colapsos o derrumbes, caída de rocas y deslizamientos), agrietamientos y asentamientos en el terreno (carretera Panamericana Sur, vías secundarias, áreas de los valles de Yauca y algunas áreas pobladas.
- Evaluar en campo, los daños ocasionados por el sismo en los sectores y carreteras de penetración a la sierra u otras, de acuerdo a la información de las autoridades locales.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La identificación de peligros geológicos en los sectores evaluados se basó en tres etapas: la primera corresponde a una etapa de gabinete, la segunda a trabajos de campo y una tercera etapa de gabinete.

Etapas de gabinete I

Durante la primera etapa, se realizó: la recopilación bibliográfica de información geológica y geodinámica de la zona de estudio; ubicación preliminar de los sectores afectados y a evaluar; así como la generación de mapas temáticos preliminares para los trabajos de campo.

Etapas de campo

La segunda etapa involucró: entrevistas con alcaldes y representantes de Defensa Civil de los distritos afectados; los trabajos de campo e interpretaciones geológicas-geodinámicas, que se basaron en las observaciones geológicas in situ; y la elaboración de fichas de inventario de peligros geológicos, además de fichas de inventario de zonas críticas. Los trabajos de campo fueron realizados por tres brigadas de especialistas, conformadas por los ingenieros Segundo Núñez, Julio Lara, Luis Albinez, Dulio Gómez, Kevin Cueva y Rafael Miranda.

Etapas de gabinete II

Finalmente, la tercera etapa se realizó en base a la sistematización e interpretación de los datos de campo, así como el procesamiento de datos, lo cual dio como resultado el presente informe.

3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área evaluada se encuentra al sur de Lima y comprende sectores de Atiquipa, Yauca, Jaqui, Peña Negra, Aragelí, Reynoso, Sacramento, Quicacha, Chaparra, Acarí, Achanizo y Calaparca, Chala, Caravelí, Atico, Ocoña e Infiernillo, ubicados en los distritos de Mariano Nicolas Valcárcel, Atico, Quicacha, Chaparra, Chala, Huanuhuanu, Atiquipa, Yauca, Jaqui, Acarí, Nasca, Vista Alegre, Palpa; Provincias Caravelí, Camaná, Nasca y Palpa; departamentos Arequipa e Ica. Ver figura 1.



Figura 1: Mapa de ubicación del área evaluada después del sismo del 28 de junio del 2024.

La accesibilidad a la zona de estudio se realizó mediante las rutas nacionales: carretera Panamericana Sur y carretera Atico-Caravelí-Cahuacho. Así como las rutas vecinales principales: acceso a Puerto Lomas, acceso a Atiquipa, carretera Chala-Chaparra y carretera Ocoña-Secochoa.

4. MACROSISMOS OCURRIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

A continuación, se mencionan los principales datos macrosísmicos (cuadro 1) ocurridos en el departamento de Arequipa desde el año 1555 hasta la actualidad, la compilación se ha tomado como fuente de Silgado (1972) y complementado con información del Instituto Geofísico del Perú-IGP.

Cuadro 1. Resumen de datos macrosísmicos ocurridos en el departamento de Arequipa

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
1555		Arequipa	VIII	Viviendas dañadas y muerte de varias personas, de acuerdo con el libro de Cabildos de dicha ciudad.
1582-01-22	11:30:00	Socabaya	X	Derrumbe de 300 casas, pereciendo más de 35 personas. Los Templos de San Francisco y La Merced, sufrieron severos daños.
1600-02-19	16:00:00	Omate, Arequipa	IX	Epicentro en Moquegua, por la explosión fuerte del Volcán Huaynaputina (Omate), en cuyas inmediaciones quedaron sepultados seis o siete pueblos. El Río Tambo quedó represado.
1604-11-24	13:30:00	Moquegua, Tacna Arequipa	X	Con epicentro en Tacna, arruinó las ciudades de Tacna, Arequipa, Moquegua y Arica. El mar se salió en el Puerto de Arica, causó 23 muertes.
1687-10-21	06:00:00	Arequipa	VIII	Fuerte sismo en Arequipa que causó serios daños en sus templos y viviendas. Otros estragos se dieron en los valles de Sihuas y Majes. Sismo llamado de Santa Úrsula por celebrarse ese día su festividad.
1715-08-22	19:00:00	Arequipa	XII	Averió casas en Arequipa, quedando algunas inhabitables. Derrumbes de partes altas de los cerros, sepultando a los pequeños pueblos situados en las colinas y valles. Las réplicas se siguieron sintiendo en forma continua durante dos meses.
1725-01-08	8:00:00	Arequipa	VII	Se estremeció la tierra, con tal estruendo y violencia que las personas apenas se podían sostener de pie. Destruyó varios templos y la mayor parte de casas. Hubo una gran polvareda que cubrió toda la ciudad.
1784-05-13	0736:00	Arequipa	X	Pecieron 54 personas. La ciudad sufrió ruinas de edificios y viviendas, cayó el arco de puente y se deterioró el empedrado de sus calles. Hubo el derrumbe de dos templos antes de que ocurra el terremoto, como previo aviso. Tuvo una duración de 4 a 5 minutos de varias réplicas.
1821-07-10	08:00:00	Camaná-Ocoña	VII	Gran movimiento de tierra que causó grandes daños en Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y valle de Majes. 70 muertos en Camaná y Ocoña, 60 en Chuquibamba y 32 en Caravelí.
1868-08-13	16:45:00	Moquegua, Tacna Arica, Arequipa	XI	Dejó en ruinas las ciudades de Moquegua, Tacna, Tarata y Arica. Murieron 180 personas en todo el sur. Según el Dr. J. Polo "este sismo pudo ser como uno de los mayores que se haya verificado en el país". Su epicentro fue en Arica,

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTEN-SIDAD	OBSERVACIONES
				acompañado de un Tsunami que afectó Arica con 12 m. de altura. La Catedral de Arequipa quedó destruida, así como el Portal de Flores y la Iglesia de la Compañía. En Arequipa con intensidad de IX en la escala de MM.
1869-06-24	13:45:00	Moquegua, Tacna Arica, Arequipa	VI	Fuerte movimiento sísmico en Arequipa y Tacna y en los antiguos puertos del Perú y Bolivia que duro como minuto y medio. A las 14:15 horas, se retiró el mar causando gran alarma, volviendo luego a su nivel, hubo crecientes y bajadas como siete veces. Se sintió violentamente a bordo del vapor inglés "Paita" que navegaba del Callao a Valparaíso estando a tres millas de tierra firme con 75 brazas de agua y casi frente al actual límite con Chile.
1869-11-03	19:30:00	Arequipa	VI	Temblor local en Arequipa que causó deterioros en sus edificios.
1877-05-09	20:28:00	Arequipa	VII	Destruyó las poblaciones de Mollendo, Ilo, Arica. Fue seguido de un Tsunami que inundó los puertos de Ilo y Arica. Más al sur fueron arrasados los puertos de Pica y Mejillones, con olas de 20 m. de altura, dejando un saldo de 33 muertos.
1878-01-23	00:00:00	Arequipa y Tacna Arica, Arequipa	VII	Sentido en Arequipa y Tacna, cayeron varias casas en el antiguo Tarapacá. El oleaje marino producido por la conmoción inundó los pueblos costeros del sur.
1913-07-28	01:40:00	Chala y Mollendo	VIII	Violento sismo en la Costa Sur del Perú, entre los Puertos de Chala y Mollendo. Ocasiónó la rotura de tres cables submarinos, debido a deslizamiento del talud submarino, según Cía. Americana de Telégrafos.
1913-08-06	17:13:00	Caravelí	VIII	Edificada cerca de las estribaciones de la cordillera Occidental quedó destruida por un terremoto. El movimiento de pocos segundos de duración, produjo desplome de edificios y derrumbes en las laderas del valle, ocasionando varios muertos. Sufrieron igualmente todos los pueblos del valle de Majes, especialmente Chuquibamba, donde además de desplomarse la iglesia mayor, se deterioraron edificios y viviendas. Otros daños se apreciaron en Caylloma (4,354 msnm), su iglesia matriz quedó agrietada. En la ciudad de Arequipa hubo averías en algunos edificios públicos mientras que en la zona costera sufrieron las poblaciones de Ocoña y Atico.
1914-09-11	06:48:00	Caravelí	VII	Se repitió en Caravelí, reedificada después de la catástrofe de 1913, otro violento terremoto que lo volvió a dejar en escombros y ocasionó derrumbes en los cerros que lo rodeaban esa ciudad. En Nazca hubo víctimas y el desplome de la nueva iglesia. Se sintió fuerte en Chala y Atico.
1915-12-28	18:40:00	Caravelí	VI	Sismo de foco cordillerano, localizado por el Observatorio sismológico a unos 300 Km, al SE

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
				de Lima. Fue sentido en un área de unos 120 000 Km ² y afectó varios pueblos de las provincias de Fajardo, Huamanga, Huanta (Ayacucho) y Angaraes (Huancavelica). El pueblo de Julcamarca, situado sobre una loma alta sufrió averías en sus construcciones quedando su iglesia casi destruida. En Ocos cayeron viviendas y hubo deslizamientos en la parte alta de los cerros.
1917-03-21	03:56:00	Caylloma	VII	Cailloma en Arequipa quedó en ruinas por un violento movimiento. Hubo 22 muertos y muchos heridos.
1920-10-07	15:54:00	Límite entre Arequipa-Ayacucho	VII	Terremoto en las zonas limítrofes de Ayacucho y Arequipa. Santa Lucía, capital del distrito de Lucanas, quedó tan destruida que sus pobladores tuvieron que refugiarse en carpas hechas en su plaza de armas. En los distritos de Acarí y Jaqui (Arequipa) hubo numerosos daños materiales y algunas pérdidas de vida. En Chala, se cayeron paredes y columnas de la iglesia como cercas de las haciendas. Otros daños se produjeron en Cachendo, estación del ferrocarril a Puno. Gran alarma en Caravelí y Huanta. Sentido intensamente en la ciudad de Arequipa, Mollendo, Ica y Chincha.
1922-10-11	09:50:00	Caravelí	VII	Sismo destructor en el pueblo de Caravelí donde cayeron muchas casas. En Arequipa y el puerto de Mollendo causó daños de consideración. Otros efectos se notaron en Acarí y Quicacha. Fuerte en Nazca, Puquio, Palpa, Chala y Cañete.
1932-06-05	22:57:00	Arequipa	VI	Violento temblor en la ciudad de Arequipa que causó cuatro heridos. Ligeros desperfectos en algunas casas, caída de cornisas y rotura de vidrios. Intensidad V-VI. Escala MM. Densas nubes de polvo cubrieron luego la ciudad. Réplicas durante las 24 horas posteriores. Alarma en el puerto de Mollendo.
1939-10-11	09:51:00	Valle de Majes	VII	El Observatorio Sismológico de Lima registró un movimiento sísmico proveniente de unos 650 km al SE de Lima. Las comunicaciones venidas del sur informaban que el pueblo de Chuquibamba, situado en el valle del río Majes, había sido afectado. Su iglesia, la cárcel y la municipalidad sufrieron graves daños, y desplome de muchas casas. En la aldea de Chuquibambilla, en las inmediaciones del río Vilcabamba, tributario del río Apurímac, se destruyeron muchas viviendas, lo mismo que en Caravelí en la vertiente Pacífica. El sismo causó otros daños en edificios de las ciudades de Arequipa y Moquegua. Con gran intensidad se sintió en las poblaciones de Puquio, Quicacha, Palpa y en los puertos de Chala y Mollendo.

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
1942-08-24	17:51:00	Región limítrofe entre Ica y Arequipa	IX	Terremoto en el sector limítrofe entre los departamentos de Ica y Arequipa en un área de 18 000 Km ² donde ocurrió gran destrucción. Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos. Quedaron en escombros las poblaciones vecinas de Acarí y Jaqui, extendiéndose los daños hasta las poblaciones de Quicacha, Atiquipa y Palpa. En Caravelí solo resistieron al sismo los edificios de reciente construcción. Fue sentido en Camaná, Chuquibamba, Aplao, y Mollendo. El sismo tuvo un minuto de duración. Los pueblos cordilleranos de Cora Cora, Huancapi y otros experimentaron algunos daños. En el puerto de Chala la sacudida alcanzó tal violencia que varias personas fueron arrojadas al suelo la perder la estabilidad; un testigo narraba: las casas tenían movimiento semejante a la de un barco azotado por una tempestad", sufriendo el nuevo hotel de turistas, cuarteamiento de sus paredes.
1948-05-11	03:56:00	Arequipa Moquegua Tacna	VII	Dejando un saldo de 1 muerto y 66 heridos, los efectos destructores fueron dentro de un área aproximada de 3 500 Km ² .
1951-03-04	06:18:00	Chala-Caravelí	VI	Sismo originado en las cercanías de Chala y ligeramente destructor en Caravelí, donde alcanzo el grado VI MM. Se sintió en una extensión de 135 000 Km ² .
1955-07-21	11:45:49	Caravelí	VII	Movimiento sísmico a lo largo de la costa entre los paralelos 11° a 18° Latitud Sur. En la ciudad de Caravelí, ocasionó algunos agrietamientos de paredes y el derrumbe de los Iglesia del Beaterio (Grado VI-MM). Alarma en las ciudades de Ica y Arequipa. Distancias de los Observatorios de Lima y la Paz 580 y 560 Km. Respectivamente (para un foco de 60 Km de profundidad).
1958-01-15	14:14:00	Arequipa	VIII	Causó 28 muertos y 133 heridos. Todas las casas construidas a base de sillar sufrieron averías, resistiendo los inmuebles construidos a partir de 1940 y los edificios modernos. Afectó los distritos de Tiabaya, Sabandía, Miraflores y Yarabamba. Hubo gran polvareda, daños al Ferrocarril y Carretera Panamericana. Agrietamientos con eyección de aguas negras en Camaná.
1958-07-26	12:38:00	Arequipa	VI	Fuerte sismo en la ciudad de Arequipa que causó alarma y roturas de la tubería matriz que conduce el agua potable del manantial de la Bedoya-Distrito de Chihuata.
1960-01-13	15:40:00	Arequipa	IX	Percieron 63 personas y quedaron centenares de heridos. La población de Chuquibamba quedó en escombros. Sufrieron destrucción las viviendas construidas a base de sillar. En Mollendo hubo caídas de cornisas. La Carretera a Puno y a las diversas localidades del

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
				departamento, quedaron inutilizadas. Polvareda oscura y densa en la ciudad.
1960-03-09	18:54:00	Arequipa y áreas vecinas	VI	Violenta réplica del terremoto del 13 de enero. Sacudió la ciudad de Arequipa y otras poblaciones vecinas. En la ciudad cayeron cornisas ya removidas. Sufrieron daños algunos interiores de viviendas. Rajaduras de paredes y techos en la zona antigua de Miraflores. Fue sentido en Puno, en los Puertos de Matarani, Mejía y Mollendo.
1964-01-26	04:09:00	Arequipa	V – VI	En Arequipa hubo 4 heridos y deterioro de varias casas ya resentidas por sismos anteriores. Derrumbes en la Carretera Arequipa – Juliaca y en el Km. 20 de la Carretera Vitor – Sihuas. Sentido en Mollendo, Ubinas, Aplao y otros.
1965-07-30	00:45:00	Arequipa	IV-V	La población de la ciudad de Arequipa fue despertada por un fuerte sismo de larga duración que causó pánico.
1979-02-16	08:54	Camaná y Corire	VII	Se sintió con mayor intensidad (VI) en Mollendo, La Planchada, La Joya, Punta de Bombón, Sihuas, Uchumayo y Camaná, sufriendo daños en sus viviendas.
1991-07-23	14:45.00	Complejo Volcánico Ampato-Sabancaya y Hualca Hualca	VIII	Sismo superficial de 3.6 Km y magnitud de 5.4 Mb. Produjo en superficie importantes asentamientos y deslizamientos de tierra, además de numerosos desprendimientos de roca a la largo de las pendientes del río Colca. Las localidades más afectadas fueron las de Lari y Maca, en un 20% y 80% de las viviendas fueron destruidas, además de 14 personas fallecidas y numerosos heridos.
1992-02-01	12:22:00	Sahuana-Sepina-Achoma	VII	Sismo sentido en un área aproximadamente 144 km ² , produjo deslizamientos de tierra y caída de rocas sobre las carreteras y canales de regadío. La mayor intensidad con VII MM se localizó en las localidades de Visconoja, Huitohuasi y Layuni, todas ubicadas al sur de la Pampa Sepina.
1996-11-12	11:59:00	Nazca, Ica, Pisco, Caravelí, Caylloma, Lucana y Coracora	VIII	Se produce un violento movimiento en el sur del país de 6.4 en la Escala de Richter, cuyo epicentro se ubica a 135 km al SO de Nazca, con intensidad de VIII (MM) en Nazca y Palpa, V en Ica, IV en Camaná, III-IV en Moquegua, III en Tacna y II en Lima, a 46 km de profundidad. Las áreas más afectadas fueron las provincias de Ica, Pisco, Nazca y Palpa en el departamento de Ica, Caravelí y Caylloma en el departamento de Arequipa, Lucana y Coracora en Ayacucho, Huaytará en Huancavelica. El IGP registró un total de 1065 réplicas. En la prov. Caravelí afectó 17 localidades en 9 distritos, dejando un saldo de 4 muertos, 54 heridos y 18 350 damnificados, los servicios de agua y luz fueron interrumpidos, el relave de la Mina Otapara represó el río Acarí, se represó una laguna que

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
				causó alarma en la población, acequias de la zona quedaron sepultadas por derrumbes de cerro del distrito, una iglesia afectada.
1999-04-03	06:17:00	Arequipa	VII	Conocido como el "terremoto de Arequipa", llega a los 6 grados en la escala de Richter.
2001-06-23	20:33:13	Arequipa	VII	Terremoto de 7 grados en la escala de Richter; afecta al 80% de la población, ocasionando el derrumbe de algunos poblados, el 90% de las viviendas. La ciudad quedó incomunicada y las líneas telefónicas y viviendas fueron seriamente dañadas, en ciudades aledañas, como Arequipa, Moquegua y Tacna murieron más de 70 personas. Además, un fuerte Tsunami arrasó la localidad de Camaná.
2007-08-15	18:40:00	Pisco	VIII	Fue uno de los terremotos más violentos acontecidos en Perú en los últimos años, siendo rebasado por el terremoto de Arequipa de 2001. Este hecho dejó 596 personas fallecidas .
2012-06-07		Chuquibamba (Arequipa)	VI	En la zona sur de la región central del Perú, el día 7 de junio del 2012, ocurre un sismo de magnitud moderada (6.1 ML, 6.2 Mw) y epicentro ubicado a 18 km al SO de la localidad de Chuquibamba (Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 110 km (foco intermedio) y en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 350 km ($I_{max}=II$), siendo mayor su intensidad entorno a las localidades de Chuquibamba, Pampacolca y Aplao (Arequipa).
2013-07-17		Huambo-Arequipa	VI	El sismo ocurrió a una profundidad de 7 km, con epicentro a 9 km al noreste de la localidad de Huambo, produciendo intensidades máximas de VI (MM) en las localidades de Huambo y Cabanconde. Las localidades afectadas con menor intensidad fueron Maca, Madrigal y Aplao. Se reportó el derrumbe de 35 viviendas construidas con sillar, adobe y piedras, además de 80 que quedaron dañadas con fi suras. Algunos tramos de la carretera Chivay a Huambo fueron cerradas por la presencia de derrumbes.
2013-09-25	23:42	Arequipa	VI	Sismo ocurrido frente a las localidades de Acarí-Yauca, de Magnitud 6.9 ML (7.0 Mw), con epicentro ubicado a 66 km al SO de la localidad de Yauca, 75 km al OSO de la localidad de Chala, 86 km al SSO de la localidad de Acarí (Provincia de Caravelí, departamento Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 31 km; presentó un área de percepción con radio del orden de 350 km ($I_{max}=II$), siendo la mayor intensidad del orden de VI (MM) evaluada en las localidades de Yauca, Acarí y Chala. El sismo causó alarma en las poblaciones de Acarí y Yauca y otras cercanas al epicentro, siendo los daños parciales en algunas viviendas antiguas de adobe y tapial y carretera Panamericana Sur.

FECHA	HORA	LOCALIDADES	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
2017-07-17	21:05	Atico, Ocoña, Caravelí y Chala	VI	Sismo ocurrido con magnitud de 6.3 Mw ocurrido a 45 km al suroeste de la localidad de Atico (Arequipa), a 33 km de profundidad y un radio de percepción desde el epicentro de 400 km (Imax=II). Su mayor intensidad fue en las localidades de Atico, Ocoña, Caravelí y Chala. El sismo causó alarma en los centros poblados mencionados, provocando agrietamiento de paredes de viviendas y mayores daños en la Carretera Panamericana Sur, siendo el mayor problema, el deslizamiento a ~22 km al sur de Atico, generando la interrupción del tránsito durante aproximadamente 15 días; además se reportaron 9 heridos y un fallecido.
2018-01-14	09:18	Lomas-Arequipa	VII	Se sintió al norte del departamento de Arequipa, en zonas limítrofes con los departamentos de Ica y Ayacucho y con regular intensidad en la ciudad de Arequipa. También se sintió en el departamento de Lima y el norte de Chile. Dejó un saldo de dos muertos y 103 heridos.

5. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO-GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL

El área afectada por el sismo, según Olchauski (1980), se ubica morfológicamente sobre:

La faja litoral, formada por superficies escalonadas que alcanzan hasta los 300 m de altitud, desarrolladas por diferentes procesos, siendo los siguientes:

- Una superficie de erosión marina, que constituye una faja angosta adyacente a la ribera marina, con un ancho no mayor a 3 km, va de cero a 100 msnm.
- Una superficie de acumulación durante el Pleistoceno, con materiales aportados por el río Chala y por la erosión marina del sector norte, que han dado lugar a la deposición de sedimentos, no supera los 200 msnm.
- Una superficie combinada de acumulación fluvial y eólica donde las superficies anteriores como las quebradas formadas posteriormente han sido cubiertas por conglomerados, gravas, rodados y arena, dando lugar a extensas pampas y a cerros que llegan hasta 400 msnm con un ancho máximo de 10 km.

La cadena costera, al este de la faja litoral, a partir de los 400 m de altitud, con una topografía cada vez más empinada, hasta los 2500 m s.n.m. Esta unidad esta disectada por valles transversales y numerosas quebradas han modificado totalmente la antigua superficie de erosión.

La peneplanicie costera, se ubica entre los 1700 m s.n.m. al este de la zona estudiada, corresponde a una superficie de acumulación de conglomerados y tobas del terciario superior que cubren una antigua superficie de erosión. Tiene una ligera inclinación hacia el sur.

Lomadas andinas, situada en el sector nororiental del área, formada especialmente por rocas volcánicas como tobas, brechas, aglomerados, lavas y cenizas; la topografía no es muy accidentada y está compuesto por pequeños cerros de pendiente moderada y de cumbres onduladas.

Valles transversales de los Acarí, Yauca, Chala, Chaparra y Atico que drenan en dirección SSO, han formado valles, los cuales, por alcanzar su superficie de equilibrio, han profundizado y ensanchado sus cauces.

En el sector de Puerto Lomas, también de oeste a este se ubica sobre las terrazas marinas San Juan- Yauca, la Cordillera de la Costa, depresión preandina, peneplanicie Pliocénica, frente andino, cortados por valles transversales, se tienen además acumulaciones de dunas de arena, abanicos aluviales y proluviales (Caldas, 1978).

Las rocas que afloran en el área de estudio comprenden edades entre el Precámbrico y el reciente, las cuales se componen de:

- Facies de gneis migmatítico, esquistos del Complejo basal de la costa de edad precambriana.
- Arcosas y areniscas arcósicas del Grupo Mitu (Pérmico superior).
- Volcánicos andesíticos con areniscas y conglomerados de la Formación Chocolate (Jurásico inferior).
- Secuencias volcánicas sedimentarias de areniscas, lutitas, margas, brechas volcánicas y andesitas de la Formación Guaneros (Jurásico superior).
- Alternancia de lutitas y limolitas, niveles de areniscas de la Formación Yauca (Cretácico inferior).
- Cuarcitas arcósicas de la Formación Hualhuani (Cretáceo inferior).
- Conglomerados de rocas volcánicas y areniscas feldespáticas, grauvacas de la Formación Copara (Cretácico inferior).
- Rocas subvolcánicas andesíticas (Cretácico).
- Areniscas conglomerádicas, areniscas finas, capas de diatomitas, tufos, cenizas, arcillas y areniscas, lavas y cenizas, con yeso, de la Formación Pisco (Mioceno).
- Andesitas del Grupo Tacaza (Mioceno).
- Conglomerados, areniscas conglomerádicas, tobas y cenizas volcánicas de la Formación Millo (Mioceno).
- Tobas dacíticas y riolíticas de la Formación Huaylillas (Mioceno).
- Intercalaciones de areniscas tobáceas y conglomerados, andesitas porfiríticas de la Formación Alpbamba (Mioceno).
- Cuerpos batolíticos de cuarzomonzodiorita, granodiorita, monzonita y monzodiorita de la Super Unidad Linga (Cretácico); dioritas del Batolito de Atico-Camaná.
- Tonalitas de la Super Unidad Incahuasi (Cretácico).
- Depósitos de terrazas marinas, depósitos aluviales, coluviales, eólicos, distribuidos en planicies, laderas, valles y quebradas.

Las localidades principales se asientan sobre depósitos aluviales, fluviales y terrazas marinas; también sobre rocas de la Formación Pisco, del Complejo Basal de la Costa; y rocas intrusivas de tipo monzodioritas (cuadro 2).

Cuadro 2: Tipos de depósitos en las localidades evaluadas

LOCALIDAD	TIPO DE DEPÓSITO
Acarí, Bella Unión, Atiquipa, Atico, Caravelí, Tanaka	Depósitos aluviales
Aguadita	Terraza marina
Yauca	Depósitos eólicos, aluviales y la Formación Pisco
Jaqui	Depósitos fluviales
Chala	Depósitos aluviales, Terrazas marinas y Formación Chocolate
Chaviña	Complejo Basal de la Costa
Agua Salada	Depósitos aluviales, monzodioritas de la Super Unidad Linga.

La carretera Panamericana Sur atraviesa en su trazo depósitos aluviales, terrazas marinas, depósitos eólicos, rocas del Complejo Basal de la Costa, la Formación Pisco, Formación Chocolate, Grupo Ambo y monzodioritas de la Super Unidad Linga.

Estructuralmente en la zona se pueden diferenciar las siguientes estructuras:

- Zona de fallamiento en bloques: Afecta principalmente a formaciones paleozoicas y mesozoicas, separadas por una discordancia angular, y también al Complejo basal de la Costa, con respecto a las unidades suprayacentes.
- Zona de emplazamiento del Batolito de la Costa: localizado entre la zona plegada y la zona de fallamiento en bloques, ocupando una ancha faja longitudinal, está constituido por una serie de grandes cuerpos plutónicos de diferente composición.
- Zona Plegada: es la faja de mayor deformación compresiva, comprendida entre le Batolito y la zona poco deformada del este. Estructuralmente conforma lo que se denomina Sinclinorio de Parinacochas, compuesto por pliegues menores muy comprimidos que afectan a las formaciones mesozoicas. Su tendencia estructural varía desde N60° - 70° O.
- Zona Poco Deformada: referida a la cubierta conformada por el Grupo Barroso, que tiene una inclinación horizontal a sub-horizontal que alcanza inclinaciones de 15°.
- Fallas: Se tienen grandes fallas de rumbo E-O y N-O entre las que destacan:

Fallas del Atajo: falla normal vertical que ha sufrido reactivaciones por movimientos gravitacionales (Caldas, 1978).

Falla Cateador: presenta una dirección variable de EO a ENE, tiene 30 km de longitud.

Falla EL Faro: tiene dirección promedio de EO, es una falla normal vertical, con su bloque Sur descendido con respecto al bloque norte.

Falla Palomino: tiene una dirección que varía de N15° a E_O y es de tipo normal; se presenta en los cuadrángulos de Chala y Chaparra, formando parte de las fallas escalonadas, en donde el bloque NE ha ascendido con respecto al bloque SO. LA traza de la falla se pierde hacia el NO en la quebrada de Tocota y Hacia el sur está cubierta por el Volcánico Sencca. Su longitud es de 40 km y pone en contacto a rocas plutónicas del Batolito y del Complejo Bella Unión con formaciones jurásicas.

Graven Pan de Azúcar: sigue una dirección E-O y se observa en el sector SE del cuadrángulo de Chaparra, tiene un ancho promedio de 7 km y una longitud de 30 km, las fallas que lo delimitan son verticales y subparalelas.

6. PRINCIPALES EFECTOS GEOLÓGICOS CO-SÍSMICOS

A) SECTORES CHALA, CARAVELÍ, ATICO, OCOÑA E INFIERNILLO

Los aspectos evaluados comprenden información geológica sobre procesos de deformaciones superficiales originadas por el sismo, involucrando ocurrencias de movimientos en masa en los taludes de carreteras, acantilados con macizos rocosos, acumulaciones eólicas (colapsos o derrumbes y caída de rocas), agrietamientos y asentamientos en el terreno. Se buscó evidencia de la ocurrencia de procesos de licuación o licuefacción de arenas.

De acuerdo a la magnitud de los daños apreciados en los lugares visitados, se puede indicar que los principales procesos geológicos co-sísmicos son los siguientes:

Derrumbes, caídas de rocas y agrietamientos en terraplenes en varios sectores de la carretera Panamericana Sur, así como los sectores de Chala, Atico, Caravelí, Ocoña, Infiernillo, entre otros (cuadro 3).

Cuadro 3: Efectos co-sísmicos en los sectores Chala, Caravelí, Atico, Ocoña e Infiernillo

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE / NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
1 Carretera Panamericana - Puente Chala hacia Aguadita	Derrumbes y caída de rocas	579199 / 8247813	Litológicamente se observan niveles de areniscas, y limos amarillentos en la base del afloramiento, en el corte de la carretera. En la parte superior se evidencian conglomerados, con clastos sueltos subredondeadas, en algunos sectores clasto soportado, de hasta más de 1 m. Depósitos pertenecientes a formaciones marinas y a la Formación Pisco. Geomorfológicamente se ubica en terrazas marinas. Se encuentra en una zona susceptible a derrumbes y caída de rocas. El factor principal es terreno con pendiente muy fuerte de la ladera (50-80°), donde los bloques sueltos ceden con sismos. Se evidencia una escarpa con longitud de hasta 80 m a largo del borde de la carretera (figura 3).	Desatar los bloques sueltos. Forestar las laderas.
2 Carretera Panamericana - Puente Chala hacia Aguadita	Derrumbe Agrietamiento	577604/ 8248889	Litológicamente se observan niveles de areniscas, y limos amarillentos. En la parte superior del talud se evidencian conglomerados, con clastos sueltos subredondeadas, en algunos sectores clasto soportado, de hasta más de 1 m. Depósitos pertenecientes a formaciones marinas y a la Formación Pisco. Geomorfológicamente se ubica en terrazas. Se evidencia grietas con amplitud de hasta 10 cm al costado de la carretera (Hacia la cara libre del talud), a lo largo de 50 m. como también agrietamientos en los niveles de conglomerados (figura 4). Sobre el sector del muelle se apreció agrietamientos, el muelle ha sufrido daños estructurales, es potencial a generar hundimiento (figura 2 y 7).	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en el talud de la carretera Panamericana Sur. Alejarse de las zonas agrietadas. Para el Muelle, reemplazar la zona afectada mejorar sus bases o reemplazarlas
3 Carretera Panamericana - Chala hacia Atico	Derrumbes y caída de rocas	589361/ 8242091	Litológicamente se observan niveles de areniscas, y limos amarillentos en la base del afloramiento, en el corte de la carretera. En la parte superior del talud se evidencian conglomerados, con clastos sueltos subredondeadas, en algunos sectores clasto soportado, de hasta más de 1 m. depósitos pertenecientes a formaciones marinas. Geomorfológicamente se ubica en terrazas marinas, colinas y lomadas. Se encuentra en una zona susceptible a derrumbes y caída de rocas debido a la muy fuerte pendiente de la ladera (70°), donde podrían caer con sismos de moderada escala. Los derrumbes se han dado a lo largo de 100 m de la carretera (figura 5).	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud. Podría colocarse mallas.
4 Carretera Chala Viejo hacia La Pampa	Derrumbes y caída de rocas	590680/ 8266105	Litológicamente son rocas intrusivas y andesitas. Presenta bloques sueltos, angulosos, con diámetros hasta de 2 m aprox. Con el sismo se desprendieron bloques. Se encuentra en una zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los factores principales son ladera con pendiente muy fuerte a escarpada (25° a >45°) y macizo rocoso con fracturas en cuñas y planares (mixto). Geomorfológicamente se ubica en ladera de una colina intrusiva	Desquinchar el talud. Realizar un nuevo perfilado del talud, previo estudio geotécnico. De ser inviables las opciones de estabilidad luego del, evaluar el cambio de trazo o construcción

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE / NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
			El fracturamiento varia de moderado a intenso por tramos (figura 6). Los derrumbes se han dado a lo largo de 50 m de la carretera aproximadamente.	de túnel y reubicación del puente.
5 Carretera de Caravelí a Chuñuño	Derrumbes y caída de rocas	672366/ 8259568	Litológicamente son rocas intrusivas y volcánicas del Grupo Barroso. Las rocas se encuentran fracturadas. Geomorfológicamente se ubica en ladera de una colina volcánica. Se observan bloques sueltos con diámetros de hasta 1.5 m, los cuales se han desprendido del talud por el sismo. Los derrumbes y caídas de roca se han producido en un tramo de hasta 100 m al costado de la carretera (figura 9).	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud. Forestar las laderas. Evaluaciones de peligros en zonas de viviendas al pie de laderas de cerros.
6 Carretera de Caravelí a Chuñuño	Derrumbes y caída de rocas	671230/ 8262181	Litológicamente se tienen rocas volcánicas del Grupo Barroso. Las rocas se encuentran mediamente a muy fracturado. Al pie del talud se observa bloques sueltos con diámetros hasta de 1.5 m, proveniente de caída de rocas originadas por el sismo. Geomorfológicamente se ubica en ladera de una colina volcánica. Los derrumbes y caídas de roca se han producido en un tramo de hasta 1 km al costado de la carretera.	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud.
7 Carretera de Caravelí a Chuñuño	Derrumbes y caída de rocas	672348/ 8259454	Litológicamente se tienen rocas intrusivas y volcánicas del Grupo Barroso. Macizo rocoso fracturado. Geomorfológicamente se ubica en una montaña intrusiva y volcánica. Al pie del talud se observa bloques sueltos con diámetros de más de 1.5 m, desprendidos por el sismo reciente. Zona susceptible a derrumbes, caída de rocas. Los derrumbes y caídas de roca se han producido en un tramo de hasta 1 km al costado de la carretera.	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud. Realizar estudios puntuales en el área donde se tienen viviendas ubicadas al pie de laderas de cerros.
8 Carretera de Caravelí a Atico	Derrumbes y caída de rocas	669095/ 8245426	Litológicamente se presentan conglomerados y secuencias aluviales de la Formación Milo. En el talud se aprecian bloques sueltos de hasta 1 m. Área susceptible a derrumbes y caída de rocas desde un depósito deleznable. Los derrumbes, caídas de rocas se observan en un tramo de 1200 m (figura 10).	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud.
9 Carretera de Caravelí a Atico	Derrumbes y caída de rocas	661868/ 8243927	Litológicamente se tienen conglomerados y areniscas de la Formación Milo. Bloques sueltos de hasta 1 m. Geomorfológicamente se ubica en piedemonte aluvio-torrencial. Área susceptible a derrumbes y caída de rocas. Se tiene un depósito deleznable. Los derrumbes, caídas de rocas se observan en un tramo de 200 m.	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud.
10 Carretera de Caravelí a Atico	Agrietamiento y caída de rocas	652205/ 8237704	Litológicamente se presentan conglomerados y areniscas de la Formación Milo. Se aprecian bloques sueltos de hasta 1 m. También se aprecian depósitos coluviales. Geomorfológicamente se ubica en piedemonte aluvio-torrencial. Área susceptible a derrumbes y caída de rocas por presentar una ladera con pendiente escarpada (70-80°).	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud. Restringir el tránsito en las zonas con agrietamientos.

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE / NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
			Al costado de la carpeta asfáltica se evidencia grietas de hasta 10 cm, a lo largo de 50 m.	
11 Carretera de Caravelí a Atico	Derrumbes y caída de rocas	648801/ 8226510	Litológicamente se presentan rocas intrusivas. Presenta bloques sueltos de más de 1 m, los cuales se han desprendido por el sismo. Geomorfológicamente se ubica en una montaña en roca intrusiva. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas que se encuentran en un macizo rocoso fracturado. Los derrumbes, caídas de rocas se observan en un tramo de 150 m.	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud.
12 Sector de Infiernillo, entrada de Secocha - Ocoña	Derrumbes y caída de rocas	694973/ 8230914	Litológicamente presenta rocas intrusivas y metamórficas. Al pie del talud se aprecian bloques sueltos con diámetros de más de 1 m, producto del desprendido de rocas originado por el sismo. Geomorfológicamente se ubica en una montaña en roca intrusiva. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas que se encuentran en un macizo rocoso fracturado. Los derrumbes, caídas de rocas se observan en un tramo de 50 m (figura 11).	Perfilar el talud. Desatar los bloques sueltos que se encuentran en talud.
13 Carretera de Secocha a Ocoña	Derrumbes y caída de rocas	695698/ 8215893	Litológicamente se presentan rocas intrusivas. En el pie del talud se observan bloques sueltos de más de 1 m, los cuales se desprendieron con el sismo. Geomorfológicamente se ubica en una montaña en roca intrusiva. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas; el factor principal es ladera con pendiente muy fuerte (50-80°), y macizo rocoso moderadamente a altamente fracturado. Los derrumbes, caídas de rocas se observan en un tramo de 80 m.	Construir diques de decantación para regular la energía y retener sólidos.
14 Carretera de Secocha a Ocoña	Derrumbes y caída de rocas	697054/ 8210545	Litológicamente se tienen afloramientos de rocas intrusivas. Al pie del talud se tienen bloques sueltos de más de 30 cm, producto del desprendimiento provocado por el sismo. Geomorfológicamente se ubica en una montaña en roca intrusiva. Se encuentra en una zona susceptible a derrumbes y caída de rocas que se encuentran en un macizo rocoso fracturado. Los derrumbes, caídas de rocas se observan en un tramo de 200 m (figura 12).	Construir diques de decantación para regular la energía y retener sólidos.

SECTOR DE CHALA

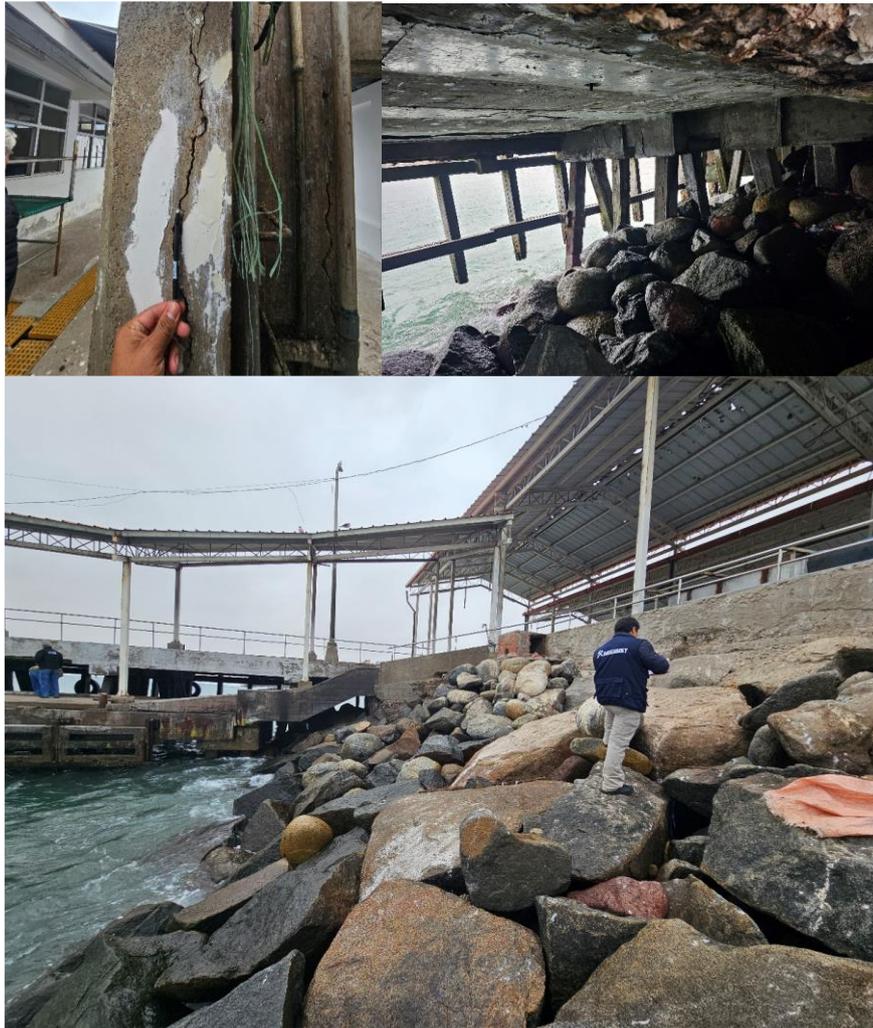


Figura 2. Daños en el Muelle de Chala. Fracturas centimétricas y rajaduras en el tanque de agua paredes de concreto.



Figura 3. Borde de la carretera Panamericana, puente Chala hacia Aguadita, se evidencian caída de rocas con diámetro menor a 1 m, de cortes de carretera con pendientes entre 50° a 80°.



Figura 4. Borde de la carretera Panamericana, puente Chala hacia Aguadita (Km 76). Se evidencia grietas de hasta 10 cm al borde de la carretera, a lo largo de 50 m.



Figura 5. Carretera Panamericana – Chala-Atico. Se evidencian caída de rocas, bloques con diámetro de hasta 1 m, a raíz del sismo del 28 de junio del 2024.



Figura 6. Sector tramo carretero Chala Viejo - La Pampa, altura del puente San Andrés. Se observa un talud rocoso poco fracturado a muy fracturado, conformado por andesitas, además

de bloques sueltos, angulosos, de hasta 2 m aprox., los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Figura 7. Ex mercado central de Chala, donde se visualizan los agrietamientos entre la unión de estructuras de concretos limitados con líneas de color rojo.



Figura 8. Evaluación de daños en el puerto de Chala, las estructuras de concreto del puerto en si sitúan sobre el Batolito de la Costa, se observó fracturas y agrietamientos centimetradas, a) columna del tanque de agua con fracturas y b) techo del puerto con fracturas en el sector intermedio del puerto.

SECTORES DE CARAVELÍ Y ATICO



Figura 9. Muestra la carretera de Caravelí a Chuñuño, que fue afectada por caída de rocas debido al sismo ocurrido en Yauca. Se puede evidenciar que el macizo rocoso se encuentra fracturado.

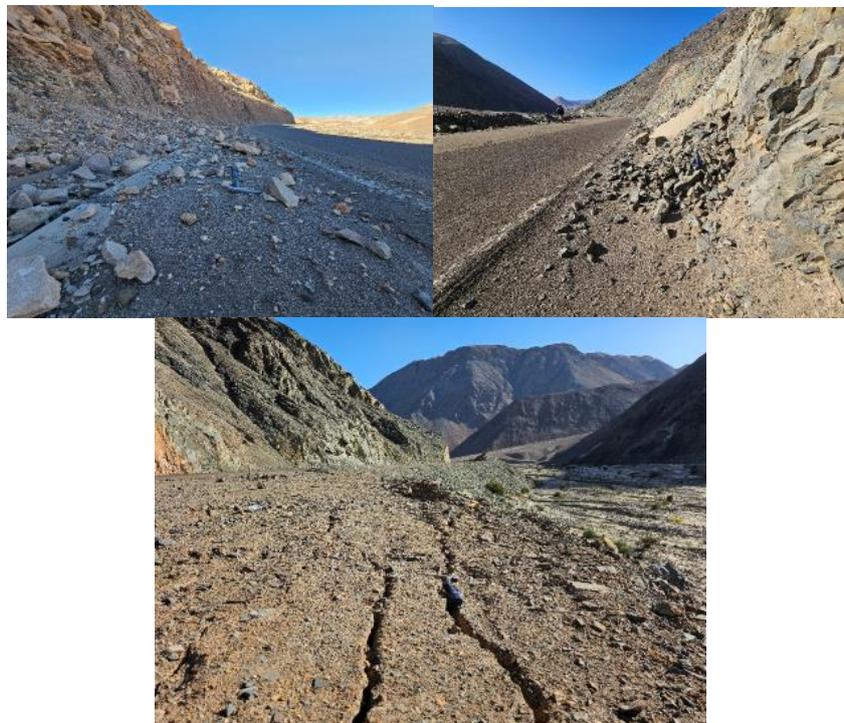


Figura 10. Carretera Caravelí-Atico, tramo afectado por caída de rocas debido al sismo ocurrido en Yauca. Además, se apreció en la plataforma de la vía con agrietamientos de apertura de hasta 10 cm.



Figura 11. Puente antiguo y actual a Atico capital. No se evidenciaron facturas.

SECTOR DE SECOCHA – OCOÑA



Figura 11. Carretera de Ocoña-Secocho, afectada por caídas de rocas, evento activado por el sismo ocurrido en Yauca. Se apreció que el macizo rocoso se encuentra medianamente a muy fracturado.



Figura 12. Muestra la carretera de Secocha a Ocoña, zona susceptible (Apenamiento) a derrumbes, que afectan a la carretera.

B) SECTORES QUICACHA, CHAPARRA, ACARÍ, ACHANIZO Y CALAPARCA

De acuerdo a la magnitud de los daños apreciados en los lugares visitados, se puede indicar que los principales procesos geológicos co-sísmicos son los siguientes:

Derrumbes, caídas de rocas y agrietamientos en varios sectores de la carretera Panamericana Sur, así como los sectores de Quicacha, Chaparra, Acarí, Achanizo, Calaparca, entre otros (cuadro 4).

Cuadro 4: Efectos co-sísmicos en los sectores Quicacha, Chaparra, Acarí, Achanizo y Calaparca

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
15 Carretera Sifuentes hacia Tierras Blancas	Derrumbes y caída de rocas	638491/ 8278980	Litológicamente se tienen rocas intrusivas, gabros. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.5 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada de los tramos afectados es de aproximadamente 700 m (fotografía 1).	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud. Shotcrete, pernos de anclaje, enmallado metálico, muros de contención o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
16 Carretera Sifuentes hacia Tierras Blancas	Derrumbes y caída de rocas	636849/ 8279684	Litológicamente se tienen rocas intrusivas como granodioritas y tonalitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques sub angulosos a angulosos, con diámetros de hasta 1 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada de los tramos afectados es de aproximadamente 250 m (fotografía 2).	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud. Shotcrete, pernos de anclaje, enmallado metálico, muros de contención o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
17 Carretera Sifuentes hacia Tierras Blancas	Derrumbes y caída de rocas	627030/ 8268496	Litológicamente se tienen rocas intrusivas como granodioritas y tonalitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 1 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) deposito coluvial y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 120 m (fotografía 3).	Desquinchar y arborización de ladera.
18 Sector Calaparca (Poroja)	Derrumbes y caída de rocas	623381/ 8260769	Litológicamente se tienen rocas intrusivas como granodioritas, tonalitas y depósitos coluviales. La ladera rocosa presenta bloques separados en la parte alta y clastos guijarrosos de depósito, en la parte intermedia. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos a sub angulosos, con diámetros de hasta 0.6 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) deposito coluvial y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del canal afectado es de aproximadamente 210 m (fotografía 4).	Arborización de ladera. Muro de contención para proteger el canal.
19 Carretera caserío San	Derrumbes y caída de rocas	620331/ 8258303	Litológicamente se observan rocas intrusivas como granodioritas y tonalitas.	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud. Shotcrete, pernos de

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
Andrés hacia Chaparra			El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.7 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 300 m (fotografía 5).	anclaje, enmallado metálico, muros de contención o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
20 Carretera caserío San Andrés hacia Chaparra	Derrumbes y caída de rocas	619910/ 8257945	Litológicamente se observan rocas intrusivas como granodioritas y tonalitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.7 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 220 m (fotografía 6).	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud. Shotcrete, pernos de anclaje, enmallado metálico, muros de contención o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
21 Carretera Achanizo hacia Chaparra (Sector Chamoca)	Derrumbes y caída de rocas	614514/ 8255818	Litológicamente se observan rocas intrusivas como granodioritas y tonalitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.5 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 200 m (fotografía 7).	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud. Shotcrete, pernos de anclaje, enmallado metálico, muros de contención o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
22 Carretera Huancalpa hacia Achanizo (Sector San Agustín)	Derrumbes y caída de rocas	608272/ 8251756	Litológicamente se observan rocas intrusivas como andesitas y dacitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.5 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 170 m (fotografía 9).	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud. Shotcrete, pernos de anclaje, enmallado metálico, muros de contención o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
23 Carretera Huancalpa hacia Achanizo (Sector Comepan)	Derrumbes y caída de rocas	607763/8 251356	Litológicamente se observan rocas intrusivas como andesitas y dacitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.5 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varía de medianamente a muy fracturado (fotografía 10).	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud u otra opción sugerida por geotecnistas.

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
			La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 50 m.	
24 Carretera Huancalpa hacia Achanizo (Sector entre La Bodega y Comepan)	Derrumbes y caída de rocas	607017/ 8251082	Litológicamente se observan rocas intrusivas como andesitas y dacitas. El talud rocoso muestra bloques sueltos. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos, con diámetros de hasta 0.5 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) deposito coluvial y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varia de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 50 m.	Desquinchar y evaluación para nuevo perfilado del talud u otra opción sugerida por geotecnistas.
25 Carretera puente La Sierpe - Huancalpa	Derrumbes y caída de rocas	600716/ 8247023	Litológicamente se observa una secuencia aluvial de gravas, arenas, limos, arcillas y depósitos coluviales con clastos subangulosos a angulosos. En el pie e inmediaciones del talud, se aprecian bloques con diámetros de hasta 0.8 m aprox. y clastos sedimentarios sueltos, provenientes del desprendido detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los factores principales son la muy fuerte a escarpada pendiente de la ladera (25° a >45°) y el talud de rocas sedimentarias fracturado. La longitud estimada del tramo afectado es de aproximadamente 60 m (figura 13).	Desquinchar y banqueteo o evaluación para nuevo perfilado del talud que considere otras opciones sugeridas por geotecnistas.
26 Carretera puente La Sierpe hacia el desvío de la Panamericana Sur	Derrumbes y caída de rocas	597039/ 8245127	Litológicamente se observa una secuencia gravas redondeadas a subredondeadas, de matriz areno limosa, de compacidad de medianamente densa a suelta. Al pie del talud se tienen bloques sueltos, de cantos y clastos redondeados a subredondeados, con diámetros de hasta 0.3 m aprox., los cuales se desprendieron por el sismo. Se encuentra en una zona susceptible a derrumbes y caída de rocas debido a la muy fuerte pendiente de la ladera (25° - 45°) y ladera de litología deleznable. La longitud estimada de los tramos afectados es de aproximadamente 3.4 km.	Enmallado, banqueteo o evaluación para nuevo perfilado del talud que considere otras opciones sugeridas por geotecnistas.
27 Achanizo	Hundimiento	610794/ 8252377	Separación de paños de infraestructura deportiva, centro deportivo de Achanizo por posible hundimiento. Litología proluvial y aluvial cubierta por infraestructura urbana (figura 14).	Evaluación civil de infraestructura, análisis de suelos o de estabilidad de la ladera.
28 Achanizo	Hundimiento	610800/8 252363	Grietas del terreno, generado por efectos cosismicos en escaleras aledañas a centro deportivo de Achanizo por posible hundimiento. Litología proluvial y aluvial cubierta por infraestructura urbana.	Evaluación civil de infraestructura, análisis de suelos o de estabilidad de la ladera.
29 Achanizo	Hundimiento	610828/ 8252419	Separación de paños e inclinación de muros de la IE Señor de los Milagros por posible hundimiento. Litología proluvial y aluvial cubierta por infraestructura urbana.	Evaluación civil de infraestructura, análisis de suelos o de estabilidad de la ladera.
30 Achanizo	Hundimiento	611194/ 8252442	Grietas en infraestructura y hundimientos en la IE Nuestra Señora María del Pilar. Litología proluvial, aluvial y rellenos cubiertos por infraestructura urbana (figura 15).	Evaluación civil de infraestructura, análisis de

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
				suelos o de estabilidad de la ladera.
31 Chaparra	Hundimiento	621963/ 8259535	Evaluación civil de infraestructura, análisis de suelos o de estabilidad de la ladera.	Evaluación civil de infraestructura, análisis de suelos o de estabilidad de la ladera.
32 Carretera cementerio El Molino hacia Planta Otapara	Derrumbes y caída de rocas	544442/ 8305228	Litológicamente se tienen rocas intrusivas como granodioritas, tonalitas y depósitos coluviales. La ladera rocosa presenta bloques separados. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos a sub angulosos, con diámetros de hasta 0.8 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) deposito coluvial y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varia de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del canal afectado es de aproximadamente 750 m y del tramo carretero de 1 km.	Arborización de parte superior de la ladera, desquinchado y evaluación para nuevo perfilado del talud. Muros de contención para proteger el canal, ampliación de vía o alguna otra opción sugerida por geotecnistas.
33 Carretera cementerio El Molino hacia Planta Otapara, del km 37 al 39	Derrumbes y caída de rocas	544724/ 8306099	Litológicamente se tienen rocas intrusivas como granodioritas, tonalitas y depósitos coluviales. La ladera rocosa presenta bloques separados. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos a sub angulosos, con diámetros de hasta 0.8 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varia de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo carretero es de 1.2 km.	Desquinchado y evaluación para nuevo perfilado del talud. Ampliación de vía, construcción de túnel u otra opción sugerida por geotecnistas.
34 Carretera Planta Otapara hacia CP Huarato, del km 40 al 42	Derrumbes y caída de rocas	544945/ 8308311	Litológicamente se tienen rocas intrusivas como granodioritas, tonalitas y depósitos coluviales. La ladera rocosa presenta bloques separados. En el pie e inmediaciones, se aprecian bloques angulosos a sub angulosos, con diámetros de hasta 0.8 m aprox., provenientes del desprendido de rocas detonado por el sismo. Zona susceptible a derrumbes y caída de rocas, los principales factores son ladera con pendiente muy fuerte a abrupta (25° a >45°) y macizo rocoso fracturado en cuñas y planos (mixto). El fracturamiento varia de medianamente a muy fracturado. La longitud estimada del tramo carretero es de 800 m.	Arborización, desquinchado y evaluación para nuevo perfilado del talud. Ampliación de vía, construcción de túnel u otra opción sugerida por geotecnistas.

SECTOR DE QUICHACA



Fotografía 1. Sector tramo carretero Sifuentes - Tierras Blancas, bajada Quichaca. Se observa un talud conformado por rocas intrusivas medianamente a muy fracturadas, que generan bloques sueltos, angulosos, de hasta 0.5 m aprox., los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 2. Sector tramo carretero Sifuentes - Tierras Blancas, bajada Quichaca a la altura de la quebrada Rancaminas. Se observa talud rocoso medianamente a muy fracturado, conformado por rocas intrusivas, además de bloques sueltos, angulosos, de hasta 1 m aprox., los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 3. Tramo carretero Quichaca - Chaparra, sector Chiuchine. Se observa un talud rocoso medianamente a muy fracturado, conformado por rocas intrusivas, además de bloques sueltos, angulosos, de hasta 1 m aprox., los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.

SECTOR CHAPARRA



Fotografía 4. Sector Calaparca (Poroja). Se observa una ladera de vertiente de detritos, conformada bloques sueltos y angulosos, de hasta 0.6 m aprox., los cuales cayeron y obstruyeron el canal de riego por el sismo.



Fotografía 5. Tramo caserío San Andrés-Chaparra. Se observa rocas intrusivas medianamente a muy fracturado, se aprecian bloques sueltos, angulosos, de hasta 0.7 m aprox., los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 6. Tramo caserío San Andrés-Chaparra. Se observa un talud rocoso muy fracturado, conformado por rocas intrusivas, además de bloques sueltos, angulosos, de hasta 0.7 m, los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 7. Tramo carretero Achanizo - Chaparra, sector Chacoma. Se observa un talud rocoso de intrusivo medianamente a muy fracturado. En el pie del talud se observa bloques sueltos, de hasta 0.5 m, los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 8. Sector tramo carretero Huancalpa – Achanizo, sector San Agustín. Se observa el talud rocoso muy fracturado, conformado por andesitas, además de bloques sueltos, angulosos, de hasta 0.5 m, los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 9. Tramo carretero Huancalpa – Achanizo, sector Comepan. Se observa un talud rocoso moderadamente a muy fracturado, conformado por andesitas, además de bloques sueltos, angulosos, de hasta 0.5 m, los cuales cayeron y obstruyeron la vía por el sismo.



Fotografía 10. Tramo carretero puente La Sierpe - Huancalpa, sector Cangallo Chico. Se observan niveles de areniscas, limos y conglomerados en la parte superior que se derrumbaron y obstruyeron la vía durante el sismo.



Figura 13. Tramo carretero puente La Sierpe hacia el desvío de la Panamericana Sur. Se observan niveles de conglomerados de compactación mediana a suelta que se desprendieron y obstruyeron la vía a lo largo de aproximadamente 4 km durante el sismo.



Figura 14. Sector centro deportivo de Achanizo. Se observa separación de paños de infraestructura deportiva, ocurrida durante el sismo.



Figura 15. Sector IE Nuestra Señora María del Pilar. Se observa grietas en infraestructura y hundimientos, ocurridas durante el sismo.



Fotografía 11. Sector IE Simón Bolívar. Se observa inclinación de muros aledaños a zona de ladera (terracea aluvial), ocurridas durante el sismo.

C) SECTORES ATQUIPA, YAUCA, JAQUI, PEÑA NEGRA, ARAGELÍ, REYNOSO Y SACRAMENTO

De acuerdo a la magnitud de los daños apreciados en los lugares visitados, se puede indicar que los principales procesos geológicos co-sísmicos son los siguientes:

Derrumbes, caídas de rocas y agrietamientos en varios sectores de la carretera Panamericana Sur, así como los sectores de Atiquipa, Yauca, Jaqui, Peña Negra, Aragelí, Reynoso, Sacramento, entre otros (cuadro 5).

Cuadro 5: Efectos co-sísmicos en los sectores Atiquipa, Yauca, Jaqui, Peña Negra, Aragelí, Reynoso y Sacramento

SECTOR (DISTRITO)	TIPO DE PELIGRO	ESTE / NORTE	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS Y DAÑOS OBSERVADOS	RECOMENDACIONES
35 Atiquipa	Caída de rocas	567745/ 8252887	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas intrusivas de tipo monzodiorita de la Superunidad Linga. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran meteorizadas y fracturadas. En la zona se identificaron bloques de hasta 3 m de diámetro dispuestos en las laderas. También se identificaron depósitos residuales conformados por arenas y limos que cubren extensas superficies de suave a moderada pendiente.</p> <p>Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por colinas y lomadas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvio-deluvial formado por arenas y limos que cubren extensas superficies.</p> <p>El sector de Atiquipa se asienta sobre depósitos de arenas y limos que cubren extensas superficies en la parte baja de las colinas y lomadas. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer las carreteras de acceso al sector de Atiquipa (fotografía 12).</p>	<p>Señalización de zonas de caídas de rocas.</p> <p>Reforestación con plantas nativas de la zona.</p> <p>Desquinche de bloques sueltos y/o inestables.</p>
36 ACP Lomas de Atiquipa	Caída de rocas, derrumbe	561332/ 8258673	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas intrusivas de tipo monzodiorita de la Superunidad Jaqui. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. En la zona se identificaron bloques de hasta 4 m de diámetro dispuestos en la base de las elevaciones. También se identificaron depósitos aluviales conformados por gravas y arenas que cubren e extensas superficies de suave a moderada pendiente.</p> <p>Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por colinas y lomadas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvio-deluvial formado por gravas y arenas que cubren extensas superficies.</p> <p>El sector de Atiquipa se asienta sobre depósitos de arenas y limos que cubren extensas superficies en la parte baja de las colinas y lomadas. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer las carreteras de acceso al sector de Atiquipa (fotografía 13).</p>	<p>Señalización de zonas con derrumbes y caídas de rocas.</p> <p>Reforestación con plantas nativas de la zona.</p>
37 Puente Yauca-Chala	Derrumbe, caída de rocas	551282/ 8267225	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas sedimentarias de tipo limolita y arenisca de la Formación Pisco. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran meteorizadas y fracturadas. En la zona se identificaron procesos de caídas de rocas y derrumbes dispuestos cerca de la carretera Panamericana Sur. También se identificaron depósitos eólicos conformados por arenas y limos que cubren extensas superficies de suave a moderada pendiente.</p> <p>Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen depositacional representados por terraza aluvial formada por depósitos aluviales antiguos y recientes, piedemonte coluvio-deluvial y mantos de arenas.</p>	<p>Señalización de zonas con derrumbes y caídas de rocas.</p> <p>Reforestación con plantas nativas de la zona.</p>

			En el puente Yauca-Chala se han generado procesos de caídas de rocas y derrumbes que afectaron la carretera Panamericana Sur. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de rocas debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer las carreteras de acceso al distrito de Yauca (fotografía 14).	
38 Carretera Panamericana Sur	Caída de rocas, derrumbe	550227/ 8267585	El sustrato rocoso corresponde a rocas sedimentarias de tipo limolita y arenisca de la Formación Pisco. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente a muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos eólicos conformados por arenas y limos que cubren extensas superficies de suave a moderada pendiente. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen depositacional representados por terraza aluvial formada por depósitos aluviales antiguos y recientes, piedemonte coluvio-deluvial y mantos de arenas. En la carretera Panamericana Sur se han generado procesos de caídas de rocas y derrumbes que afectaron viviendas y la carretera Panamericana Sur. Bloques aislados de hasta 1.5 m de diámetro y mínimo de 0.5 m. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de rocas debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer las viviendas asentadas en los cortes de talud y carreteras de acceso al distrito de Yauca (fotografía 15).	Señalización de zonas con derrumbes y caídas de rocas. Reubicar viviendas afectadas.
39 Aragelí	Derrumb e, caída de rocas, flujo de detritos	563909/ 8294903	El sustrato rocoso corresponde a rocas intrusivas de tipo monzodiorita de la Superunidad Jaqui. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos fluviales conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por terrazas fluviales y piedemonte coluvio-deluvial formado por gravas y arenas que cubren extensas superficies. El sector de Aragelí fue afectado por derrumbes y caídas de rocas que generaron daños en el canal de agua potable de la ciudad de Jaqui. Bloques caídos de hasta 2.5 m y con alcances de hasta 3m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y el material inconsolidado afectando hasta 1 km de la carretera. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer el canal de agua (fotografía 16).	Cambio de trazo del canal de agua y/o revestimiento del canal para mayor protección. Reforestación del terreno con plantas nativas. Desquinche de bloques inestables en las laderas.
40 Huayanas/K m 36- Carretera a Cora Cora	Caída de rocas, derrumbe	564332/ 8295851	El sustrato rocoso corresponde a rocas intrusivas de tipo monzodiorita de la Superunidad Jaqui. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos fluviales conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies. La Huayanas/Km 36-Carretera a Cora Cora fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 1 km en la carretera de acceso a Jaqui (fotografía 17).	Desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.

			Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	
41 Reynoso- Anexo San Luis/ Km 48+700	Derrumb e, caída de rocas	570938/ 8304563	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcánicas de tipo andesita pertenecientes al Complejo Santa Rita. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos fluviales del río Yauca conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies. El sector Reynoso-Anexo San Luis/ Km 48+700 fue afectado por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 600 m en la carretera de acceso a Jaqui. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera (fotografía 18).	Desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes. Realizar el banqueteo de la ladera para mayor estabilidad del terreno.
42 Carretera a Cora Cora Km 46+500 a Km 47+500	Caída de rocas	570006/ 8304387	El sustrato rocoso corresponde a rocas intrusivas de tipo tonalita, granodioritas pertenecientes a la Superunidad Tiabaya. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos fluviales del río Yauca conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies. La carretera a Cora Cora Km 46+500 a Km 47+500 fue afectada por caídas de rocas que generaron daños en la carretera de acceso a Jaqui. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	Desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes. Realizar el banqueteo de la ladera para mayor estabilidad del terreno.
43 Peña Negra	Caída de rocas	568021/ 8302027	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcánicas de tipo andesita pertenecientes al Complejo Santa Rita. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos fluviales del río Yauca conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas intrusivas, así como de origen depositacional, representado por terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies. El sector Peña Negra fue afectado por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 500 m en la carretera de acceso a Jaqui. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera (fotografía 19).	Desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.

<p>44 Carretera a Huari</p>	<p>Caída de rocas</p>	<p>557482 /8285276</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo arenisca, brecha y andesita pertenecientes a la Formación Río Grande - Miembro 1. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos fluviales del río Yauca conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos.</p> <p>Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies.</p> <p>La carretera hacia Huari fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 400 m en la carretera de acceso a Jaqui.</p> <p>Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de caídas de roca debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera (fotografía 20).</p>	<p>Desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>
<p>45 Carretera a Huari</p>	<p>Derrumb e, caída de rocas, asentami entos</p>	<p>556961/ 8285160</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo arenisca, brecha y andesita pertenecientes a la Formación Río Grande - Miembro 1. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas.</p> <p>También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes recientes y depósitos fluviales del río Yauca conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial y terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies.</p> <p>La carretera hacia Huari fue afectada por caídas de rocas, derrumbes y asentamientos en la carretera que generaron daños de hasta 150 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes, caídas de roca y asentamientos del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.</p>	<p>Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>
<p>46 Carretera a Huari</p>	<p>Caída de rocas, asentami entos</p>	<p>557093/ 8284389</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo arenisca, brecha y andesita pertenecientes a la Formación Río Grande - Miembro 1. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes recientes y depósitos fluviales del río Yauca conformados por gravas envueltas en una matriz de arenas y limos. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial y terrazas fluviales formadas por gravas y arenas que cubren extensas superficies.</p> <p>La carretera hacia Huari fue afectada por caídas de rocas, derrumbes y asentamientos en la carretera que generaron daños de hasta 50 m. Estos procesos se generaron en terrenos con</p>	<p>Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>

			pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes, caídas de roca y asentamientos del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	
47 Carretera Nasca- Abancay Km 42+800	Derrumb e, caída de rocas	529002/ 8359221	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcánicas de tipo tobas cristalinas pertenecientes al Centro Volcánico Nasca - Evento 4. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcánicas, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 42+800 fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 30 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes, caídas de roca y asentamientos del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera (figura 16).	Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.
48 Carretera Nasca- Abancay Km 35+800	Derrumb e, caída de rocas	528403/ 8358360	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo conglomerado, toba y arena tobácea pertenecientes al Centro Volcánico Nasca - Evento 9. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 35+800 fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 30 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes, caídas de roca y asentamientos del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.
49 Carretera Nasca- Abancay Km 34+050	Derrumb e	527924/ 8357872	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo conglomerado, toba y arena tobácea pertenecientes al Centro Volcánico Nasca - Evento 9. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 35+800 fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 150 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente	Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.

			procesos de derrumbes, caídas de roca y asentamientos del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	
50 Carretera Nasca- Abancay Km 34+000	Derrumb e, caída de rocas	526791/ 8357034	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo conglomerado, toba y arena tobácea pertenecientes al Centro Volcánico Nasca - Evento 9. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 34+000 fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 30 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes, caídas de roca y asentamientos del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.
51 Carretera Nasca- Abancay Km 25+800	Derrumb e	523964/ 8355999	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo conglomerado, toba y arena tobácea pertenecientes al Centro Volcánico Nasca - Evento 9. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 25+800 fue afectada por derrumbes que generaron daños de hasta 100 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.
52 Carretera Nasca- Abancay Km 26+100	Caída de rocas, derrumbe	523500/ 8356021	El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo andesita y arenisca cuarzosa pertenecientes a la Formación Guaneros. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 26+100 fue afectada por derrumbes y caídas de rocas que generaron daños de hasta 30 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.	Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.

<p>53 Carretera Nasca- Abancay Km 25+100</p>	<p>Derrumb e, caída de rocas</p>	<p>523267/ 8356582</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo andesita y arenisca cuarzosa pertenecientes a la Formación Guaneros. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 25+100 fue afectada por derrumbes y caídas de rocas que generaron daños de hasta 100 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.</p>	<p>Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>
<p>54 Carretera Nasca- Abancay Km 23+00- 23+650</p>	<p>Caída de rocas, derrumbe</p>	<p>522796/ 8356891</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo andesita y arenisca cuarzosa pertenecientes a la Formación Guaneros. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 23+00-23+650 fue afectada por derrumbes y caídas de rocas que generaron daños de hasta 400 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.</p>	<p>Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>
<p>55 Carretera Nasca- Abancay Km 21+800</p>	<p>Caída de rocas</p>	<p>522264/ 8357778</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo andesita y arenisca cuarzosa pertenecientes a la Formación Guaneros. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes. Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial. La Carretera Nasca-Abancay Km 21+800 fue afectada por caídas de rocas que generaron daños de hasta 300 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera (figura 17).</p>	<p>Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>
<p>56 Carretera Nasca-</p>	<p>Caída de rocas</p>	<p>520909/ 8359648</p>	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas volcanosedimentarias de tipo andesita y arenisca cuarzosa pertenecientes a la Formación Guaneros. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes.</p>	<p>Señalar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las</p>

Abancay Km 17			<p>+Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por montañas en rocas volcanosedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial.</p> <p>La Carretera Nasca-Abancay Km 17 fue afectada por caídas de rocas que generaron daños de hasta 100 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y sustrato rocoso fracturado y meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.</p>	<p>laderas. Continuar con la limpieza de los depósitos generados por caídas de rocas y derrumbes.</p>
57 A.H. Sacramento	Caída de rocas, derrumbe, asentamiento	479080/8393878	<p>El sustrato rocoso corresponde a rocas sedimentarias de tipo conglomerado pertenecientes a la Formación Cañete. Los afloramientos presentan de regular a mala calidad, se encuentran moderadamente o muy meteorizadas y fracturadas. También se identificaron depósitos coluviales formados por derrumbes y caídas de rocas recientes.</p> <p>Las unidades geomorfológicas que se evidencian en la zona evaluada son de origen denudacional representados por colinas y lomadas en rocas sedimentarias, así como de origen depositacional, representado por piedemonte coluvial.</p> <p>El A.H. Sacramento fue afectado por caída de rocas, derrumbes y asentamientos en las viviendas. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente moderada a muy fuerte del terreno y sustrato rocoso meteorizado. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes y caídas de rocas del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera (fotografía 21).</p>	<p>Señalizar como zonas de caídas de rocas y derrumbes. Realizar desquinche de bloques inestables en las laderas. .</p>



Fotografía 12. Procesos de caída de rocas antiguo en el sector de Atiquipa, con bloques de hasta 4 m. Se podrían generar nuevos eventos ante sismos.



Fotografía 13. En el ACP Lomas de Atiquipa se generaron derrumbes y caídas de rocas. Se podrían generar nuevamente estos eventos debido a movimientos sísmicos que puedan comprometer postes de tendido eléctrico.



Fotografía 14. Puente Yauca-Chala, se generaron caída de rocas y derrumbes, provenientes de un conglomerado, afectó la carretera Panamericana Sur. Se podrían generar nuevamente de caídas de rocas.



Fotografía 15. Procesos de caída de rocas que, afectó una vivienda y carretera Panamericana Sur. Bloques aislados de hasta 1.5 m de diámetro y mínimo de 0.5 m. Se podrían generar nuevamente estos procesos de caídas de rocas por movimientos sísmicos.



Fotografía 16. El sector de Aragelí afectado por derrumbes y caídas de rocas, generaron daños en el canal de agua potable el poblado de Jaqui. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente fuerte y material inconsolidado, afectando al canal 1 km.



Fotografía 17. El sector Huayanas, Km 36-Carretera a Cora Cora, afectado por caída de rocas y derrumbes que generaron daños por 1 km en la carretera de acceso a Jaqui.



Fotografía 18. El sector Reynoso-Anexo San Luis/ Km 48+700 fue afectado por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 600 m en la carretera de acceso a Jaqui.



Fotografía 19. El sector Peña Negra afectado por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños en la carretera de acceso a Jaqui en un tramo de hasta 500 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y substrato rocoso fracturado y meteorizado.



Fotografía 20. Procesos de caídas de rocas, derrumbes y asentamientos en la carretera hacia Huari fue afectada en un tramo de hasta 50 m. Estos procesos se generaron en terrenos con pendiente muy fuerte del terreno y substrato rocoso fracturado y meteorizado.



Figura 16. La Carretera Nasca-Abancay Km 42+800 y 25+800; fue afectada por caídas de rocas y derrumbes que generaron daños de hasta 30 y 100 m.



Figura 17. La Carretera Nasca-Abancay Km 21+800 y km 17, fueron afectada por caídas de rocas que generaron daños de hasta 300 m. Se podrían generar nuevamente procesos de derrumbes del terreno debido a movimientos sísmicos de moderada a fuerte intensidad, que puedan comprometer la carretera.



Fotografía 21. La A.H. Sacramento se observa viviendas afectadas por el sismo del 26 de junio.

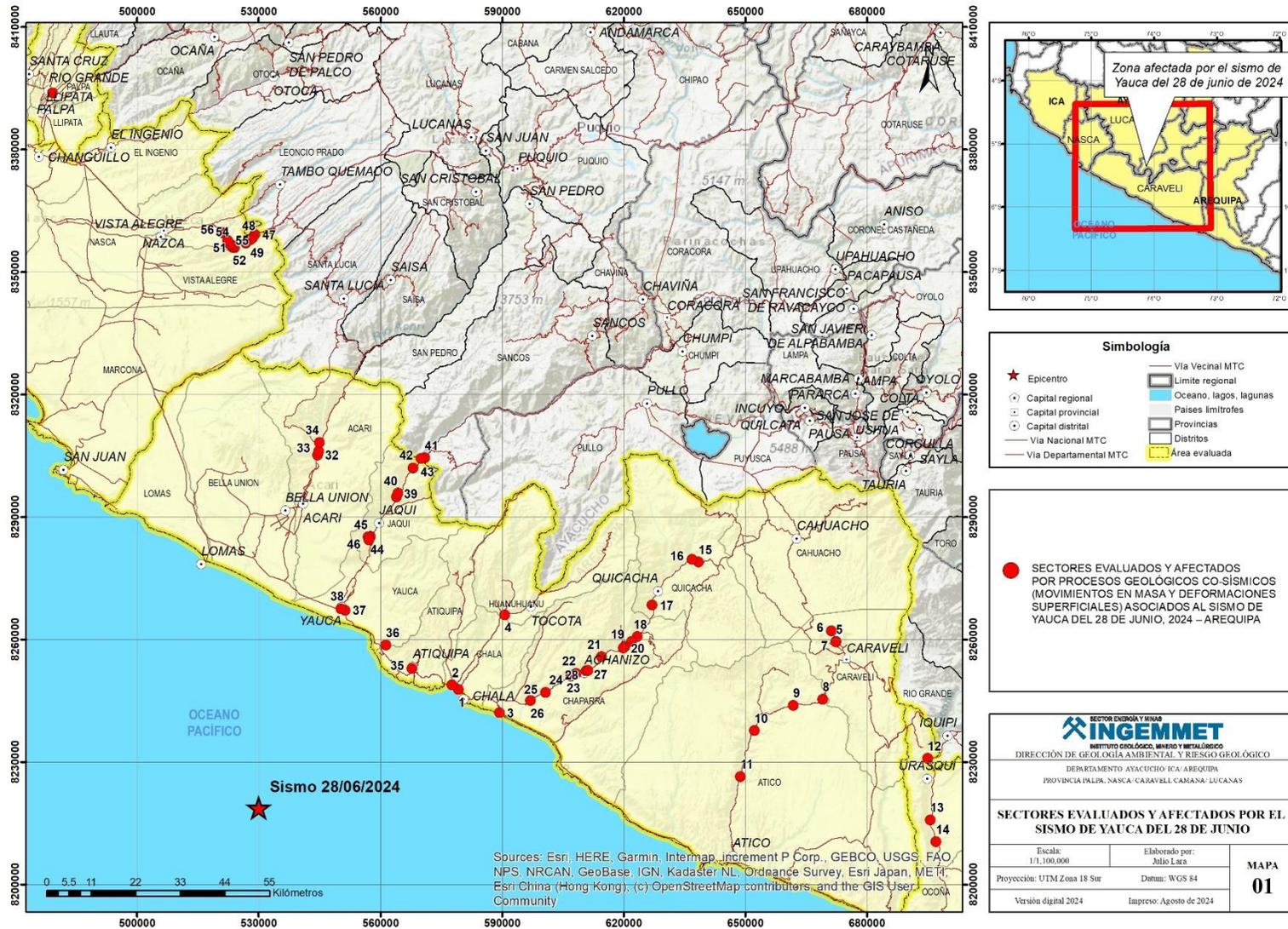


Figura 18. Mapa de los sectores evaluados y afectados por el sismo de Yauca del 28 de junio.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica y geodinámica de la zona de estudio, así como a los trabajos de evaluación de peligros geológicos realizados en campo, se emiten las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1) El 28 de junio del 2024, a las 00h 36 min, ocurrió un sismo frente a la localidad Yauca en Caravelí, de magnitud M7.0, con epicentro en el mar a 54 km al SO de Yauca (Provincia de Caravelí, departamento Arequipa), con una profundidad de 42 km (foco superficial). El sacudimiento del suelo se percibió en un radio de 500 km, desde Lima Metropolitana por el norte, hasta Tacna por el sur. Las mayores intensidades reportadas alcanzaron VI (MM), en las localidades de Yauca, Acarí y Chala (Tavera et al., 2024).
- 2) El sismo causó alarma en las poblaciones de Yauca, Lomas, Chala, Caravelí y otras cercanas al epicentro, siendo los daños parciales en algunas viviendas antiguas de adobe y tapial.
- 3) Sobre la línea de playa y en la localidad de Yauca, no se observaron procesos de licuación de suelos
- 4) En los cortes de talud de las carreteras de penetración desde las ciudades costeras hacia la sierra, los fenómenos más comunes de movimientos de masas detonados por el sismo del 28 de junio del 2024, fueron caídas de rocas, seguidos por pequeños derrumbes de rocas y material inconsolidado (aluvial, coluvial). Los tramos carreteros afectados fueron Yauca-Jaqui-Coracora, Panamericana Sur Chala-Atico, Caravelí-Chuñuño, Ocoña- Secocha, Chaparra-Achanizo-Huancalpa. Se deben señalar las vías con letreros de caída de rocas y/o derrumbes.
- 5) El mercado antiguo de Chala, después del sismo, presentó agrietamientos en su infraestructura por lo cual la municipalidad la clausuró (hasta el momento de la evaluación de campo). Se recomienda que un Ing. Civil evalúe dicha estructura.
- 6) La tubería de agua potable que alimenta al poblado de Jaqui, fue afectada severamente por derrumbes y caídas de rocas que se generaron en los cortes de talud de depósitos coluvio-deluviales (por donde discurre). Es necesario que la tubería sea repuesta y cubierta para protegerla con los posibles eventos que le pueda afectar. Una manera de protegerla, sería enterrar la tubería.
- 7) El sismo, en las áreas urbanas como Yauca, Jaqui, Acarí, Chala y Chaparra, afectó las construcciones de adobe, en las paredes se apreciaron grietas, separación de juntas y caída de estucado de yeso. En algunos casos también afectó viviendas de material noble. Se recomienda que, en los pueblos de la costa mencionados, se realicen estudios geotécnicos de detalle y de microzonificación sísmica, para determinar los parámetros adecuados de construcción en los diferentes tipos de suelo existentes, en las áreas proyectadas para el crecimiento urbano.

- 8) En las vías afectadas Panamericana Sur y vías de penetración se deben implementar medidas estructurales, para ello se debe realizar un previo estudio geotécnico para determinar el tipo de medida se debe realizar. En el Anexo 1, se proponen algunas medidas correctivas que pueden implementarse. e
- 9) El sector Reynoso-Anexo San Luis/ Km 48+700 (carretera Jaqui-Caracora), se reactivó un derrumbe como caída de rocas y derrumbes, que afectaron un tramo de 600 m. Este sector se le considera como zona crítica.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Caldas, J. (1978). Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca. Hojas: 31-m, 31-n, 32-n. Serie: INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 30. 78p. 2 mapas
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/149>
- Luque, G., Vilchez, M. (2013). Procesos geológicos co-sísmicos (movimientos en masa y deformaciones superficiales) asociados al sismo de Yauca-Acarí del 25 de setiembre, 2013 – Arequipa. Informe técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico-INGEMMET. 48 p.
- Olchanski, E. (1980). Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra. Hojas: 31-ñ, 31-o, 32-ñ, y 32-o. Serie: INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 34. 69 p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/153>
- León Lecaros, W. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Punta Grande (29-k), Ica (29-l), Lomitas (30-l), Palpa (30-m), San Juan (31-m), Acarí (31-n) y Yauca (32-n). Escala 1:100 000: Informe Técnico. Ingemmet.
- Tavera, H., et al (2024). Sismotectónica del sismo de Yauca del 28 de junio 2024 (M7.0) y niveles de sacudimiento del suelo. Informe técnico N°023-2024/IGP Ciencias de la Tierra Sólida. 23 p.

ANEXO 1: ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN EN LA ZONA EVALUADA

A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las laderas del cerro, el no permitir la expansión urbana hacia las laderas.

Algunas medidas específicas para los procesos registrados en el área de estudio se muestran a continuación:

Para bloques que sobresalen en el talud y no están sueltos.

Debido a que algunos de los bloques se encuentran directamente sobre las viviendas, se recomienda "asegurarlos". Para ello se debe implementarse lo siguiente:

- 1) Construir un muro alrededor del bloque, con una altura que cubra hasta más de la mitad los bloques de mayor dimensión, (ver figuras 27, 28 y 29).
- 2) La base del muro debe estar cimentada sobre roca fresca. Las varillas de fierro que se van a fijar al muro, deberán ser introducidas en el substrato hasta medio metro (llegar a roca fresca).
- 3) Hacer un enmallado para la construcción de un muro, teniendo como base las varillas fijadas.
- 4) Una vez terminado el enmallado del muro, se empieza a vaciar el concreto, hasta formar el muro con un ancho aproximado de 1 m.
- 5) Una vez terminado el muro, se rellanará con concreto el espacio dejado entre el muro y el bloque, formando una cuña. Antes de comenzar estas actividades se debe reubicar y/o desocupar las viviendas, por fines preventivos, porque podría generarse un rodamiento de las rocas sueltas.

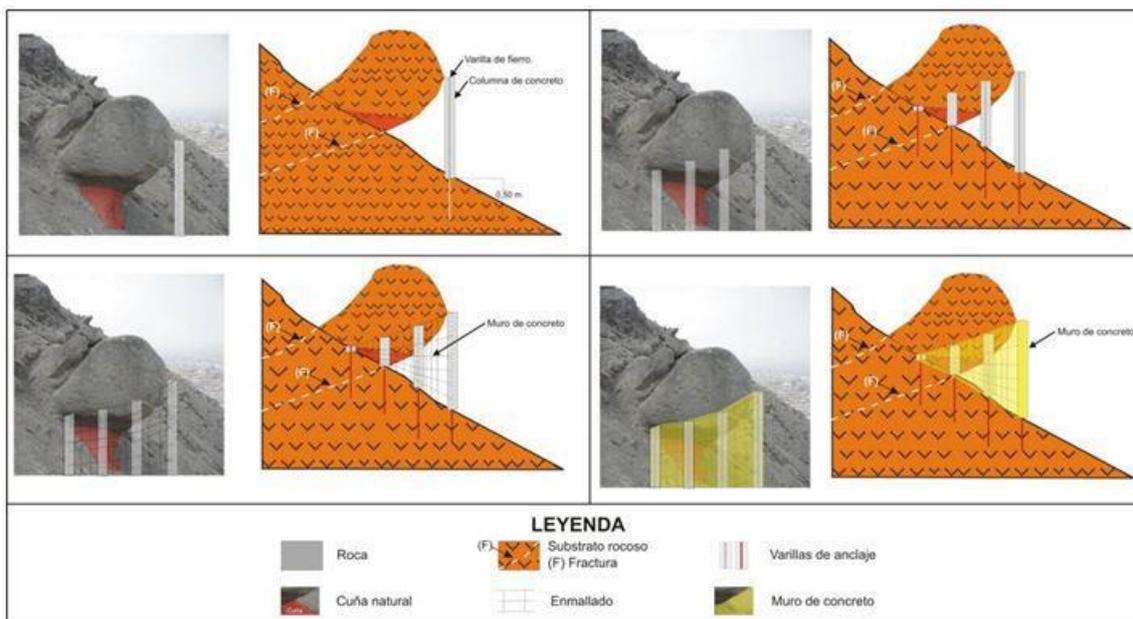


Figura 19. Muro en base del bloque para proteger viviendas aledañas.

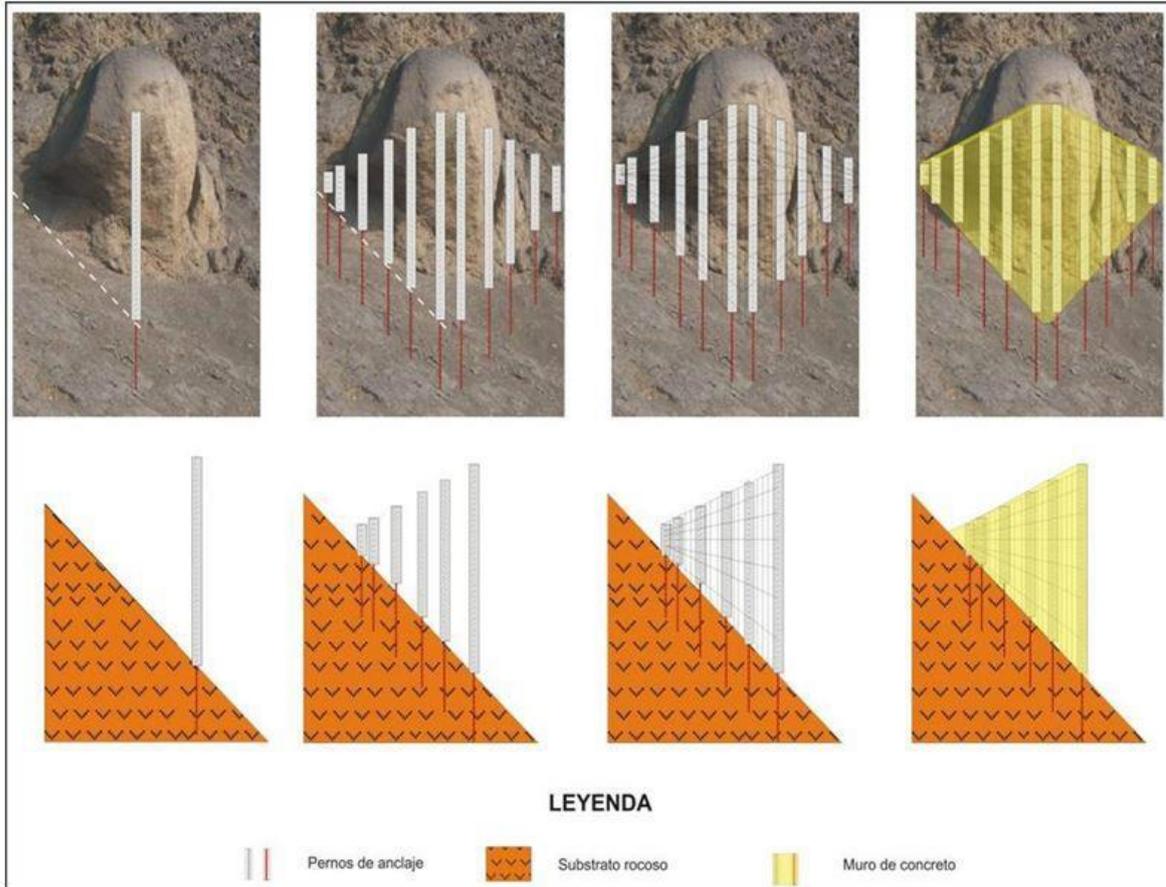


Figura 20. Esquema explicativo del bloque de roca.

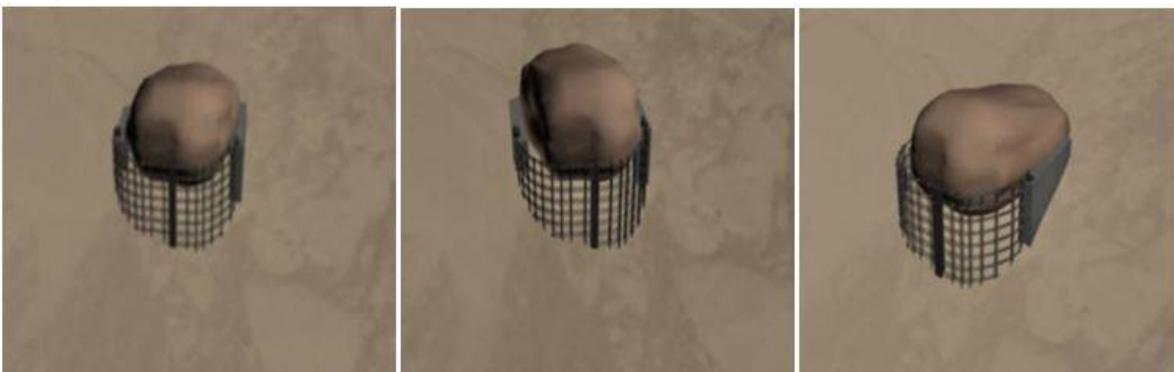


Figura 21. Se indica cómo quedaría el sostenimiento final.

Para los bloques sueltos

- 1) Desatar los bloques inestables de la ladera.
- 2) 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.

3) En la ladera con bloques inestables y con buena cobertura de suelo, se puede estabilizar de la siguiente manera: hacer una excavación en la parte inferior del bloque, con la finalidad que este pierda estabilidad y caiga hacia la parte excavada (figura 30).

4) 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 e infraestructuras ubicadas en la falda de la ladera.

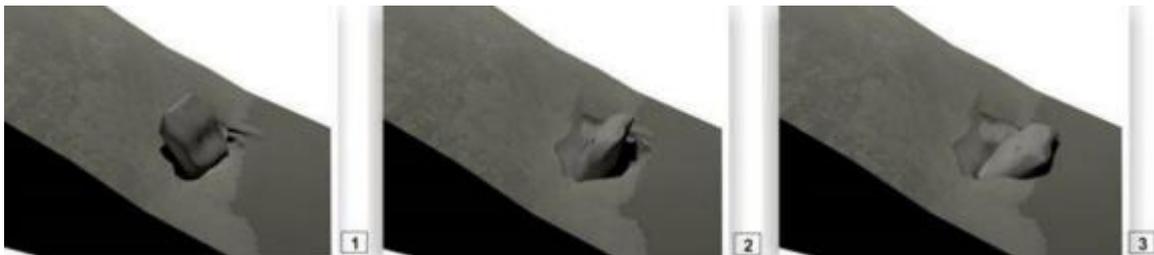


Figura 22: Tratamiento de un bloque suelto en suelo potente.

Se recomienda la construcción de zanjas o vallas simples de contención o la ubicación de redes (malla galvanizada) para captar los bloques más pequeños que se desprendan de las laderas superiores a la zona de corte.

Los macizos rocosos atravesados presentan características geológicas-geotécnicas complejas y heterogéneas con un elevado índice de fracturación que da lugar a un proceso permanente de caída de rocas de tamaños decimétricos hasta métricos.

Los sistemas propuestos son: mallas ancladas, barreras dinámicas y red de anillos, utilizados en forma independiente o combinada, según las características de cada contra talud:

Mallas ancladas: Es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (figura 31). Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.

Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).

Las mantas de malla ancladas pueden utilizarse para impedir el movimiento de bloques pequeños (menos de 0.6 a 1 m de diámetro) o masas subsuperficiales delgadas de roca. Sin embargo, en ocasiones las mallas ayudan a atenuar el movimiento de grandes bloques. En principio la malla anclada actúa como una membrana alrededor de la masa

o bloque inestable; a su vez pueden ser reforzadas con cables, los cuales se amarran a los anclajes.



Figura 23. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.

Barreras dinámicas: Es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída de rocas, diseñado específicamente para interceptar y retener las rocas en un punto de su trayectoria de caída, disipando la energía cinética del movimiento a través de la deformación plástica de determinados elementos del sistema diseñados a tal efecto, y de la actuación elástica de elementos diseñados con determinados grados de libertad respecto del impacto recibido.

En ciertas situaciones de riesgo de caída de roca, puede que no sea práctico instalar una malla de protección contra cortinas o estabilización de la superficie debido a problemas técnicos, topográficos, de acceso o económicos. En estos casos a menudo se proporciona una solución rentable mediante la instalación de barreras dinámicas de caída de rocas en la cara de la pendiente. Las barreras dinámicas de protección contra desprendimientos se caracterizan por su capacidad de absorción de impactos.

Por ello conforman un sistema muy eficaz y seguro para detener la caída de rocas y otras masas. Su configuración varía de acuerdo con la energía requerida en el impacto previsto (figura 32).



Figura 24. Ejemplo de barrera dinámica.

Red de anillos: es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída grande rocas, el que, actuando directamente sobre la zona afectada, permita fijar in situ los bloques rocosos inestables, conteniendo los mismos y por tanto eliminando el riesgo de desprendimientos.

Está constituida por anillos de acero entrelazados entre sí, sin solución de continuidad y de elevada resistencia. Su configuración permite gran adaptabilidad a la morfología del talud en laderas irregulares. Los anillos trabajan en conjunto en la red, y por ello son ideales para soportar altas cargas e impactos de alta energía ya sea de forma concentrada y distribuida. La red es colocada con anclajes al terreno, conteniendo el macizo fracturado o con riesgo de desprendimiento, la resistencia de la red de anillos es muy elevada (figura 33).



Figura 25. Ejemplos de estabilización con red de anillos

ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS



Coordinación con el alcalde y funcionarios de la Municipalidad Distrital de Chala.



Coordinación con la representante de GRD de la Municipalidad Provincial de Caravelí.



Coordinación con el representante de GRD de la Municipalidad Distrital de Atico.