

Informe Técnico N° A6713

EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEODINÁMICA EN EL SECTOR MUELLE PESQUERO DE MATARANI

Región Arequipa

Provincia Islay

Distrito de Islay

Paraje de Islay



POR:

DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
ELVIS RAYME FERNÁNDEZ

MAYO 2016



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.2 TRABAJOS ANTERIORES..... | 3 |
| 2 ASPECTOS GENERALES..... | 4 |
| 3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS..... | 6 |
| 4 ASPECTOS GEOLÓGICOS..... | 7 |
| 5 PELIGROS GEOLÓGICOS..... | 9 |
| 6 PELIGROS SÍSMICOS..... | 14 |
| DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS | 18 |
| 7 SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS..... | 20 |
| 8 MEDIDAS PARA ZONAS CON DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS ... | 21 |
| CONCLUSIONES | 24 |
| RECOMENDACIONES..... | 25 |
| REFERENCIAS | 26 |

“EVALUACION GEOLOGICA GEODINAMICA EN EL SECTOR MUELLE PESQUERO MATARANI”

Distrito de Islay – provincia Islay – región Arequipa

1. INTRODUCCIÓN

La alcaldesa de la Municipalidad Distrital de Islay, mediante Oficio N°0250-2015-DA/MDI, de fecha 12 de octubre 2015, se dirige al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando un estudio por peligro inminente de deslizamiento de cerro costero en el distrito de Islay.

Luego de las respectivas coordinaciones, se comisiona al Ing. Hugo Dulio Gómez Velásquez y el geólogo Elvis Rodder Rayme Fernandez de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, para realizar la visita técnica al sector de Matarani.

Este informe, se sustenta en la inspección efectuada, datos obtenidos en las observaciones de campo, versiones de los pobladores así como de información disponible de trabajos anteriores realizados por INGEMMET en el sector de Matarani incluye textos, ilustraciones fotográficas, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales del área, así como conclusiones y recomendaciones

1.1 OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que se encuentran en las inmediaciones del sector muelle pesquero Matarani.

1.2 TRABAJOS ANTERIORES

Existen trabajos y/o estudios geológicos y geodinámicos, que involucran el área mencionada, como los siguientes:

- a) Boletín N° 19 del Servicio de Geología y Minería, Geología de los Cuadrángulos de Mollendo y La Joya (1968), elaborado por Wilfredo Garcia. En este informe se menciona que en el área de estudio se encuentran afloramiento de rocas del Complejo Basal de la Costa conformadas por gneis, migmatitas y micaesquistos, intruidos por granitos rojos. Cubierto por material reciente (depósitos fluviales, marinos y aluviales).
- b) Boletín N° 23 Serie C: Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 1. Geodinámica e Ingeniería Geológica (2000). El mapa de peligros geológicos múltiples y de instalaciones críticas, muestra que sector de Matarani requiere evaluaciones de peligros geológicos antes de iniciar construcciones de obras.

Sinopsis sobre la revisión de la geología de los cuadrángulos de Ático, Ocoña, Camaná, La Yesera, Aplao y Mollendo (2000) elaborado por Walter León et al., de la Dirección de Geología Regional del INGEMMET, actualiza los aspectos geológicos y estratigráficos de los Cuadrángulos de Mollendo y La Joya, Garcia W (1968)

2 ASPECTOS GENERALES

La zona de estudio se ubica en el flanco suroeste del cerro Costero (foto 1) y al noroeste de la ciudad capital del distrito de Matarani, provincia de Islay, departamento Arequipa, figura 1. Entre las coordenadas UTM (WGS 84 – Zona 18 S):

Este: 808 210 – 808 489
Norte: 8 118 760 – 8 118 518
Cota: 20.00 msnm.

En el sector se tiene un muelle, donde se desarrolla la pesca artesanal donde son beneficiados aproximadamente 200 pescadores, es concurrido por turistas locales y extranjeros, también es utilizado como ruta y estacionamiento de empresas de transporte que hacen servicio colectivo.

El acceso a la zona de estudio:

| Tramo | Recorrido (Km) | Observaciones |
|--|----------------|---------------|
| Opción 1 (Carretera Costanera) | | |
| Matarani - Ilo | 58 Km | Vía asfaltada |
| Ilo - Tacna | 135 Km | Vía asfaltada |
| Opción 2 (Línea Ferrocarril) | | |
| Matarani – Mollendo – Arequipa – CM Cerro Verde | 170 Km | Vía férrea |

El clima de la zona de estudio es típico de la costa sur del Perú, cálido desértico de tipo subtropical seco, con una temperatura media de alrededor de 17 °C, con pequeñas precipitaciones atmosféricas entre los meses de agosto a octubre, llegando alcanzar hasta 30 mm/año.



Foto 1.- Vista panorámica tomada con dirección noreste del talud inestable que se ubica en el flanco suroeste del cerro Costero

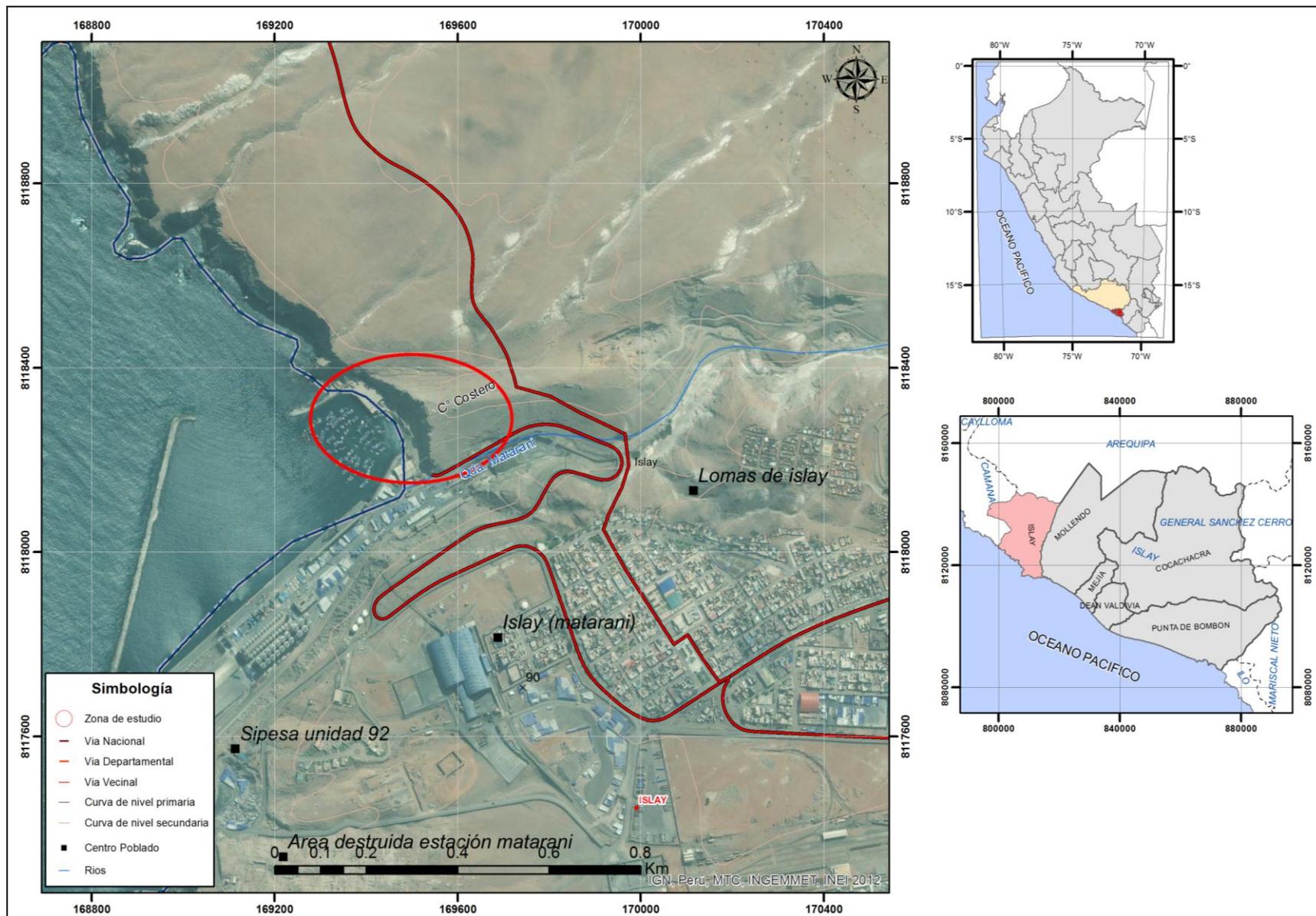


Figura 1 Mapa de ubicación de la zona de estudio y alrededores

3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

De acuerdo a los procesos geomorfológicos, la zona del muelle pesquero Matarani se ha dividido en dos unidades:

- a) Faja Litoral: Terreno que se desarrolla entre la ribera del mar y la cota de 400 m aproximadamente. En esta unidad se desarrolla una barra litoral. Presenta relieve uniforme de pendiente suave. Se encuentra limitado por los acantilados, con alturas hasta de 50 m.
Se tienen afloramientos de la Formación Millo y el Complejo Basal de la Costa (rocas gnéisicas).
- b) Cordillera de la Costa: Formada por una cadena de cerros orientados en dirección SE-NO, paralela al litoral, con un ancho aproximado de 20 km y una elevación máxima de 1667 m. Esta unidad, está formada por rocas gnéisicas, granitos y diques pegmatíticos, parcialmente cubiertos por arcillas, limos y arenas.
- c) Pampa Costera: Esta unidad se desarrolla entre la Cordillera de la Costa y las estribaciones andinas (Cordillera Occidental-cordillera de laderas), con altitudes entre los 1 000 y 1 600 m, con un ancho promedio de 40 km.

La zona de estudio se encuentra ubicada entre la Faja Litoral y la Pampa Costera.



Foto 2 Vista tomada con dirección norte donde se aprecia la Faja Litoral y también el acantilado con 50 m. de altura.

4 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo de Mollendo 34-r, (Wilfredo Garcia M. 1968), actualizado por la Dirección de Carta Geológica Nacional (2000), en la zona de estudio afloran rocas del Precámbrico al Cenozoico. Foto 2.

Complejo Basal de la Costa. Con esta denominación se describe un conjunto de rocas metamórficas e intrusivas antiguas, similares a las estudiadas por Bellido y Narvaez (1960), se observa afloramiento de gneis granítico-tonalítico, dioritas gnéisicas y esquistos micáceos. Foto 3.

Formación Millo Consiste de conglomerados, areniscas tobáceas, lentes de tobas retrabajados los cuales afloran en la zona de estudio. Se ha usado para describir a los sedimentos poco consolidados que cubre la Formación Moquegua y/o a las tobas pliocénicas.

Depósitos coluviales – proluviales (cuaternario reciente). Se encuentran formando un potente manto detrítico, constituido principalmente por arcillas, arenas con gravas, cantos gruesos. Materiales poco consolidados, medianamente permeables.

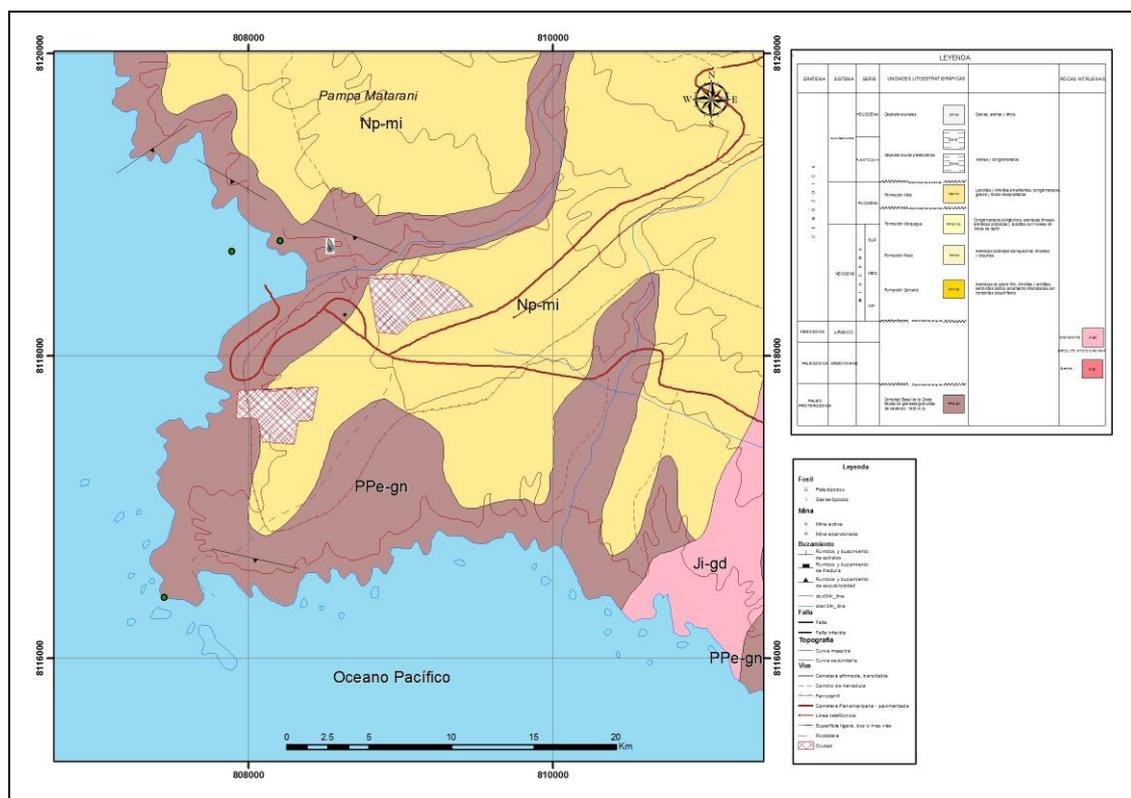


Figura 3 Mapa geológico del sector de Matarani y alrededores (INGEMMET 2000)



Foto 2: Se aprecia afloramiento de rocas metamórficas del Complejo Basal de la Costa (Ppe-gn) y la Formación Millo (Np-mi).



Foto 3 Vista tomada con dirección noreste, se observa el afloramiento del Complejo Basal de la Costa.

5 PELIGROS GEOLÓGICOS

Para poder entender el mecanismo del evento es importante conocer la teoría de los peligros geológicos entre ellos los movimientos en masa.

5.1 MOVIMIENTOS EN MASA:

El término movimiento en masa incluye todos aquellos movimientos ladera debajo de una masa rocosa, de detrito o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

Los movimientos en masa, materia del informe son:

CAÍDA (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o de varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s (Figura 4).

Subtipos:

Caídas de roca (detritos o suelo).

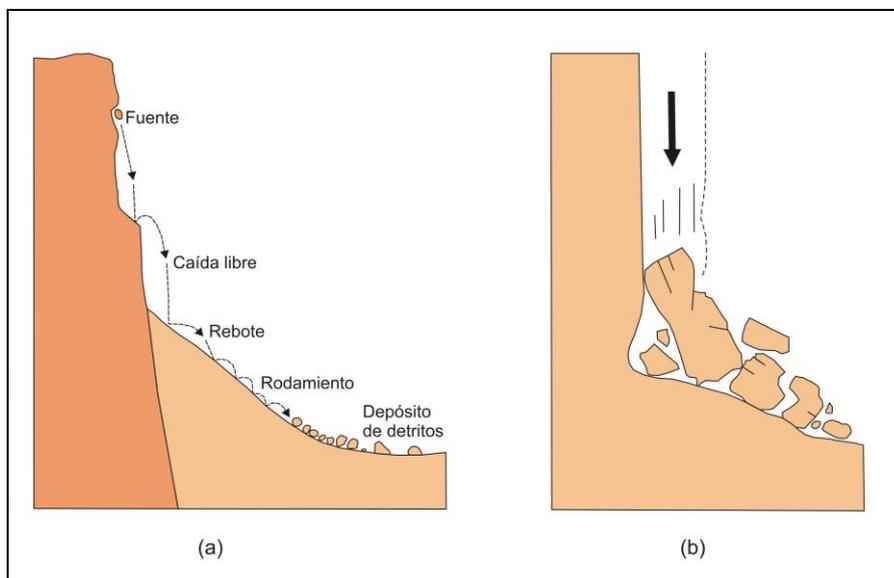
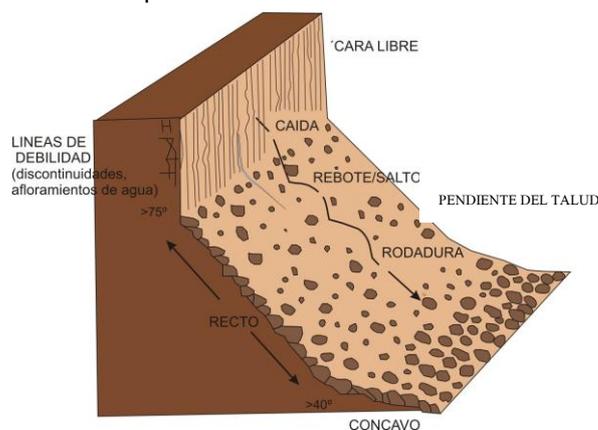


Figura 4. (a) esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento como colapso.



DERRUMBE

Caída violenta de material, se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, organizados por: heterogeneidad litológica, meteorización fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes.

Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc.

5.2 SECTOR MUELLE PESQUERO MATARANI

El sector de muelle pesquero Matarani, viene siendo afectado periódicamente por derrumbes y caída de rocas. Estos movimientos se generan en el talud vertical que está conformado por un sustrato rocoso¹ conformado por conglomerados subredondeados a redondeados con matriz limoso medianamente consolidado.

Zona de arranque presenta rotura planar, irregular y discontinua, con longitud de 280 m. Este evento se ha generado en un acantilado que tiene una altura hasta 50m. Figura 5

En el talud del acantilado se tiene un sistema de agrietamientos con dirección noroeste 10°, se aprecian aberturas entre 5 a 15 cm., profundidad de hasta 20m. (Figura 6; fotos 5, 6 y 7)

Al pie del talud se deposita suelos arenosos, gravosos con clastos subredondeados a redondeados, bloques que alcanzan hasta de 0.2 m y matriz arcillo limoso.

5.3 CAUSAS DEL MOVIMIENTO

Las causas de los derrumbes generados en el sector de muelle pesquero Matarani, son:

- La existencia de sustrato rocoso de mala calidad (no competente) conformada por conglomerados, areniscas tobáceas, lentes de tobas retrabajados. (foto 5).
- El sustrato rocoso presenta grietas con abertura profundas que van desde la cabecera al pie del talud con dirección NO-SE. Foto 6
- Talud escarpado de fuerte pendiente (<45°). Foto 6
- Cobertura vegetal nula.

En esta oportunidad, el “detonante” del fenómeno se atribuye a las lluvias que se presentaron entre los meses de agosto a octubre del año 2015, estas aguas se infiltran, saturando y erosionando los sedimentos más finos debilitando el sustrato de mala (no competente).

¹ **Sustrato Rocoso:** sin.; basamento rocoso. Término empleado para definirse, en forma general, a la parte de la corteza terrestre que se encuentra por debajo de los depósitos cuaternarios. (PUBLICACIÓN GEOLÓGICA MULTINACIONAL N°4 2007)

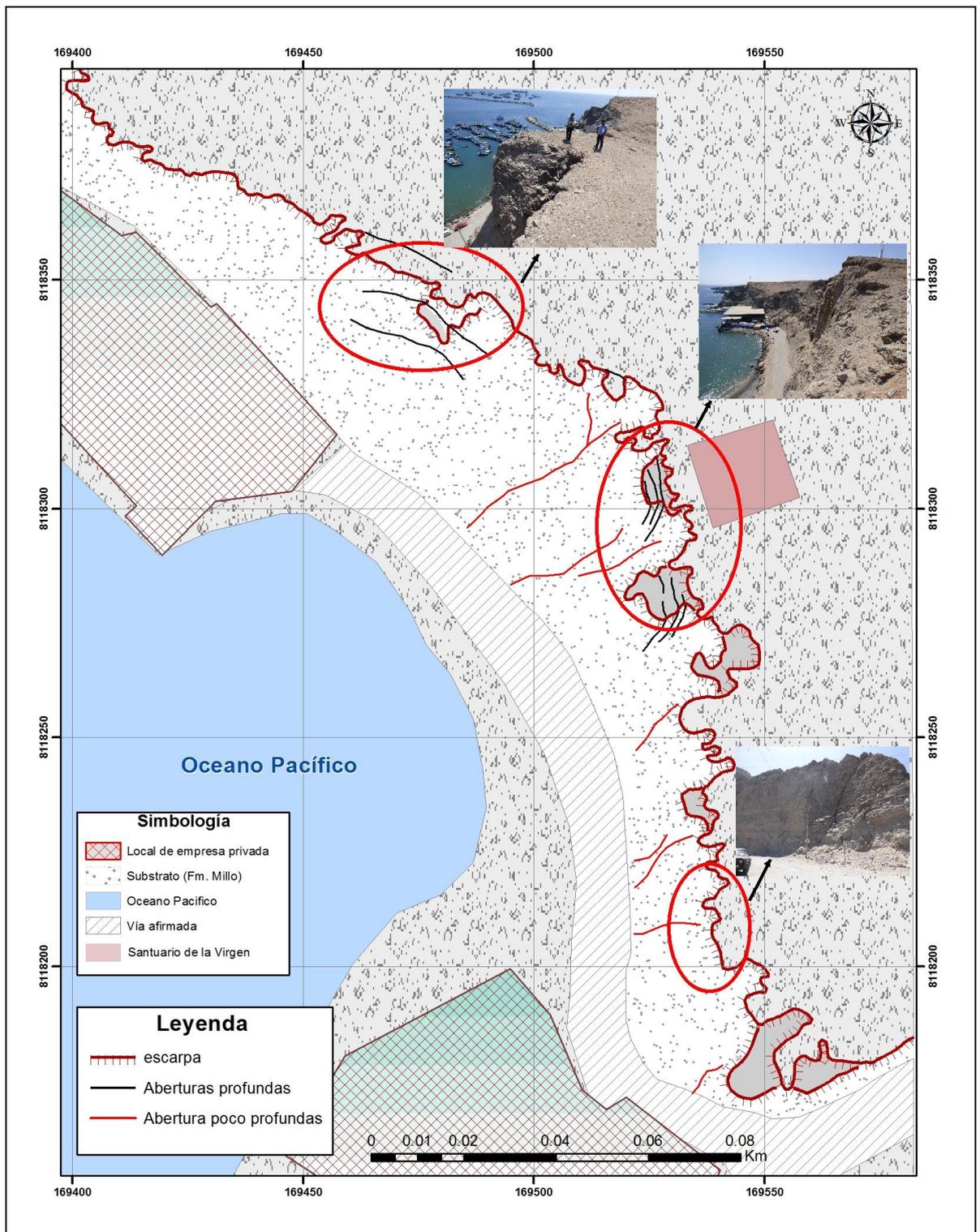


Figura 5. Mapa de peligros geológicos en el sector de muelle pesquero Matarani y alrededores

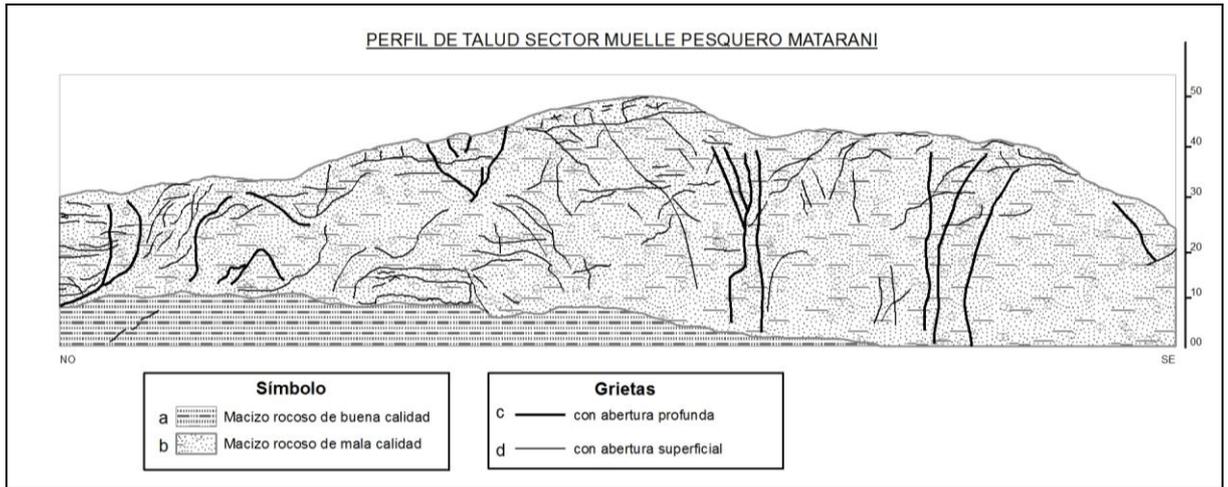


Figura 6. Imagen del talud en el sector de muelle pesquero Matarani, se observan **c)** un sistema de grietas profundas que se prolonga de la cabecera al pie del talud **d)** sistema de grietas poco profundas dispersos en el talud.



Foto 4. Vista tomada con dirección noreste, se observa afloramiento de la Fm. Millo conformada de conglomerados, areniscas tobáceas, lentes de tobas re TRABAJADOS. Presenta grietas con dirección noroeste 10° con abertura entre 5 a 15 cm., se prolonga de la cabecera al pie del talud (líneas de color negro)



Foto 5 Vista tomada con dirección noreste, se observa un sistema de grietas y un bloque colgado (círculo negro). Al pie del talud se observa depósito de suelo arenoso, gravoso con clastos subangulosos a redondeados hasta 0.20 m



Foto 6. Vista tomada hacia el Norte, se observa afloramiento de la Fm. Millo conformada por conglomerados, areniscas tobáceas, lentes de tobas retrabajados, se aprecian grietas con dirección noroeste 10° , con presencia de lluvias que ocurren durante los meses de setiembre a octubre, estas aguas se infiltran, saturando y erosionando los sedimentos más finos debilitando el talud.



Foto 7. Vista tomada con dirección sureste, donde se observa un bloque de conglomerado con agrietamiento con dirección noreste, cubierto por suelo, gravoso con clastos subangulosos.

6 PELIGROS SÍSMICOS

La ocurrencia de sismos en nuestro país está relacionada a dos fuentes principales sismogénicas:

1. Zona de subducción fuente sismogénica principal con sismos de gran magnitud.
2. Fuente secundaria asociada a una sismicidad intra-continental relacionada a fallas activas de diversas longitudes, generando sismos de magnitudes menores (Cahill y Isacks, 1992; Tavera y Buforn, 2001).

Estas características hacen que nuestro territorio y en particular el sector de muelle pesquero Matarani, sea propensa a la ocurrencia de sismos de diferente magnitud, con focos a diferente profundidad y distintos grados de destrucción. En Perú, los sismos son considerados el mayor peligro al cual se encuentra sometido nuestro territorio, de ahí que los daños que ellos provocan en las ciudades dependerán de su tamaño y de la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas. A través del Instituto Geofísico del Perú (IGP), se realiza el monitoreo de la actividad sísmica operando una red sísmica nacional con 31 estaciones (20 de periodo corto y 11 de banda ancha). Figura 7.

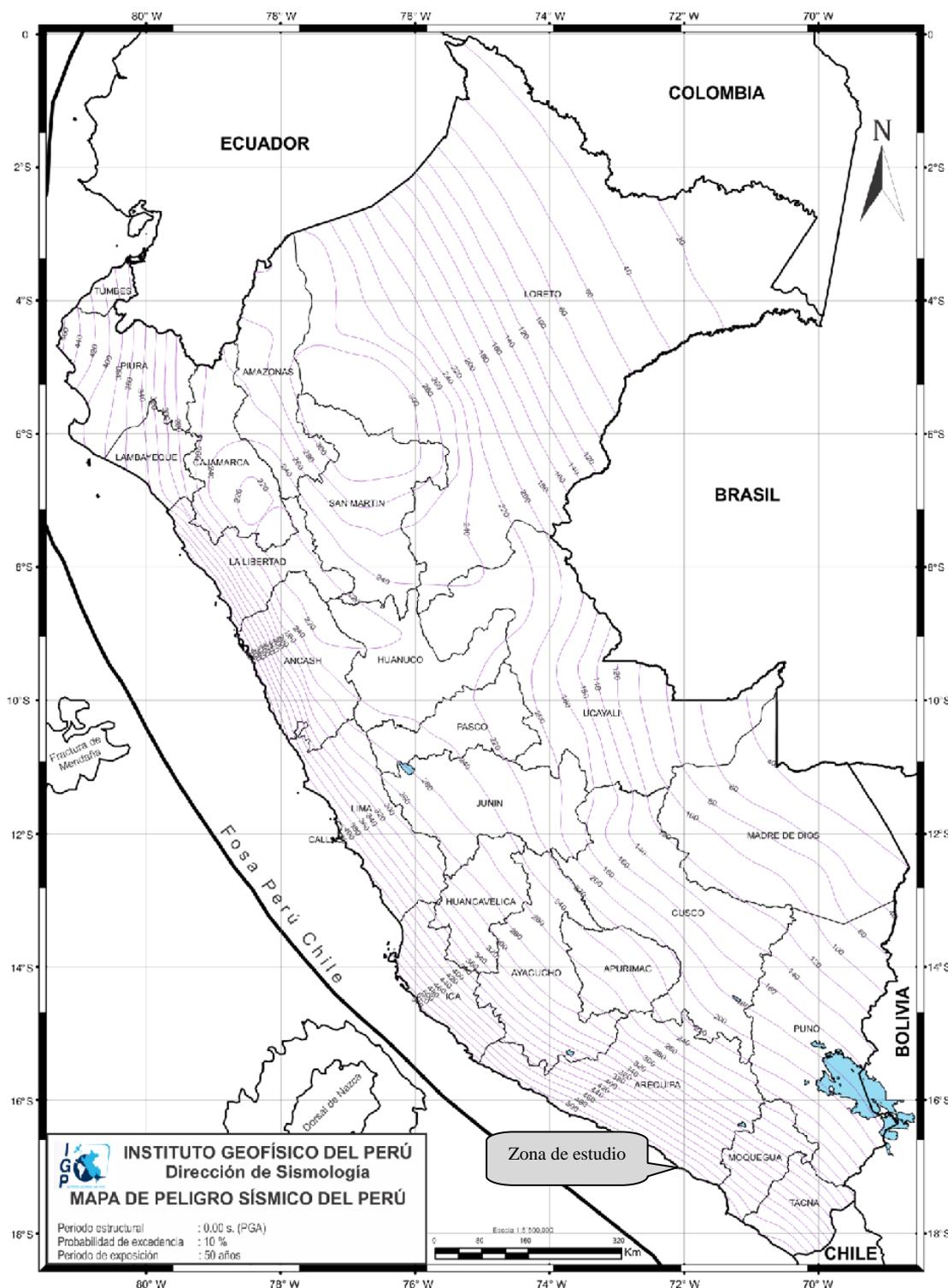
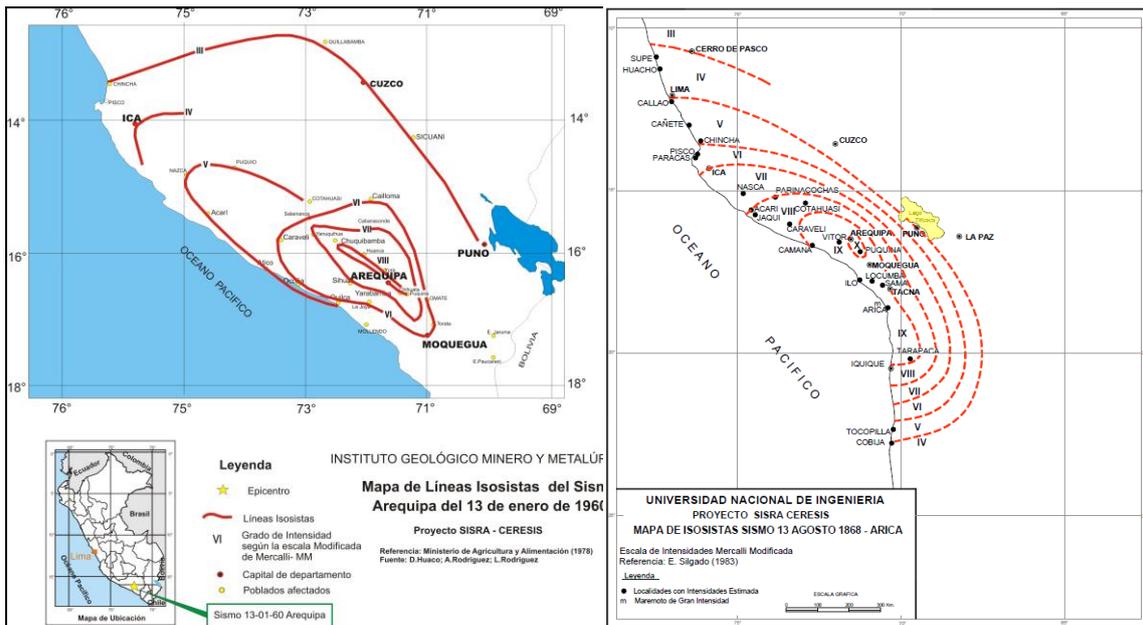


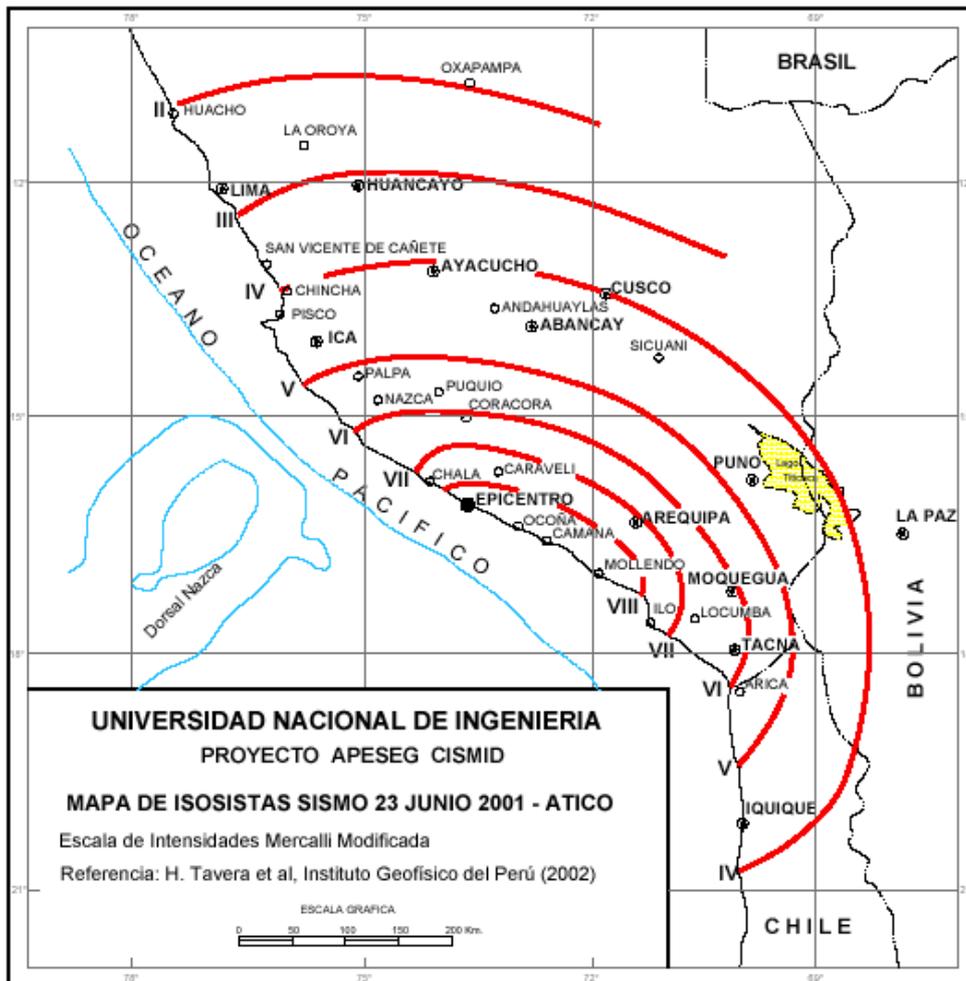
Figura 7.- Mapa de peligro sísmico para el Perú considerando un periodo de retorno de 50 años con el 10% de excedencia. Los valores de aceleración están expresados en unidades de gals.

SISMICIDAD HISTORICA

La historia que se conoce con relación a los acontecimientos sísmicos en Perú, según datos históricos disponibles, indican una intensa actividad sísmica en el sector de muelle pesquero Matarani, ocurrida entre los siglos XVI y XX. En los últimos 400 años, la región sur de Perú ha sido afectada con variable severidad

por más de 30 terremotos, es importante mencionar, que la ciudad de Arequipa en los últimos 50 años ha soportado la violencia de terremotos en los años 1958, 1960, 1979, 1999 y 2001. Para mayor detalle se presenta el anexo 2, utilizando como fuente la información de Silgado (1978) y la más reciente. Para la mayoría de los sismos descritos en el anexo 2, Silgado (1978) elaboró sus respectivos mapas de intensidad (isosistas), siendo tres de ellos los que afectaron con alta intensidad a la región Arequipa y por consiguiente la zona de en estudio y corresponden a los sismos del 13 de enero de 1960 y 13 de Agosto de 1868; también se tiene para el sismo del 23 de junio del 2001 (figuras 8, 9 y 10; cuadro 1).





Figuras 8, 9 y 10 Mapas de isosistas de los sismos del departamento de Arequipa (13/01/1960), Arica (13/08/1868) y Atico (23/06/2001).

CUADRO 1 Número de sismos según la intensidad (1555-2001)

| Intensidad | N° de sismos |
|--------------|--------------|
| V | 2 |
| VI | 8 |
| VII | 20 |
| VIII | 6 |
| IX | 4 |
| X | 3 |
| XI | 1 |
| Total | 44 |

De los datos del cuadro 1, se tienen que los de mayor incidencia son los sismos de intensidad VII (veinte eventos), en segundo lugar los de intensidad VI (ocho eventos), en tercero los de VIII (seis eventos).

DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS

El Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas para Perú (figura 11), elaborado por Alva y Meneses (1984) como parte del proyecto SISRA a cargo del Centro Regional de Sismología para América del Perú y el Caribe (CERESIS), se basó en 30 mapas de isosistas de terremotos recientes e intensidades puntuales de terremotos históricos. El mapa representa el nivel de daño independiente de la causa: vibración de suelo, licuación, deslizamientos provocados por terremotos u otros. Este mapa nos indica una alta actividad sísmica en la costa peruana debido a la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana; una actividad sísmica moderada puede notarse en la zona subandina localizada en la selva nororiental, al este de la cordillera de los Andes. Intensidades hasta X fueron observadas en la costa de Perú en grandes áreas mientras que en la zona subandina la atenuación es más alta, con intensidades altas en sitios específicos. Dentro del área de la cuenca prevalecen intensidades máximas del orden de VIII y X (MM).

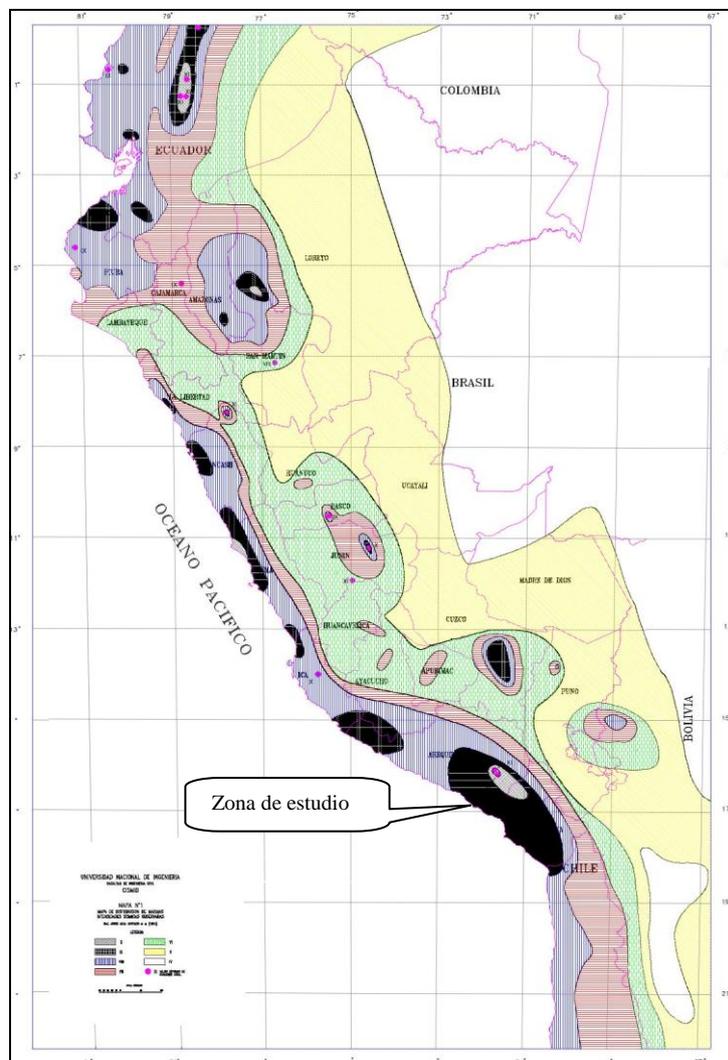


Figura. 11 Máximas intensidades sísmicas

4.5.5 ZONIFICACION Y ACELERACIONES MÁXIMAS

El mapa de zonificación sísmica para el Perú, modificada con Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, La Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas sísmicas figura 12:

- 1) Sistema estructural sismorresistente.
- 2) Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- 3) Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- 4) Fuerza cortante en la base empleada para el diseño.

Dentro de los cuales la zona de estudio se ubica íntegramente en la zona 4 corresponde a una sismicidad muy alta, localizada en la línea de la costa. Es coherente con el mapa de aceleraciones máximas.

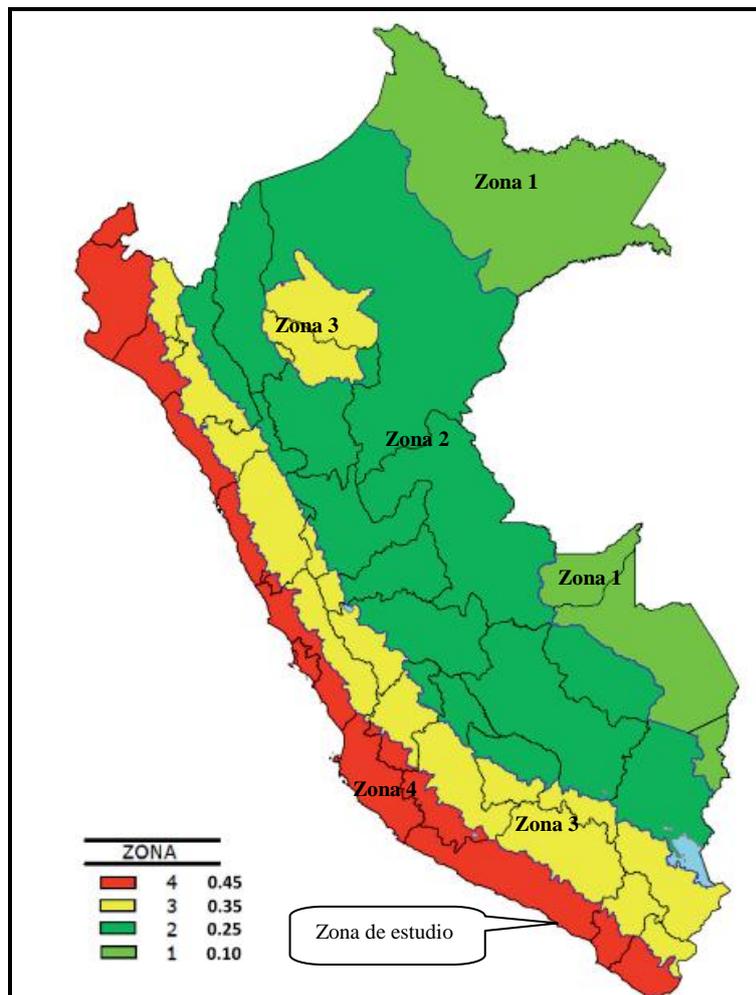


Figura 12. Zonificación sísmica en Perú.

4.5.6 TSUNAMIS

Los tsunamis son una serie de ondas marinas de gran tamaño que pueden ser generadas por una perturbación en el interior del océano, al ocurrir un movimiento sísmico superficial ($h < 60\text{km}$) con foco en el fondo marino u otro proceso como un deslizamiento submarino. Las olas generadas, dependiendo del tamaño del sismo, pueden alcanzar diversas alturas y muchas veces

recorrer distancias tan grandes como la existente entre la costa occidental de Sudamérica y la oriental de Japón, a velocidades que prácticamente no son perceptibles sobre la superficie del océano. Asimismo, las zonas inundadas en continente, dependerán además de la morfología de la costa y de su talud continental.

La información histórica e instrumental indican un número importante de sismos de gran magnitud que fueron acompañados de tsunamis en los últimos 500 años. Estos fueron de diversos tamaños y produjeron destrucción y daños importantes en los principales puertos y localidades de la costa sur del país². La zona costera que corresponde al muelle pesquero Matarani por su morfología no ha sido afectada. Presenta una terraza costera disectada formando quebradas, perdiéndose en acantilados de aproximadamente 50 m. (figura 13) y, de producirse una ola de tsunami de gran altura, podrían afectarse almacenes.

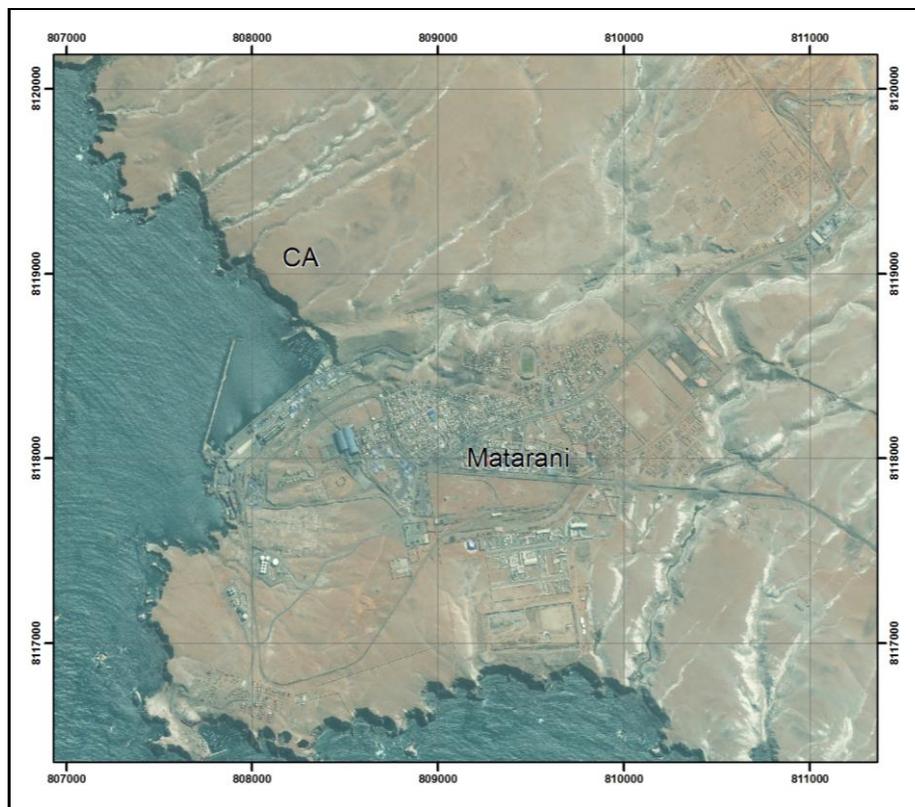


Figura 13 Imagen satelital que muestra la zona de estudio muelle pesquero Matarani. Nótese la presencia de una costa acantilada (CA) de aproximadamente 1275 m x 50 m.

7 SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

El mapa de susceptibilidad a los movimientos del Perú (Fidel et al, 2010), elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas, pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo; y características de retención o flujo de agua subterráneas en las rocas), la zona de estudio se encuentra en una zona de mediana susceptibilidad a la generación de movimientos en masa (figura14). Se describen como laderas

² Un catálogo detallado de los principales tsunamis que afectaron la costa de Perú puede ser encontrada y consultada en Carpio y Tavera (2002).

con algunas zonas inestables, con pendientes altas, rocas fracturadas a muy fracturadas, donde han ocurrido o existe una alta posibilidad de que ocurran estos fenómenos.

Las laderas en el área están cerca de sus límites de estabilidad debido a la combinación de materiales débiles y de laderas más escarpadas (mayores a 25°). Aunque la mayoría de las laderas no presentan actualmente depósitos de movimientos en masa, puede que fallen localmente cuando estas sean modificadas. Localmente se pueden presentar derrumbes, desprendimientos de rocas y flujos (con lluvias excepcionales).

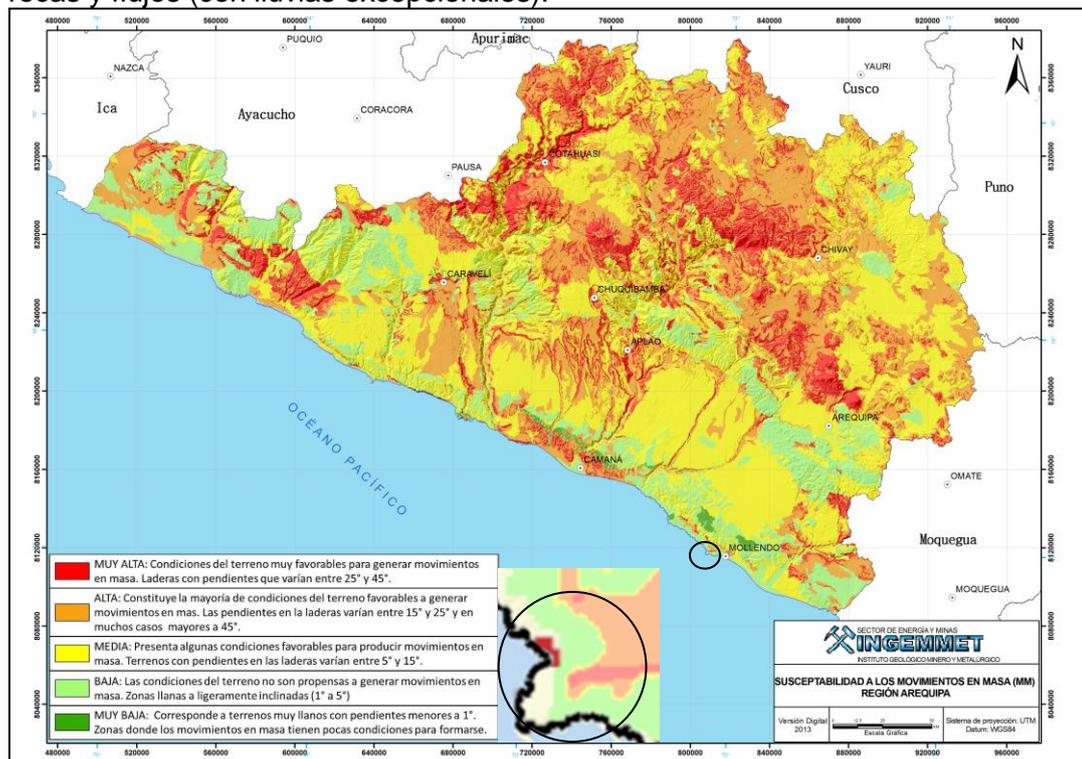


Figura 14: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la región Arequipa (INGEMMET, 2013)

8 MEDIDAS PARA ZONAS CON DERRUMBES Y CAÍDAS DE ROCAS

Para los derrumbes que ocurren en la zona de estudio se debe intentar el reforzamiento de los taludes inestables con la asesoría de un especialista ya sea con cualquiera de las siguientes alternativas:

Tratamiento de talud con escalonamiento (figura15), es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por derrumbe antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca-indeseables en todos los casos y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuaran las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en rocas, sobre todo es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de rocas. Como es el caso de la zona de estudio.

Para el tratamiento por este método de **talud con escalonamiento**, debe ser diseñado y dirigido por profesionales especialista y con conocimientos en estabilidad de taludes para mejor funcionalidad.

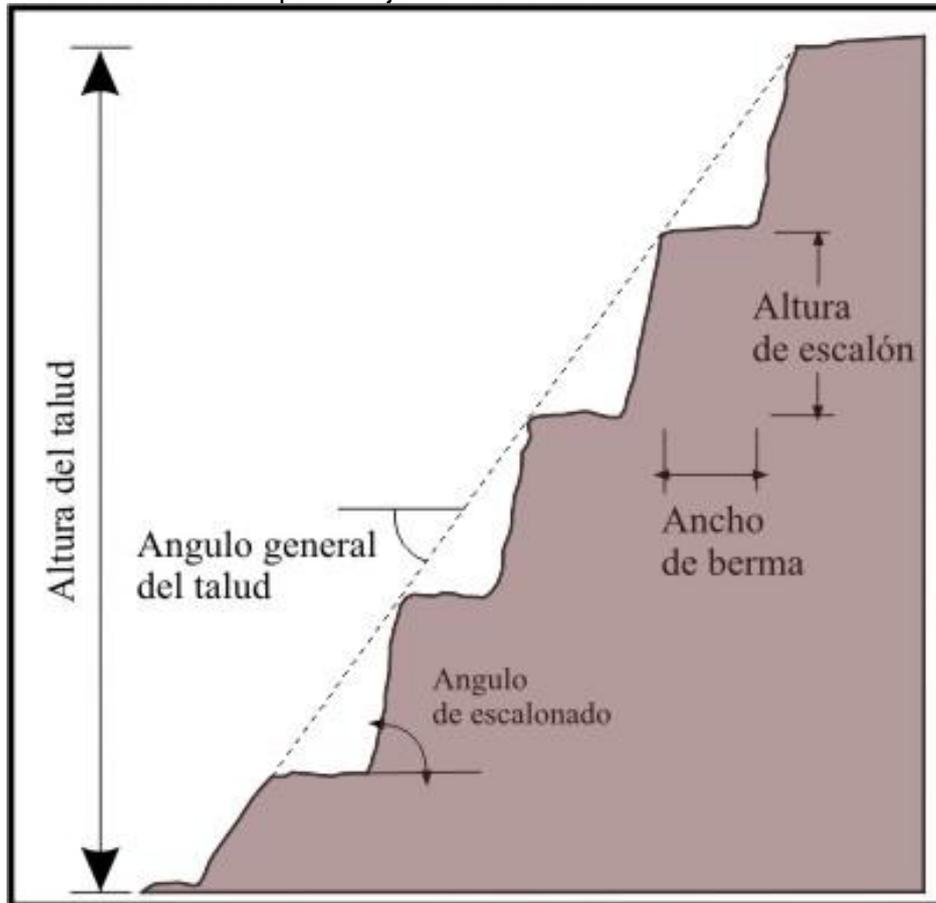


Figura 15. Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de INGEMMET2000)

Corrección por drenaje

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencia o existente) lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total y por lo tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje:

Drenaje superficial: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarla lejos del talud, evitando sus infiltraciones (figura 16)

Las aguas de escorrentía se evacuan por zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a pocas distancias de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

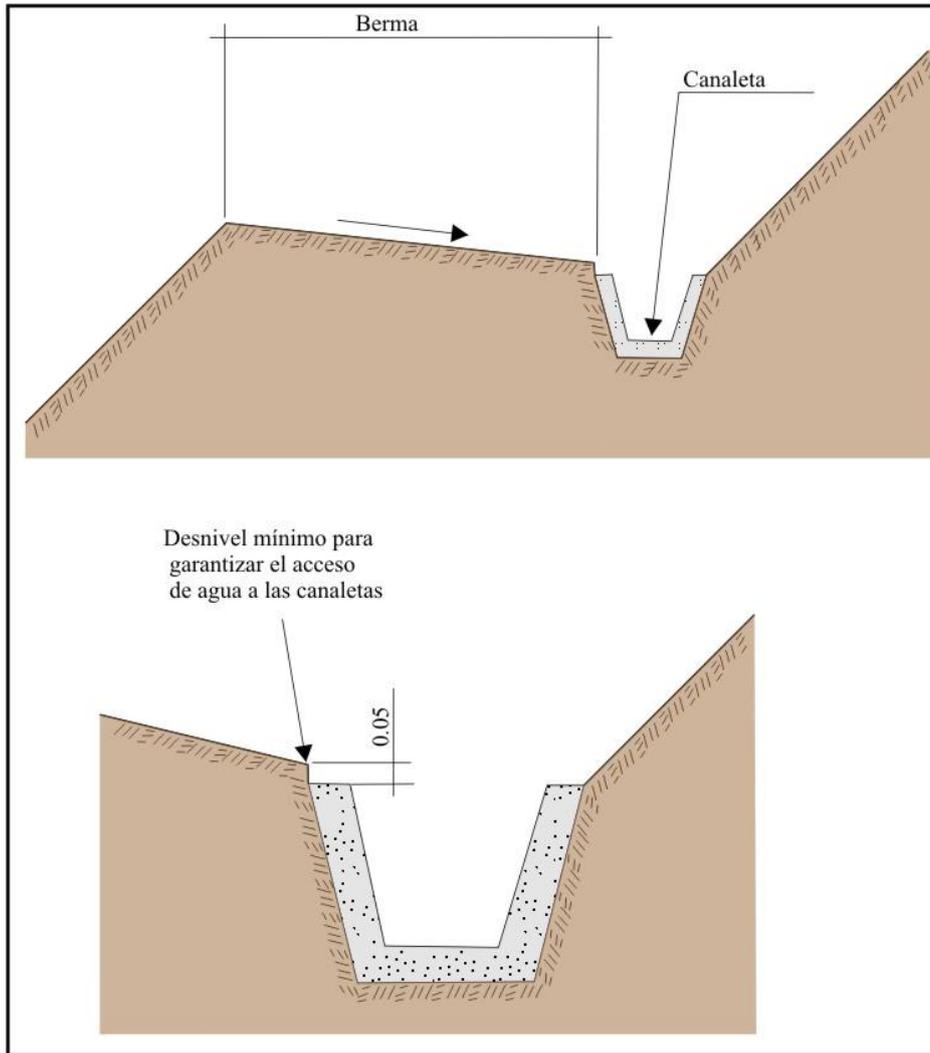


Figura 16 Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET 2000)

CONCLUSIONES

1. El sector es una zona desértica y de clima cálido, con pequeñas precipitaciones que tienen lugar entre los meses de agosto a octubre.
2. En el mapa de peligros geológicos múltiples y de instalaciones críticas realizado por el INGEMMET (2000), muestra que sector de Matarani se encuentra en un área que requiere evaluaciones de peligros geológicos, antes de iniciar una construcción de obras.
3. El sector se ubica morfológicamente entre las unidades Faja Litoral y Pampa Costera. Se tienen afloramientos de rocas de edades que van del Precámbrico al Cenozoico. La primera de tipo metamórficas e intrusivas, representada por el Complejo Basal de La Costa. La segunda por conglomerados y areniscas tobáceas, lentes de tobas retrabajados de la Formación Millo
4. La zona de estudio es susceptible a la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas.
5. La zona de estudio se ubica íntegramente en la zona 4, corresponde a una sismicidad muy alta, localizada en la línea de la costa. Es coherente con el mapa de aceleraciones máximas de suceder un sismo se pueden acelerar los procesos de derrumbes.
6. De acuerdo a la evaluación de la información previa obtenida en informes realizados por INGEMMET y otros autores, el inventario y cartografiado de peligros geológicos por movimientos en masa en la región Arequipa y el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, se concluye que la zona de muelle pesquero Matarani presenta una condición de **Alto Peligro**, por lo tanto en **peligro inminente**.

RECOMENDACIONES

1. Se debe considerar la zona no apta para ser transitada, hasta no tomarse las medidas correctivas que estabilice el talud que puede poner en riesgo la seguridad física de los pobladores.
2. Mantenerse alerta y en constante vigilancia ante la ocurrencia de nuevos movimientos del terreno, para realizar acciones de evacuación de los sectores que a la fecha no están afectados directamente.
3. Restringir el tránsito y no considerar como estacionamiento de vehículos menores. Hasta no tomarse las acciones correctivas.
4. Para estabilidad el talud se debe realizar un tratamiento de talud con escalonamiento, su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo, retiene las caídas de fragmentos de roca, si se coloca en ellos zanjas de drenaje mejora la estabilidad y después de realizarse la obra se deberá forestar con plantas nativas.
5. Evitar filtraciones y/o el humedecimiento del talud. Para tal efecto, es importante controlar con las medidas de drenaje superficial, recogiendo las aguas superficiales y evacuarla lejos del talud.
6. Se recomienda la protección del talud, para evitar el desprendimiento de gravas, u otros materiales que puedan provocar daños a personas que transitan al pie del talud.
7. Las técnicas para protección del talud a emplear pueden ser: vegetación de taludes, enmallado, recubrimiento con suelo cemento, geo mallas, así como muros de contención al pie de los taludes más inestables, etc. (según la actualización de las normas técnicas CE-020: “Estabilización de suelos y Taludes” del Reglamento Nacional de Edificaciones).
8. Las obras correctivas deberá ser dirigidas y ejecutadas por profesionales con conocimiento en el tema.

REFERENCIAS

- PMA: GCA (2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, Canadá, 404 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de Riesgo Geológicos del Perú, Franja N°1. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 23, 290 p
- García W. (1968) Geología del Cuadrángulo de Mollendo y La Joya, , Serie A: Carta Geológica, Boletín N 19, 104 pág.
- Walter León et al* (2000) *Geología de los Cuadrángulos de Ático, Ocoña, Camaná, La Yesera, Aplao y Mollendo* Base Dirección de Geología Regional de INGEMMET.
- Tavera, H y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquakes in Perú. Journal of Seismology, 5, 519-540.
- Cahill, T., and Isacks, B.L., (1992) Seismicity and shape of the subductel Nazca plate: Journal of Geophysical Research-Solid Earth, v. 97 p. 17503-17,529, doi:10.1029/92JB00493.