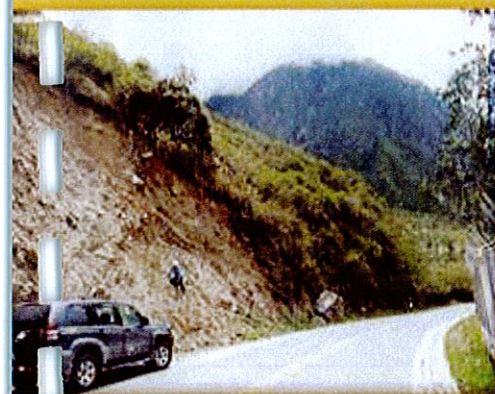


Informe Técnico N° A6607

Inspección Técnica:

# Peligros Geológicos del Cerro Michi Michi, Km 240 Carretera Interoceánica Sur y Villa de Residentes Chuani

Distrito de Ollachea, provincia Carabaya, Departamento Puno



POR:  
LUCIO MEDINA ALLCCA

OCTUBRE 2011

## CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	3
2.0	ANTECEDENTES	3
3.0	ASPECTOS GENERALES	4
4.0	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
5.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS	12
6.0	PELIGROS GEOLÓGICOS	15
6.1	CERRO MICHÍ MICHÍ. SECTOR KM 240+250 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA SUR	15
6.2	VILLA DE RESIDENTES CHUANI	20
6.3	PELIGROS SÍSMICO	21
7.0	SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS	22
8.0	CONCLUSIONES	24
9.0	RECOMENDACIONES	25
	BIBLIOGRAFÍA	26
	ANEXO 1: ESTUDIOS MINERAGRÁFICOS ESTUDIOS PETROGRÁFICOS	27
	ANEXO 2: EJEMPLO DE CONTROL DE CAÍDAS DE ROCAS	35

## PELIGROS GEOLÓGICOS DEL CERRO MICHÍ MICHÍ, KM 240+250 CARRETERA INTEROCEÁNICA SUR Y VILLA DE RESIDENTES CHUANI

(Distrito de Ollachea, provincia Carabaya, Departamento Puno)

### 1.0 INTRODUCCION

El Gerente General de la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A., mediante Carta EGESG N° 468 – 2012 – GG, de fecha 24 de agosto de 2012, se dirige a la Presidenta del Consejo Directivo del INGEMMET, en coordinación con el Señor Ministro de Energía y Minas, solicitando la firma de un Convenio de Cooperación para realizar el diagnóstico de la vulnerabilidad del Cerro Michi Michi, específicamente del Km 240+250 (Distrito de Ollachea, provincia Carabaya, Departamento Puno). Luego de las coordinaciones realizadas por el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riego Geológico (DGAR), con los directivos de la Empresa, se designó al suscrito, para que realice los trabajos de inspección técnica de seguridad física ante peligros geológicos.

Los trabajos de campo se realizaron en coordinación con los Ingenieros Julio César Ferreyra León, Jefe de Planeamiento Civil y Julio Medina Sonco, Supervisor de Recursos Hídricos. Ambos profesionales pertenecientes a la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán.

De INTERSUR CONCESIONES S.A., se recibió información topográfica de la zona afectada por derrumbe (Km 240+250). Dicha información no fue utilizada ya que no considera la zona inestable de cerro Michi Michi ni el cauce río Ollachea.

Este informe que se pone en consideración de los funcionarios de Empresa de Generación Eléctrica San Gabán. Se basa en las observaciones realizadas en campo, la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, así como de la información disponible en el "Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N° 3" realizada por INGEMMET en el año 2003; así como de trabajos realizados anteriormente en el área.

### 2.0 ANTECEDENTES

La ladera del Cerro Michi michi, Km 240+250 de la carretera Interoceánica Sur fue inspeccionada por el Ing. Julio Medina Sonco, Supervisor de Recursos Hídricos de la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán (INFORME N° 078-2012-SRH) y llegó a las siguientes conclusiones:

- a) En las circunstancias actuales, es decir con el grado de conocimiento del problema, es imposible efectuar pronóstico confiable y certero. De un lado se desconoce la naturaleza el suelo de fundación, no se dispone de los parámetros físico-mecánicos, la profundidad del contacto suelo – basamento rocoso, grado de influencia de los movimientos telúricos que podrían producir las caídas, etc.
- b) Algunos aspectos que actúan a favor de la desestabilización de los bloques y que deben ser tomados en cuenta son: la deforestación de toda la ladera, la fuerte pendiente del terreno que varía entre 55° a 60°, la permanente humedad del terreno especialmente durante la época de lluvias en que se saturan completamente, la construcción del tramo IV de la Carretera Interoceánica, el

tránsito de vehículos pesados que generan vibraciones, los movimientos, telúricos, así como la presencia de animales que ocupan las partes superiores.

- c) Dichos aspectos requieren ser evaluados mediante un estudio de estabilidad de taludes que servirá de base para la búsqueda de soluciones más convenientes por su practicabilidad, efectividad y costos.
- d) Los estudios y las posibles soluciones deben tener en consideración las particularidades del caso con relación a las dificultades y limitaciones que se presentan por la gran pendiente del terreno, las dificultades de acceso al sitio del problema.

En cuanto a la Villa de Residentes Chuani, el informe geológico – geotécnico de la ladera, tramo Km 246+659 al Km 247+400 (sector correspondiente a las instalaciones de la Hidroeléctrica San Gabán II), elaborado por INTERSUR CONCESIONES S.A. (2012), identifica posibles riesgos que pudiera afectar la carretera y las instalaciones de la EGESG S.A. y/o al Campamento Villa de Residentes Chuani.

### 3.0 ASPECTOS GENERALES

Políticamente el Cerro Michi Michi, Km 240+000 de la carretera Interoceánica (Foto 1) y la Villa de Residentes Chuani (instalaciones perteneciente a la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán), Fotos 2 y 3, se ubican en el distrito de Ollachea, provincia Carabaya, región Puno. Ver Figura 1.

Al este de las residencias (viviendas) de la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán II, se ubica la captación (Bocatoma) de aguas fluviales para la generación eléctrica de San Gabán. Foto 3.

El acceso desde Lima, se realiza por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Juliaca, luego se continúa por la vía de la Interoceánica Sur pasando por los pueblos de Macusani y Ollachea hasta llegar al Km 240. El tiempo de viaje desde Juliaca es aproximadamente 5 horas.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para el sector inspeccionado, la precipitación pluvial acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) es de 2000 a 2200 mm, y para el periodo de precipitación acumulado en el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998 fue de 800 a 1000 mm. Ver Figuras 2 y 3.

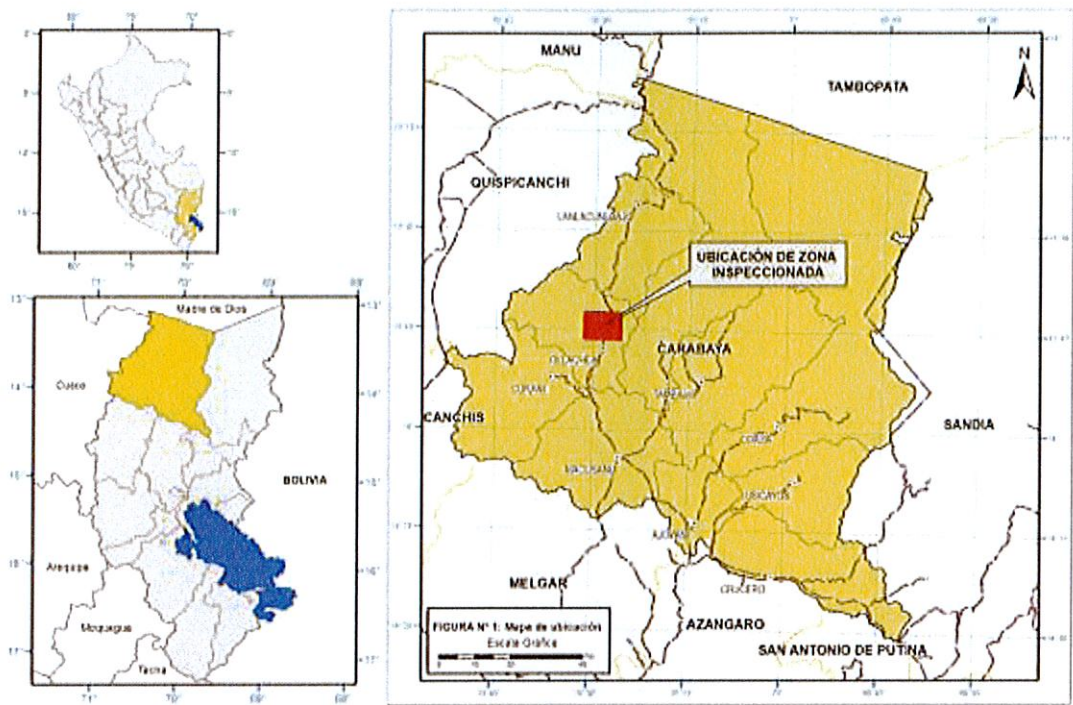


Figura 1. Ubicación.



Foto 1. Vista panorámica del cerro Michimichi.



**Foto 2.** Villa de Residentes Chuani. Obsérvese el estado de las laderas y el talud de corte.



**Foto 3.** Instalaciones de la Centra Hidroeléctrica San Gabán II.

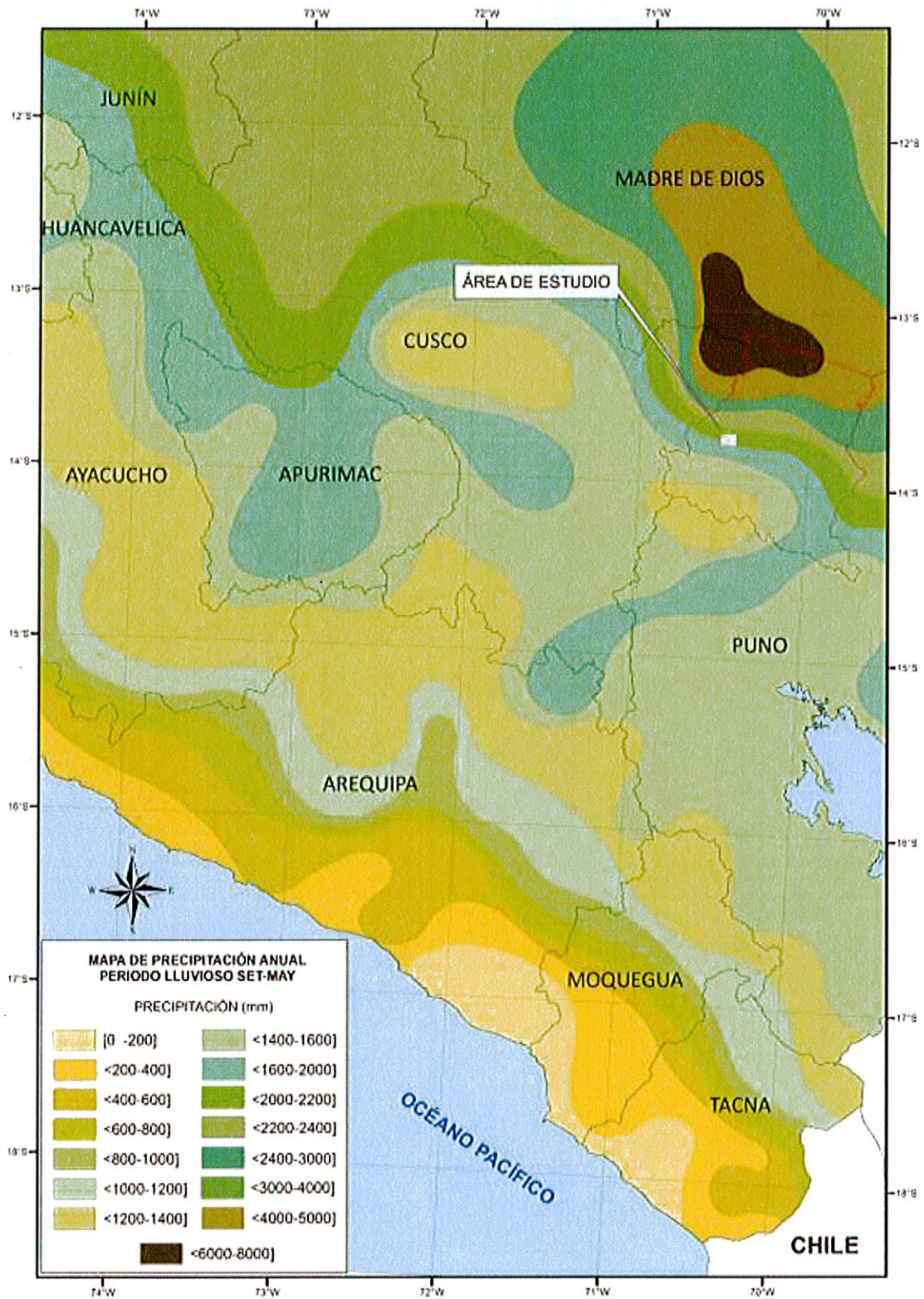


Figura 2. Precipitación acumulada durante el periodo lluvioso, setiembre a Mayo.

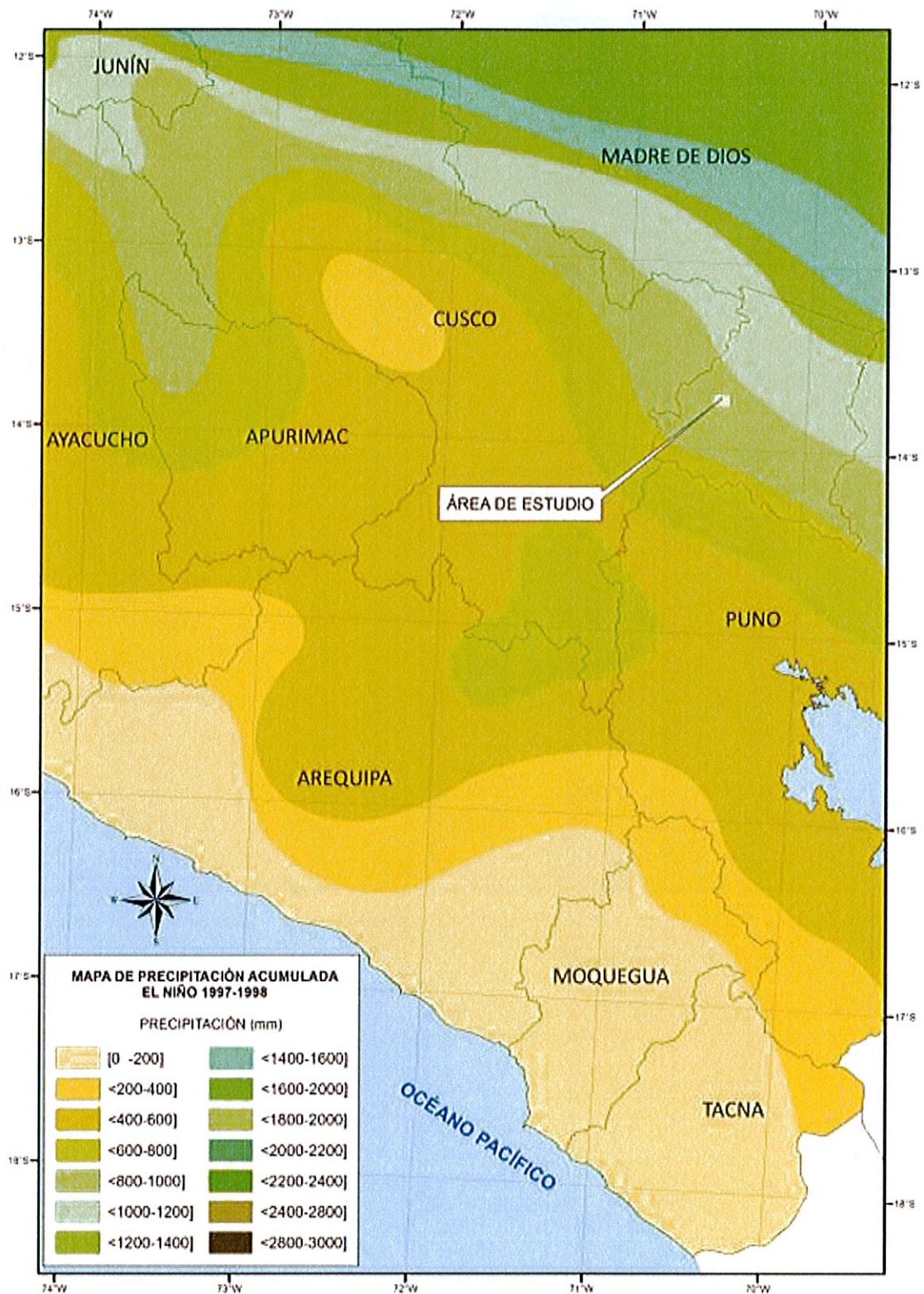


Figura 3. Precipitación acumulada durante El Niño de 1997 – 1998.



#### 4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En el contexto fisiográfico regional, la zona de evaluación, se localiza en la unidad denominada *Cordillera Oriental*, con altitudes que varían entre los 4600 msnm en la cima de montañas y 2400 msnm en la confluencia del río Ollachea con la quebrada Soropata, tributario de este por su margen derecha.

Las unidades geomorfológicas, locales identificadas en los sectores del Cerro Michi Michi, Km 240+250 de la carretera Interoceánica y la Villa de Residentes Chuani corresponden a relieves montañosos de roca metamórfica y Terrazas aluviales. Foto 4.

Las laderas de las montañas de la zona, han sido intensamente afectadas por proceso de movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes, avalanchas, erosión en cárcava entre otros. Así como también, las terrazas aluviales son afectadas por erosión fluvial durante las crecidas del río Ollachea.

La pendiente natural en la ladera del Cerro Michi Michi, margen izquierda del río Ollachea, lugar donde ocurrió varios derrumbes, varían de 35° a 50°, rango de pendientes consideradas como escarpada a muy escarpada. Figura 2. El talud de corte es de 70°. Es importante mencionar que en la zona de arranque del derrumbe la pendiente es de 40°.

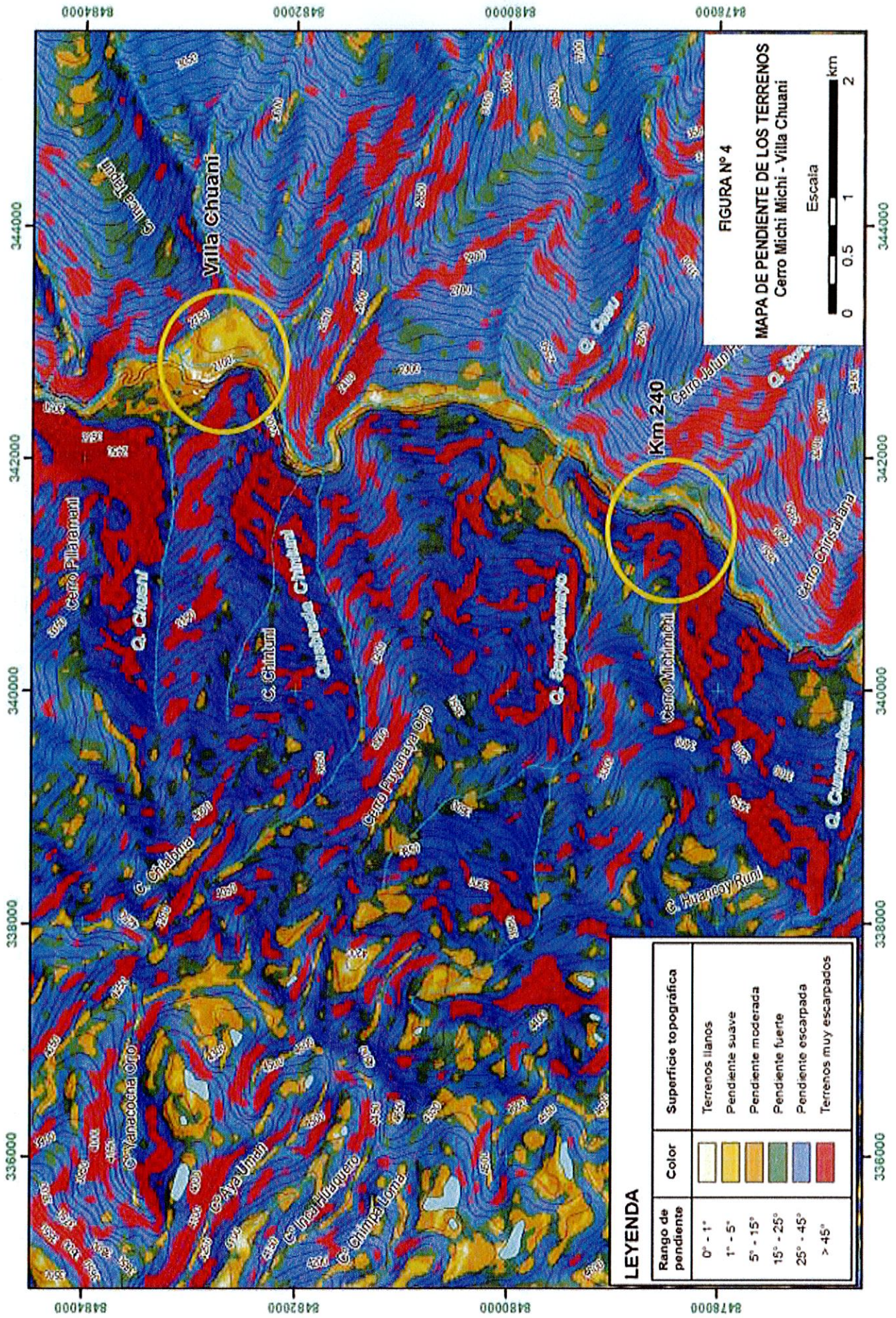
Según el modelo de pendiente de los terrenos elaborado para la zona de la Villa Residencial Chuani (Figura 4) varía pendiente escarpada a pendiente muy escarpada (entre 30° a 50°). Localmente se tienen pendientes (taludes de corte) hasta de 75°.



**Foto 4.** Unidades geomorfológica; (RM-rm) Relieve montañoso de roca metamórfica; (T) Terrazas aluviales.



**Foto 5.** La pendiente del terreno en las laderas del Cerro Michi Michi, varían entre 30° y 45°.



## 5.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para la descripción geológica de la zona, se ha considerado como base el estudio realizado por Chávez et al (1997) dentro del proyecto de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET (Figura N° 5); observaciones visuales hecha en campo y resultados del estudios Petrográfico y Mineragráfico realizada a una muestra de roca en los laboratorios del INGEMMET (ver Anexo I).

En la zona de evaluación se han cartografiado rocas metamórficas compuestas por intercalación de cuarcitas, metareniscas, lutitas, pizarras en estratos delgados a gruesos, con estratificación sesgada marks y láminas paralelas, rocas pertenecientes a la Formación Sandía. El macizo rocoso que aflora en la ladera del cerro Michi Michi se presenta muy fracturada, foliada, alterada, muy meteorizada, de resistencia media (25-50 Mpa); cubierto por vegetación típica de la zona (ver Foto 5); así como depósitos coluviales. Observándose sobre estos, bloques de roca de hasta 2 m de diámetro (Foto 6)

Las rocas de la Formación Sandía, en la zona inspeccionada, se encuentra afectada por plegamientos que dan lugar a anticlinales y sinclinales ligeramente inclinados hacia el SO; afecta a esta formación una esquistosidad de fractura, mayormente desarrollada en sus intervalos más finos dando lugar a pizarras. Todos estos factores disminuyen la calidad del macizo rocoso.

Según los resultados del estudio Petrográfico y Mineragráfico (Informe Técnico N° 16-2012-DL-LPM; Anexo I), la roca de macizo rocoso que aflora en la ladera del cerro Michi Michi, corresponde a una roca metamórfica de color gris oscura con textura foliada de esquistosidad media constituida por cristales de biotita, sulfuros y material pelítico. Presenta densidad alta y magnetismo incipiente. Además presenta textura porfidoblástica, constituida por blastos de estauroлита y andalucita, la matriz está constituida por cristales finos de cuarzo, micas, biotita, muscovita y minerales opacos. La roca también presenta minerales metálicos como Pirrotita, de formas anhedrales de tamaños menores a 0,35mm, se hallan reemplazadas por calcopirita y presenta esfalerita a modo de diseminación. La pirrotita ocurre como diseminación ganga; Pirita, cristales anhedrales de tamaños menores a 0,3mm, presentan porosidades rellenas por pirrotita y calcopirita. Se encuentran diseminadas en la ganga. Ilmenita, ocurren de formas subhedrales prismáticos y anhedrales de tamaño promedio a 0,2 mm diseminadas en la ganga; La ganga corresponde a la parte no metálica. La alteración de estos minerales baja la calidad del macizo.

Al noroeste de la zona inspeccionada, aflora roca intrusiva perteneciente al Plutón de San Gabán, esta compuesto por granito. Fragmentos de estas rocas han rodado por las laderas de los cerros cercanos al afloramiento. Como es el caso de los fragmentos de rocas que existe en el talud superior del km 247+000 de la carretera Interoceanica Sur, Villa Residencial Chuani.

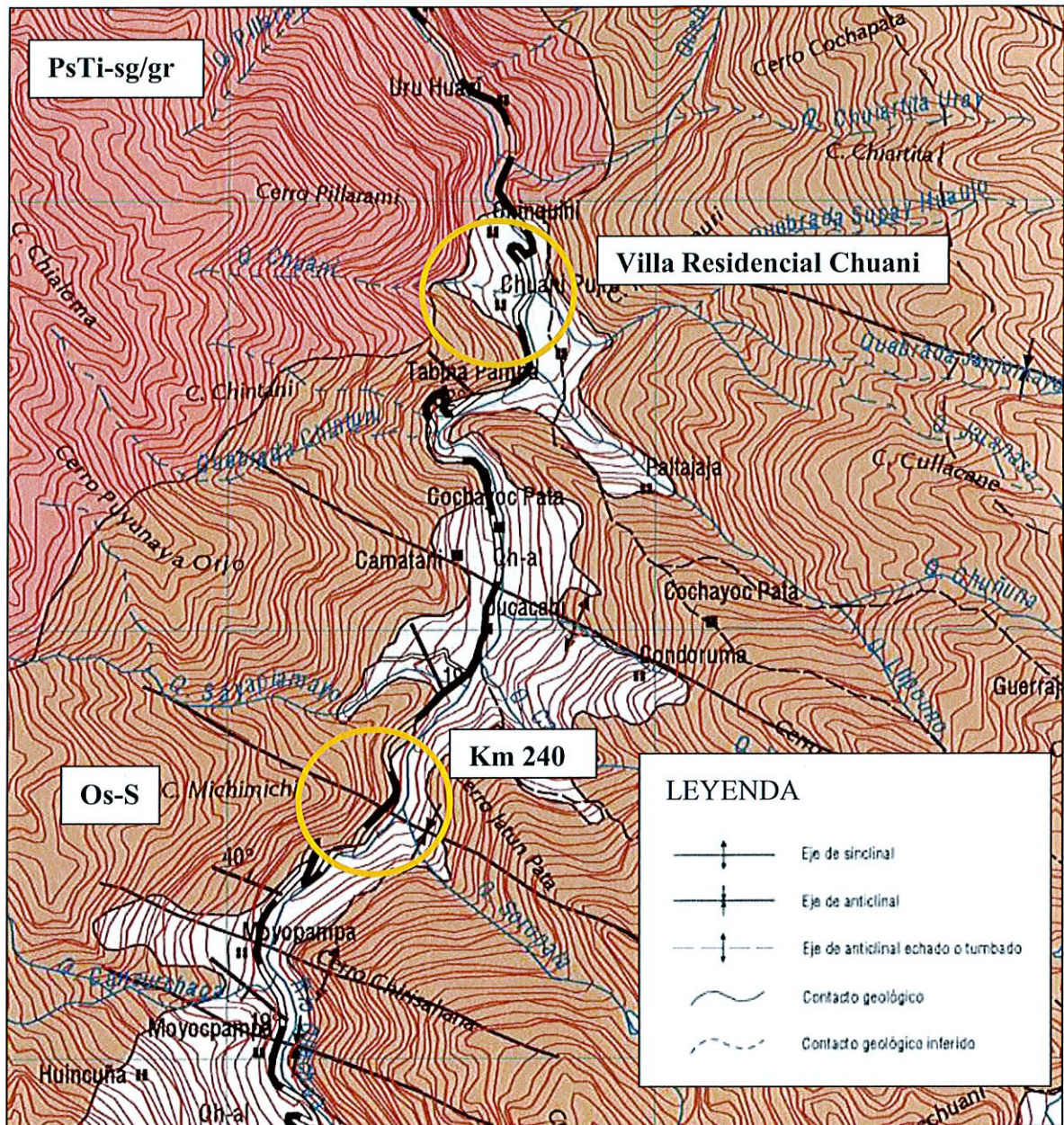
Litoestructuralmente las rocas del macizo corresponden a la clasificación de **roca anisotrópica**, susceptible a movimientos en masa que pueden colapsar (discontinuidades a favor de la pendiente). También son susceptibles al lavado superficial y procesos de erosión.



**Foto 5.** Macizos rocoso muy fracturado compuesta por pizarra moteada; presenta una pendiente muy fuerte ( $65^{\circ}$  a  $70^{\circ}$ ) en el talud de corte.



**Foto 6.** Bloques de roca hasta de 2 m de diámetro



**Figura 5.** Mapa geológico del cerro Michimichi – Villa Residencial Chuani. (PsTi-sg/gr) Plutón de San Gabán; (Os-S) Formación Sandia.  
Fuente: INGEMMET.

## 6.0 PELIGROS GEOLÓGICOS

### 6.1 CERRO MICHÍ MICHÍ: KM 240+000 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA SUR

La ladera del Cerro Michi Michi ha sido afectada por movimientos en masa de tipo derrumbes y desprendimientos de rocas de rocas. Ver Fotos 7 al 10, y Figura 6

La zona de arranque del derrumbe esta ubicada en la parte intermedia del cerro Michi Michi, afecta rocas de estructura masiva, muy fracturadas, foliadas y alteradas, formando bloques pequeños a medios. Cubierto por depósitos coluviales (gravas, arenas y bloques de rocas), ver Fotos 7 y 8. La rotura del macizo, se debe al arreglo estructural y a la pendiente de la ladera; detonado por intensas precipitaciones pluviales. La longitud inicial del arranque es de 20 m con una altura de 320 m al fondo de valle.

El derrumbe afectó aproximadamente 350 m de la Carretera Interoceánica Sur y llegó hasta el cauce del río Ollachea. Fotos 9 y 10. Los materiales del depósito de derrumbe están compuestos principalmente por bloque de roca metamórfica del tipo pizarra moteada, con diámetros de hasta 9 m, ver Foto 11.

En la parte superior de la zona de arranque del derrumbe, existen agrietamientos paralelos a la escarpa del derrumbe que miden en algunos casos aproximadamente 20 m de largo. Los agrietamientos se están produciendo en depósitos coluviales y comprometen el macizo rocoso. Por lo expuesto la zona es de ALTO RIESGO.

CAUSAS DEL MOVIMIENTO: De acuerdo a las observaciones efectuadas, las causas del movimiento en masa son:

- Pendiente pronunciada de ladera (70°).
- Material de remoción antiguos inconsolidados y susceptibles a movimientos en masa.
- Macizo rocoso muy fracturadas, diaclasadas, foliadas y alteradas
- Deforestación de laderas

"Detonados" por:

- Precipitaciones pluviales prolongadas, típicos de la zona.
- Cambios en la geometría original de la ladera (construcción de la carretera)

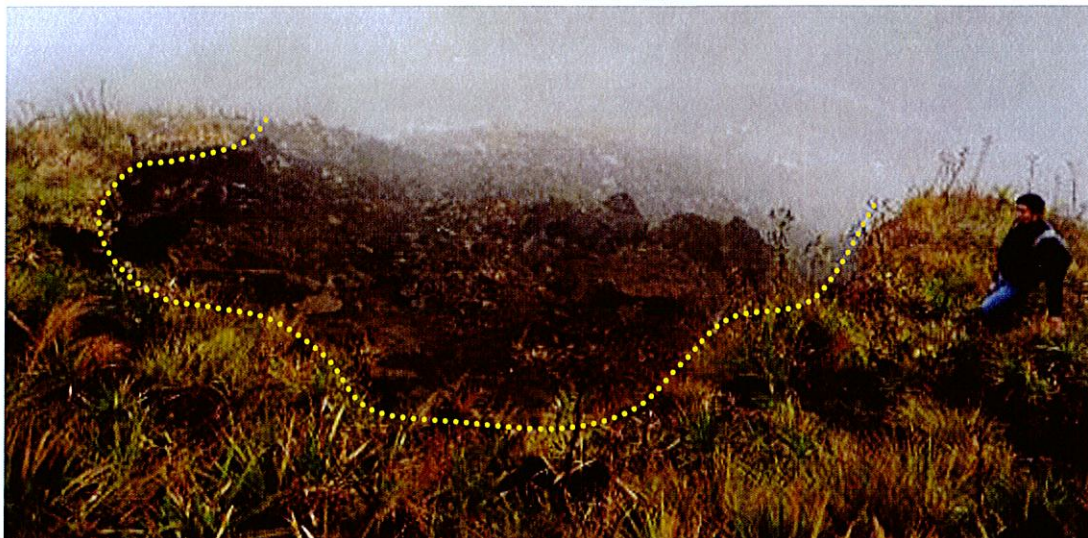


Foto N° 7. Zona de arranque, vista pendiente abajo.

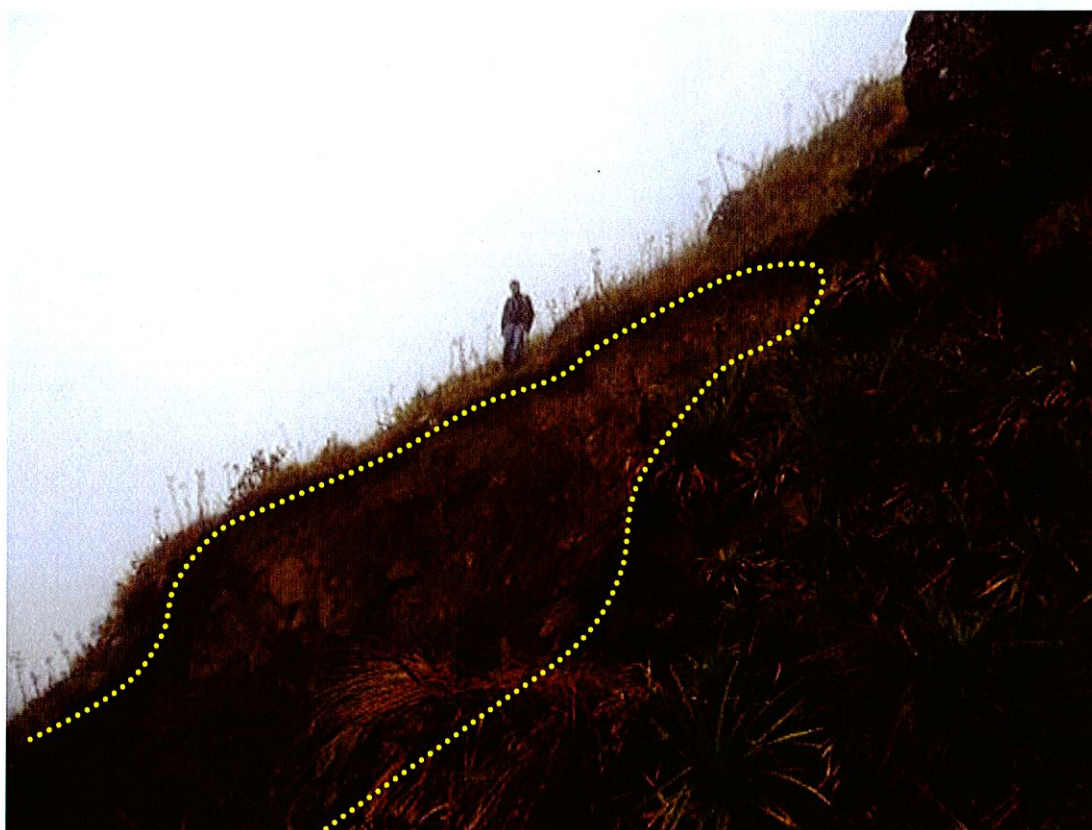


Foto N° 8. Zona de arranque, vista de perfil.





**Foto 09.** Ladera del cerro Michi Michi; Km 240+250 de la Carretera Interoceánica, antes del derrumbe. Obsérvese las grietas de coronación y los grandes bloques al pie



**Foto 10.** Ladera del cerro Michi Michi; Km 240+250 de la Carretera Interoceánica, después del derrumbe.



**Foto 11.** Material del derrumbe, compuesto por bloques de roca metamórfica moteada.

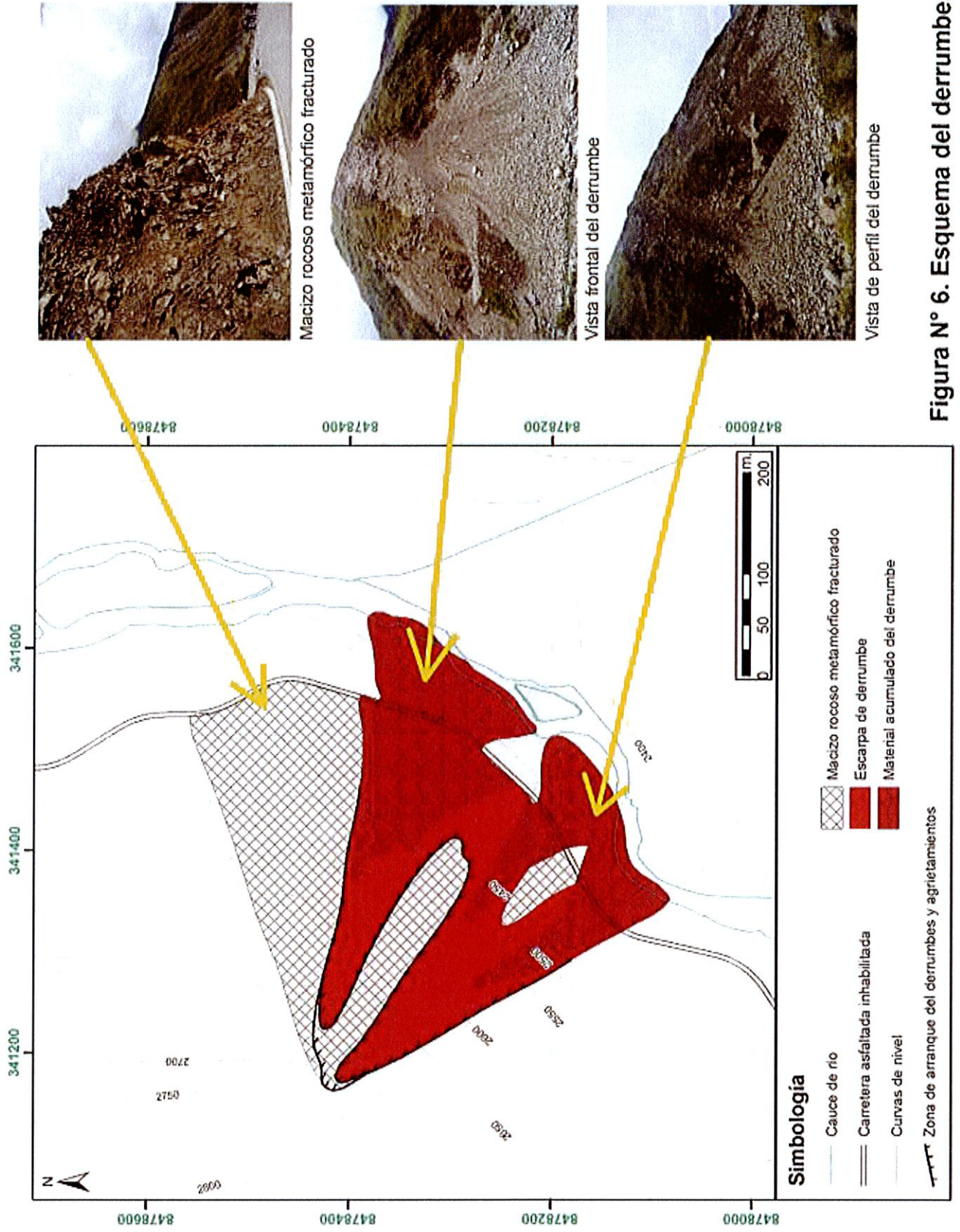


Figura N° 6. Esquema del derrumbe.

## 6.2 VILLA DE RESIDENTES CHUANI

Considerando como base el Informe Geológico – Geotécnico de Ladera sobre instalaciones de la Hidroeléctrica San Gabán II, Km 246+659 a Km 247+400, elaborado por INTERSUR CONCESIONES S.A. (2012), la descripción de peligros geológicos se realiza en 2 tramos:

Km 246+950 a Km 247+100: Los taludes están formados por rocas del tipo granito (perteneciente a la Formación San Gabán (PsT-sg/gr), de color gris, grano grueso; fracturadas, meteorización moderada, alteradas, de resistencia media a dura (25-100 Mpa). Localmente es posible la generación de fallas planares y por volteo, sin embargo no presentan problemas de estabilidad global.

En el talud inmediato superior de la carretera (Km 247 aproximadamente), por encima de la Central Hidroeléctrica San Gabán II, existe un bloque de roca, que podría caer y afectar a los usuarios de la Carretera Interoceánica Sur y las instalaciones de la Hidroeléctrica San Gabán II. Foto 12

Km 247+100 a 247+400: En el segundo tramo, el material del talud corresponde principalmente a suelos coluviales de color marrón claro con matriz limo arenosa que aglutina pequeños y grandes bloques de roca (Foto 13). En la temporada de lluvias 2011 y 2012, debido a las fuertes precipitaciones que se registraron en el área, se produjo un deslizamiento en material coluvial debido a la saturación de los suelos. El deslizamiento no fue de gran magnitud y es relativamente superficial.

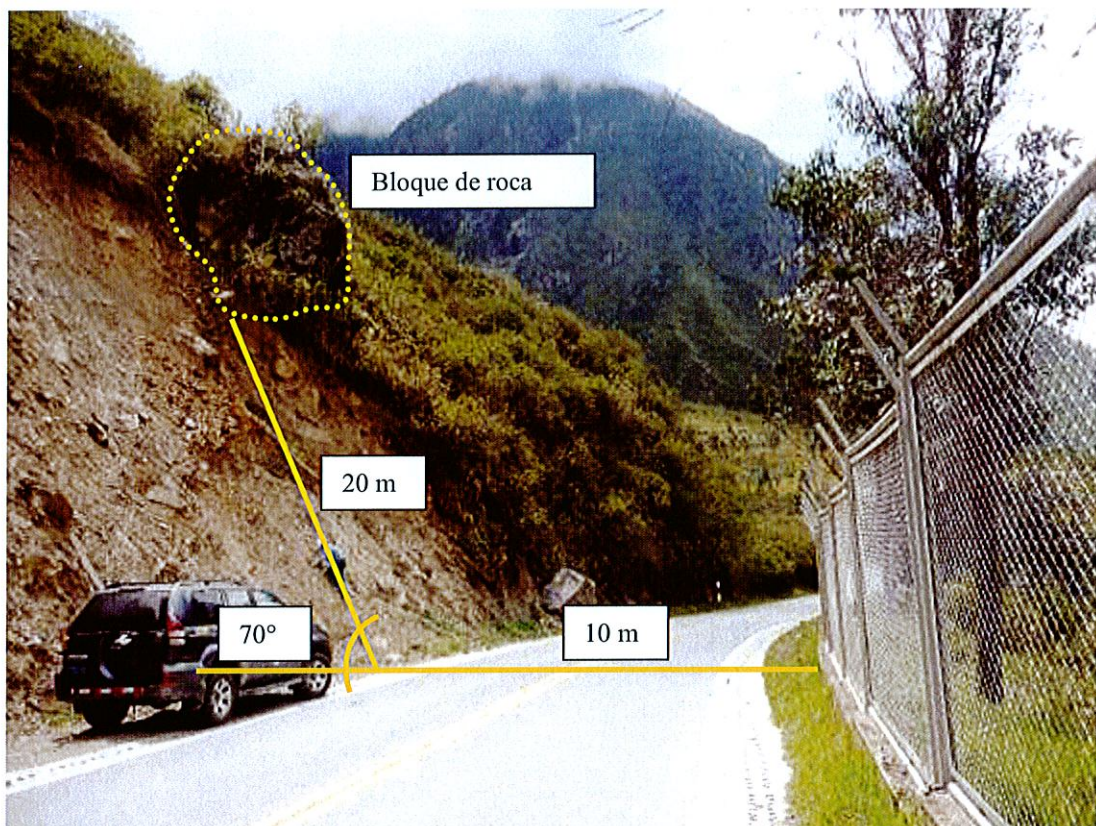


Foto N° 12. Boque de roca suelta en talud superior de carretera

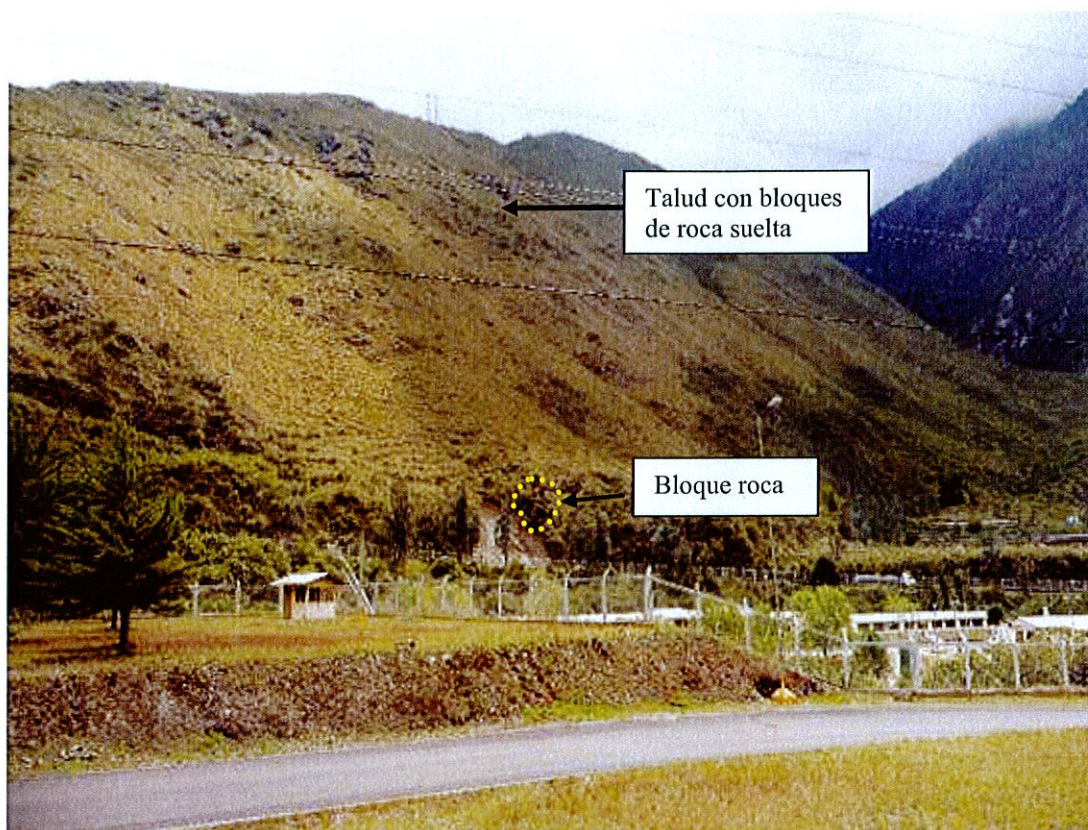


Foto N° 13. Bloques de rocas sueltas se observa en talud superior de carretera Interoceánica Sur y Villa de Residencial Chuani;

### 6.3 PELIGRO SÍSMICO

Según el mapa de zonificación sísmica para el Perú elaborado por el Instituto Geofísico del Perú (1999), y aprobado por Resolución Ministerial N° 079-2003-VIVIENDA del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento que actualmente es utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica (Norma Técnica de Edificaciones E.030), los sectores del Cerro Michi Michi y Villa de Residentes Chuani se ubica en zona de sismicidad Media o Zona 2.

Además, en la reciente versión del mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en Perú, preparado por la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI y Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID, como parte del proyecto SISRA, para el área de estudio muestran una intensidad máxima de VI grados en la Escala Modificada de Mercalli (Alva y Meneses, 1984). Ver Figura 8.

Según el análisis de peligro sísmico de los sectores: cerro Michi Michi y Villa de Residentes Chuani, realizado por INGEMMET, las aceleraciones máximas esperadas para un período de retorno de 50 años y con probabilidad de un 10% de excedencia es de 230 gals, según OJEDA et al (2001), éste valor es considerando dentro de la categoría de **moderada sismicidad** (grado de amenaza sísmica). Ver Figura 9.

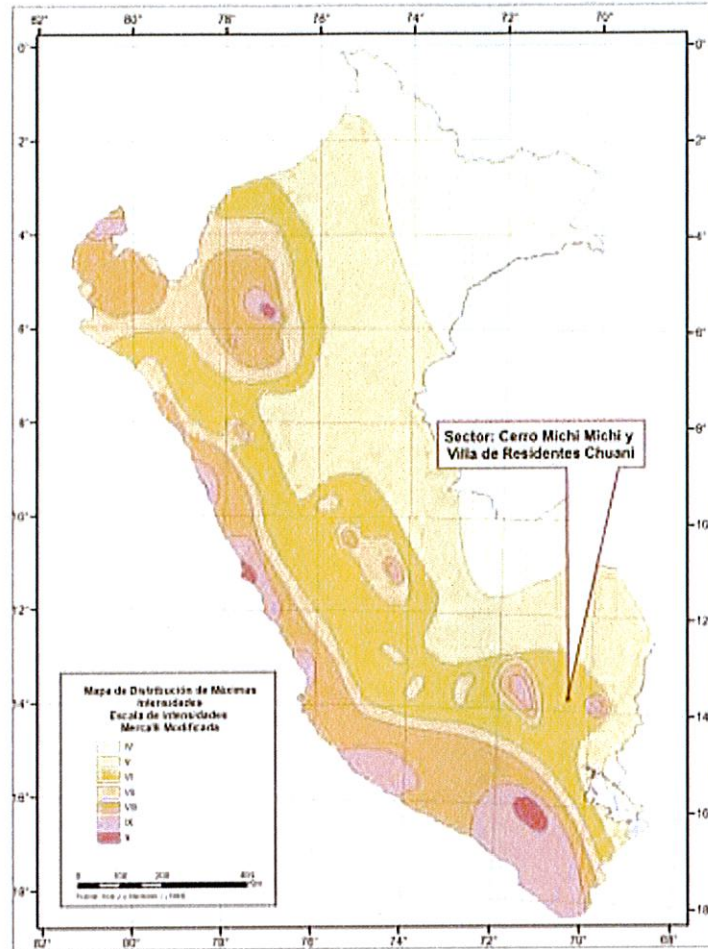


Figura 8. Mapas de distribución de máximas intensidades sísmicas.

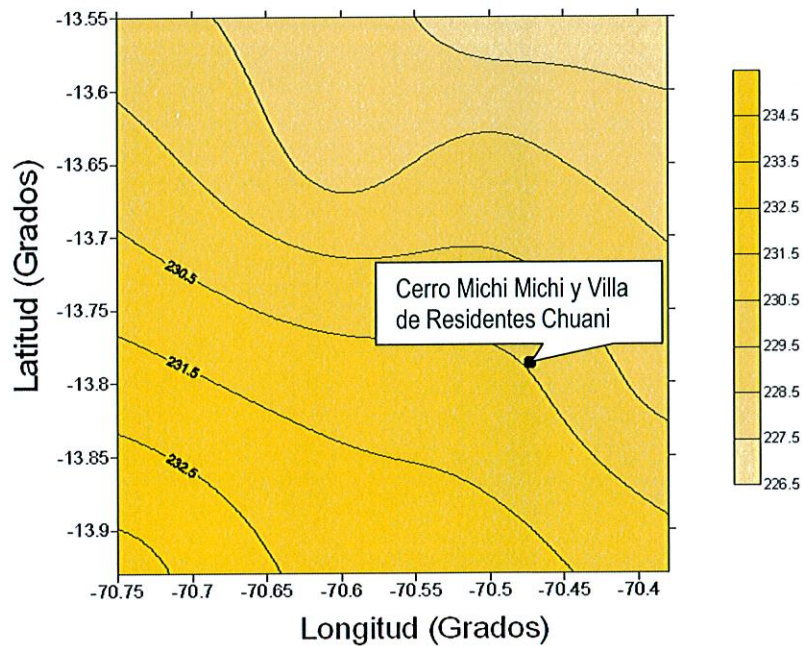


Figura 9. Distribución de Isoaceleraciones (Gals) para un 10% de excedencia en 50 años. Moderada sismicidad (aceleraciones 210 a 250 gals).

## 7.0 SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

Según el Mapa de Peligros Múltiples (Figura 10) elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET (2003), el área inspeccionada corresponde a una zona de Alto Peligro. Esto significa que son áreas donde se conjugan numerosos peligros geológicos, principalmente flujos de detritos, flujos de barro (huaycos), caídas de rocas, derrumbes, vuelcos de rocas, así como deslizamientos.

De acuerdo factores condicionantes como son: substrato rocoso de mala calidad, rocas muy fracturadas, pendiente pronunciada de la ladera, materiales de movimientos en masa antiguos y deforestación, el área es propensa a la ocurrencia de nuevo procesos de movimientos en masa, detonados principalmente por intensas precipitaciones pluviales.

Considerando la actividad antrópica como: modificaciones realizadas en las laderas (construcción de carreteras y obras de infraestructura), ubicación y distribución de viviendas, la vulnerabilidad y por consiguiente el riesgo aumentan. Se debe tener en cuenta todos estos factores, para modificar y/o alterar el medio físico (laderas).

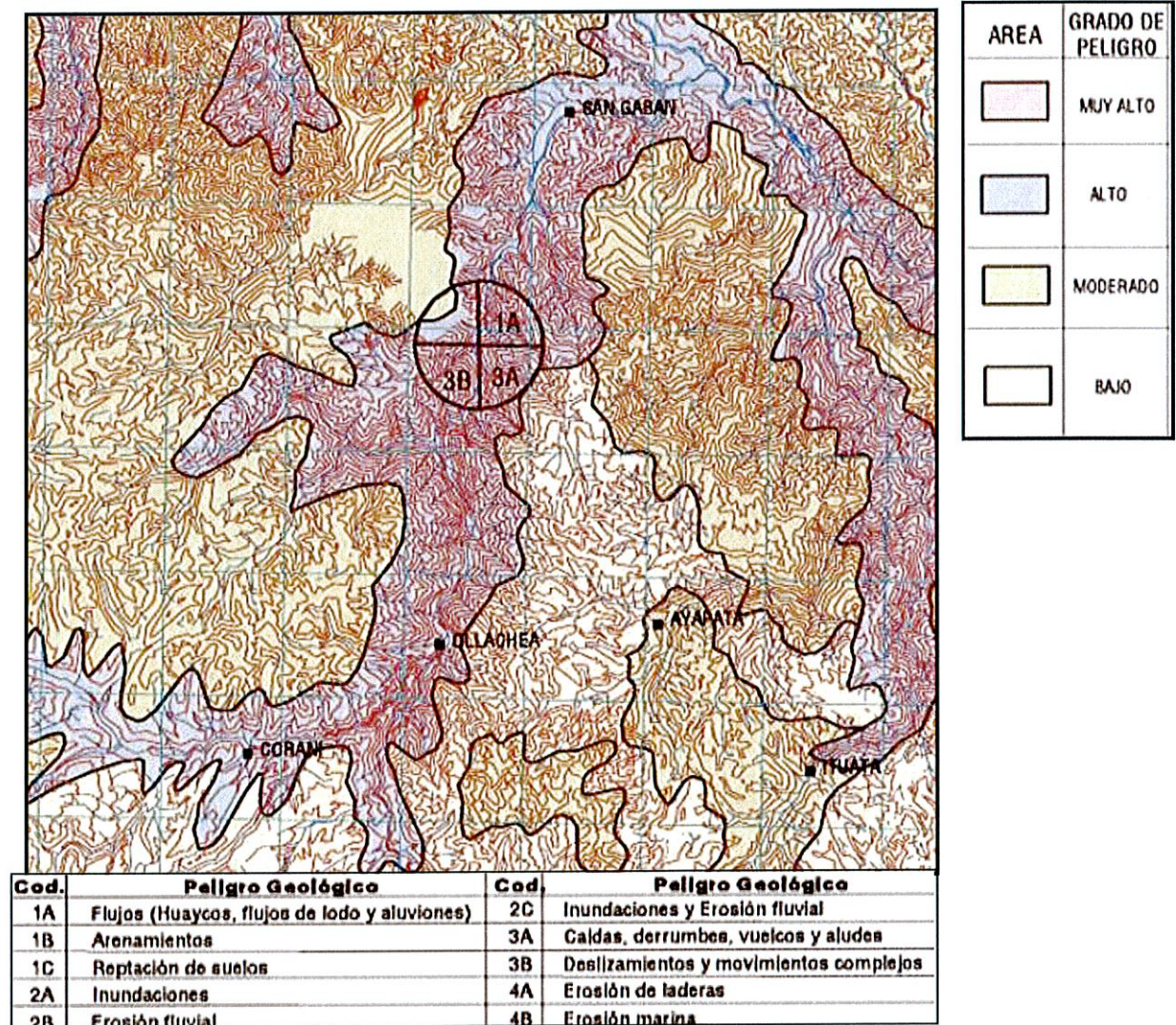


Figura 10: Peligros geológicos múltiples. Fuente: INGEMMET, 2003.

## 8.0 CONCLUSIONES

### Cerro Michi michi

1. Las causas de los continuos movimientos en masa del tipo *derrumbes*, que ocurren en las ladera del cerro Michi Michi se pudo inferir los siguientes factores: macizo rocoso muy fracturado, diaclasados, foliados, muy meteorizado y alterado; pendiente pronunciada de ladera ( $70^\circ$ ), material de remoción antiguos inconsolidados y susceptibles a movimientos en masa, deforestación de laderas. "Detonados" por precipitaciones pluviales prolongadas y/o cambios en la geometría original de la ladera (construcción de carreteras).
2. Por las características geológicas e ingeniero geológicas observadas en la ladera del cerro Michi Michi, el peligro a la ocurrencia de nuevos derrumbes es muy alta y podría represar el cauce del río Ollachea, posteriormente este represamiento puede romperse, produciéndose *flujo de detritos* que podría afectar las instalaciones de la Hidroeléctrica de San Gabán. Constituyendo esta zona como de ALTO RIESGO o en peligro inminente.

### Villa de Residentes Chuani

3. Los taludes están formados por rocas de tipo granito, fracturadas, de meteorización moderada, alteradas, de resistencia media a dura (25-100 Mpa); cubierto, por sectores, con depósitos coluviales superficiales, destacando la presencia de bloques de roca superficiales. Localmente es posible la generación de fallas planares y por volteo, así como deslizamientos del material suelto. No se aprecia problemas de estabilidad global.
4. En el Km 247+000 aproximadamente, por encima de la Central Hidroeléctrica San Gabán II, existe un bloque de roca, que podría caer y afectar a los usuarios de la Carretera Interoceánica Sur y las instalaciones de la Hidroeléctrica San Gabán II.



## 9.0 RECOMENDACIONES

### Cerro Michi Michi:

Los sistemas de estabilización se clasifican en cinco categorías: 1) métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas, 2) métodos de recubrimiento superficial del talud, 3) métodos de control de agua y presión de poros; y 4) métodos de estructuras de contención. Por las dimensiones del derrumbe, los métodos de estabilización en este sector, se limitan a las categorías 1) y al 3).

Si se optan por la categoría de estabilización 1) que incluye, remoción de materiales de la cabecera del talud, abatimiento de la pendiente (no viable económicamente por la gran altura del talud), y el terraceo de la pendiente; tendremos problemas por la remoción de grandes masas rocosas, lo que elevaría los costos de estabilización.

Dado que uno de los detonantes principales para la activación de este derrumbe, son las intensas precipitaciones pluviales, se puede recomendar la construcción de drenes de coronación en la parte superior del talud, arriba de la zona de arranque.

Teniendo en cuenta, las dimensiones del derrumbe y lo presentado líneas arriba, se recomienda lo siguiente:

1. Monitorear el desplazamiento de material rocoso fracturado existente en la ladera del cerro Michi Michi.
2. Elaborar un plan de contingencia ante posible represamiento del río San Gabán por derrumbe de ladera del cerro Michi Michi.
3. En lo posible, construir drenes de coronación sobre la cabecera del derrumbe.

### Sector Villa de Residentes Chuani

4. Por medida de seguridad de los usuarios de la carretera Interoceánica Sur y el personal que habita en las viviendas de la Villa de Residentes Chuani, la roca ubicada en el Km 247+000 debe ser removida cuidando la estabilidad de la ladera del cerro.
5. De la misma manera, inventariar las rocas sueltas en la ladera que comprometan a las instalaciones de la central hidroeléctrica, para luego proceder a su remoción.
6. Para proteger de la erosión, la ladera, luego de retirar la roca debe ser reforestar con plantas nativas.
7. Para el control de caídas de bloques de roca, existe una variedad de barreras de protección y sus características y dimensiones dependen de la energía de los bloques a caer. Las barreras pueden ser de roca, tierra armada, muros de concreto, pilotes, gaviones, bloques de concreto o cercas. Utilizar uno de estos sistemas para cambiar la malla metálica que protege la villa de residentes de los bloques que puedan caer del cerro Chialoma. Ver Anexo 2

Se recomienda que todas las recomendaciones planteadas se implementen coordinadamente y ejecutadas por especialistas.

## BIBLIOGRAFÍA

ALVA HURTADO J. E., MENESES J. Y GUZMÁN V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.

CHAVEZ, A.; SALAS, G.; GUTIERREZ, E.; CUADROS, P. (1983) Geología de los cuadrángulos de Corani y Ayapata. Boletín de INGEMMET, n 90, Serie A: Carta Geológica Nacional.

GONZALES DE VALLEJO, L.; FERRER, M. & OTEO, C. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación. 744 p

INTERSUR CONCESIONES S.A. (2012) Informe Geológico – Geotécnico de Ladera sobre instalaciones de la Hidroeléctrica San Gaban II, Km 246+659 a Km 247+400.

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2003) Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 3. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 28, 373 p.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL - INDECI (2003) Atlas de Peligros Naturales del Perú.

MEDINA, J. (2012) INFORME N° 078-2012-SRH: Inspección de la Estabilidad del Talud en la Ladera del cerro Michi Michi Prog. 240. Empresa de Generación Eléctrica San gaban S. A.

PMA:GCA – Proyecto Multinacional Andino : Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Multinacional N°4, 432p.

SUAREZ, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. UIS. Bucaramanga, Colombia. 548p

# ANEXO 1



## INTRODUCCIÓN

A solicitud del Ing. Lucio Medina Alicca se realizó 1 Estudio Petrográfico y 1 Estudio Minerográfico y 2 fotomicrografías según Solicitud N° 047-2011-INGEMMET/DGAR.

El Estudio Petrográfico consta de una descripción macroscópica y una descripción microscópica.


La descripción macroscópica consiste en la identificación de minerales constituyentes de la roca mediante pruebas físicas como color, forma, dureza, etc. y pruebas químicas: reacción con ácido clorhídrico al 10%. Asimismo determinar rasgos texturales y estructurales de la roca y la presencia de venas y/o cavidades.

El objetivo de la descripción microscópica es la determinación y descripción de los minerales constituyentes de la roca, asociaciones, aspectos texturales, porcentajes cualitativos, alteraciones y clasificación de la roca.

El Estudio Minerográfico consta de una descripción macroscópica y una descripción microscópica.

La descripción macroscópica consiste en la identificación macroscópica de los minerales presentes en la roca realizando pruebas físicas como color, forma, estructura, textura, granularidad, magnetismo, fluorescencia, etc y/o pruebas químicas con la utilización de ácidos.

El objetivo de la descripción microscópica consiste en la identificación de minerales presentes, rasgos morfológicos, tamaños, su modo de ocurrencia, asociaciones entre ellos, reemplazamientos, texturas y porcentajes. Asimismo se realiza una secuencia de formación probable de los mismos.

	<b>FORMATO</b>	Código : DL-F-158 Versión : 00 Aprobado por DL Fecha aprob.: <b>17 NOV. 2010</b>
	<b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>	Página : 1 de 3

SOLICITADO POR : ING. LUCIO MEDINA ALLCCA

Nº DE MUESTRA ORIGINAL: GZA1-12-01	REFERENCIA	
CÓDIGO DE LABORATORIO: 10101201	OT Nº	SOLICITUD Nº 047-2012-INGEMMET/DGAR
COORDENADAS: N 8478382 E 341551		

ESTUDIO REALIZADO POR: MIGUEL CHUMBE SALAZAR      FECHA: OCTUBRE 2012

CLASIFICACIÓN DE LA ROCA      PIZARRA MOTEADA

**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca metamórfica de color gris oscura con textura foliada de esquistosidad media constituida por cristales de biotita, sulfuros y material pelítico. Presenta densidad alta y magnetismo incipiente.

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**


Roca metamórfica de textura porfidoblástica constituida por blastos de estauroilita y andalucita la matriz está constituida por cristales finos de cuarzo, micas, biotita, muscovita y minerales opacos.

**Estauroilita**, se presentan como blastos de formas subhedrales con macla en cruz, algunos con textura poiquiloblástica dada por inclusiones de biotita. Los blastos se encuentran rodeados por micas, biotita y cuarzo en forma de corona, con tamaños menores a 4,00mm.

**Cordillerita**, las encontramos como blastos subhedrales y macla ciclica con tamaños menores a 4,00 mm, presenta textura poiquiloblástica por inclusiones de biotita, cuarzo y minerales opacos, también se encuentran rodeados por cuarzo, biotita y muscovita.

**Andalucita (Quilastolita)**, se presenta como blastos de formas subhedrales a euhedrales y textura poiquiloblástica dada por inclusiones de biotita, tiene tamaños menores a 4,5 mm, algunos se encuentran parcialmente reemplazados por cuarzo.

**Biotita**, en cristales de formas subhedrales algunos presentan bordes redondeados con inclusiones de minerales opacos, son de tamaños menores a 1,20 mm, se encuentran diseminados en la matriz así como en los bordes de algunos blastos. También se observa alguno de estos alterados por óxidos de hierro.

	<b>FORMATO</b>	Código : DL-F-156 Versión : 00 Aprobado por: DL Fecha aprob.: <b>17 NOV. 2010</b> Página : 2 de 3
	<b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>	

**Cuarzo**, se encuentran como cristales anhedrales y subhedrales con tamaños menores a 0,10mm, se presenta tanto en la matriz como en los bordes de algunos blastos, estos últimos de mayor tamaños en promedio 0,15 mm.

**Muscovita**, de formas subhedrales a euhedrales los encontramos principalmente como parte de la textura de corona en algunos blastos de estaurilita, con tamaños menores a 0,80 mm, asociado con las cloritas y cuarzo.

**Minerales opacos**, se presentan con formas subhedrales y anhedrales se encuentran como diseminados en la matriz, blastos y como reemplazamiento de algunas biotita, con tamaños entre 0,30 a 0,35 mm.

**Flogopita**, con formas subhedrales y euhedrales con tamaños menores a 1,00 mm, algunos están alterados por biotita.


**Matriz**, de textura microgranoblástica constituida por microcristales de cuarzo y feldespatos así mismo presenta sericita, muscovita, biotita, minerales opacos y materia orgánica.

TEXTURA	Porfidoblastica. poiquiloblástica
---------	-----------------------------------

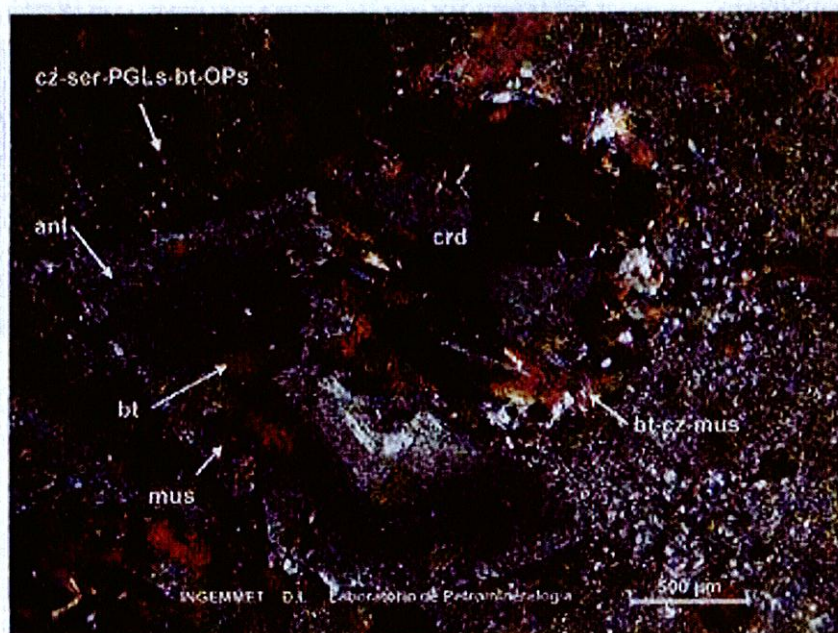
MINERALOGÍA				
ESENCIALES	%	ACCESORIOS	%	SECUNDARIOS
Cuarzo	50	Biotita	7	Óxidos de hierro
Andalucita	10	Sericita	7	
		Cordillerita	6	
		Minerales opacos	6	
		Plagioclasas	5	
		Estaurilita	4	
		Materia orgánica	2	
		Muscovita	2	
		Flogopita	1	
		Óxidos de hierro		Traza

<b>ALTERACIONES</b>
Oxidación incipiente.


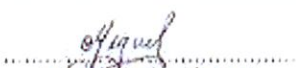
<b>OBSERVACIONES</b>
Sin observaciones.


	<b>FORMATO</b>	Código : DL. F-159 Versión : 00 Aprobado por: DL Fecha aprob.: <b>17 NOV. 2010</b>
	<b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>	Página : 3 de 3

FOTOMICROGRAFÍA/S



Muestra N°: GZA1-12-01 Código de Laboratorio: 10101201 NX  
 Blastos de cordierita (crd) y andalucita (anl) con inclusiones de biotita (bt) y muscovita (mus), rodados por cristales de biotita, cuarzo y muscovita (bt-cz-mus), cristales de biotita (bt) sobre una matriz constituida por cuarzo, sericita, plagioclasas, biotita y minerales opacos (cz-ser-PGLs-bt-OPs).

VºBº DIRECTOR DE LABORATORIOS	FIRMA
	 Miguel Chumbe Salazar Laboratorio de Petrografía INGEMMET

	<b>FORMATO</b>	Código : DL-F-157 Versión : 00 Aprobado por: DL Fecha aprob.: <b>17 NOV. 2010</b>
	<b>ESTUDIO MINERAGRÁFICO</b>	Página : 1 de 3

SOLICITADO POR : ING. LUCIO MEDINA ALLCCA

Nº DE MUESTRA ORIGINAL: GZA1-12-01	REFERENCIA	
CÓDIGO DE LABORATORIO: 10101201	OT Nº	SOLICITUD Nº 047-2012-INGEMMET/DGAR
COORDENADAS: N 8478382 E 341551		

ESTUDIO REALIZADO POR: ANA CONDORHUAMAN S.      FECHA: OCTUBRE 2012

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Revisar el estudio petrográfico.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Pirrotita, de formas anhedrales de tamaños menores a 0,35mm, se hallan reemplazadas por calcopirita y presenta esfalerita a modo de diseminación. La pirrotita ocurre como diseminación ganga.

Pirita, cristales anhedrales de tamaños menores a 0,3mm, presentan porosidades rellenadas por pirrotita y calcopirita. Se encuentran diseminadas en la ganga.

Ilmenita, ocurren de formas subhedrales prismáticos y anhedrales de tamaño promedio a 0,2mm diseminadas en la ganga.

La ganga corresponde a la parte no metálica.


MINERALOGÍA

PORCENTAJE APROXIMADO	%
Ilmenita	3
Pirrotita	2
Pirita	1
Calcopirita	Trazas
Esfalerita	Trazas
Ganga	94

SECUENCIA DE FORMACIÓN PROBABLE

Ilmenita  
 Pirita  
 Pirrotita  
 Calcopirita  
 Esfalerita




	<b>FORMATO</b>	Código : DL-F-157 Versión : 00 Aprobado por: DL Fecha aprob.: <b>17 NOV. 2010</b>
	<b>ESTUDIO MINERAGRÁFICO</b>	Página : 2 de 3

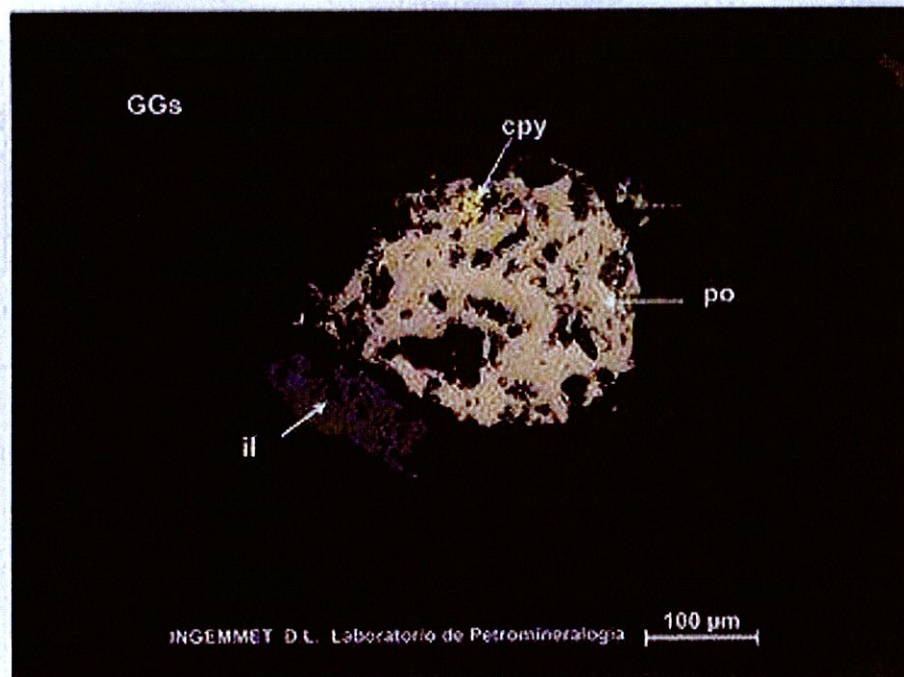
<b>TEXTURA</b>	Diseminado y de reemplazamiento
----------------	---------------------------------

<b>ALTERACIONES</b>	
Sin alteraciones	



<b>OBSERVACIONES</b>	
Sin observaciones	

	<b>FORMATO</b>	Código : DL-F-157 Versión : 00 Aprobado por: DL Fecha aprob.: <b>17 NOV. 2010</b>
	<b>ESTUDIO MINERAGRÁFICO</b>	Página : 3 de 3

FOTOMICROGRAFÍAS



MUESTRA N°: GZA1-12-01 Código Laboratorio 10101201 Luz natural  
 Grancs de pirrotita (po) siendo reemplazados por calcopirita (cpy), ilmenita (il) y gangas (GGs)

VºBº DIRECTOR DE LABORATORIOS	FIRMA
	 Ana Luz Condorhuaman Suarez Laboratorio de Petromineralogía INGEMMET

# ANEXO 2

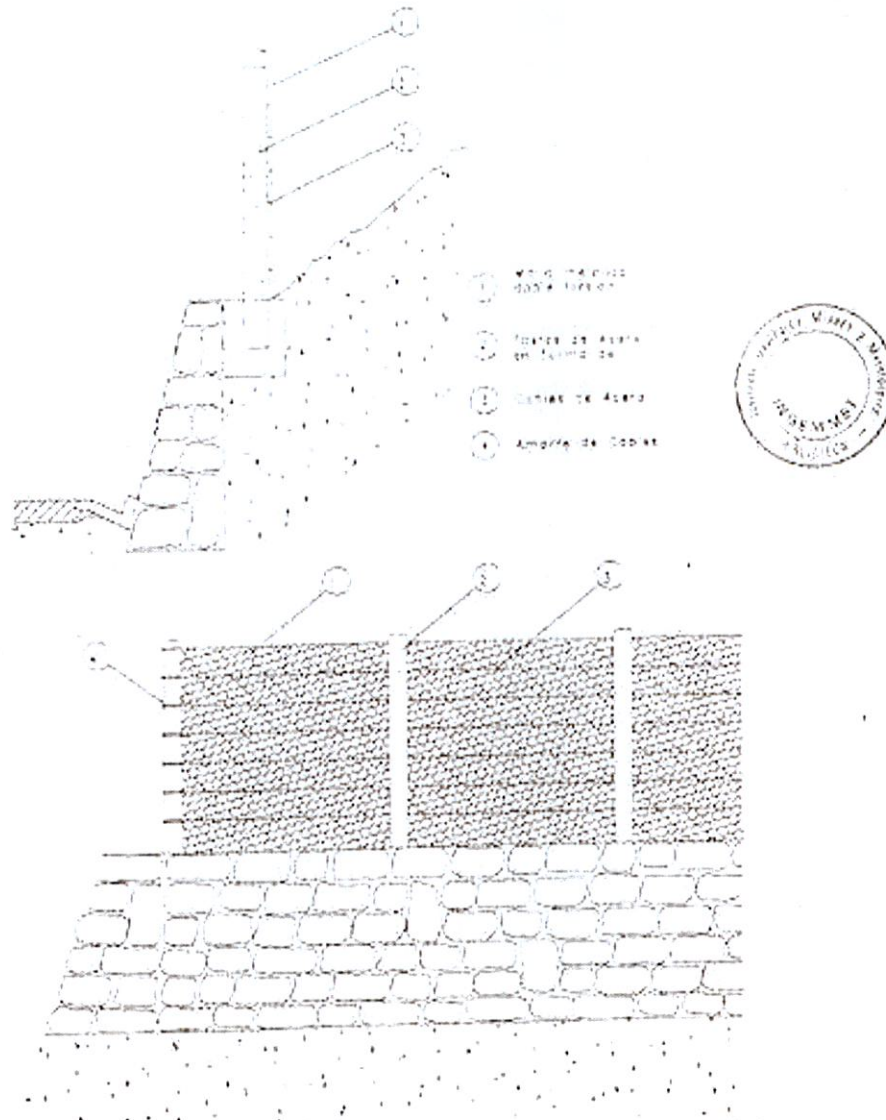


Figura Sistema de barrera metálica con cables de acero, para control de caídas de bloques de roca - Cajones Maccaferri

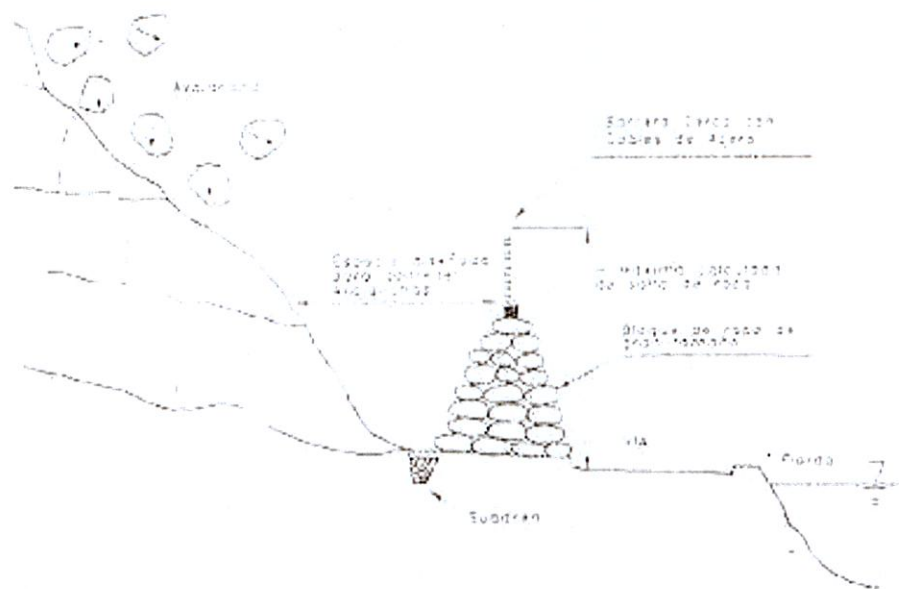


Figura 13.5 Barreras en roca para control de avalanchas utilizadas en Noruega

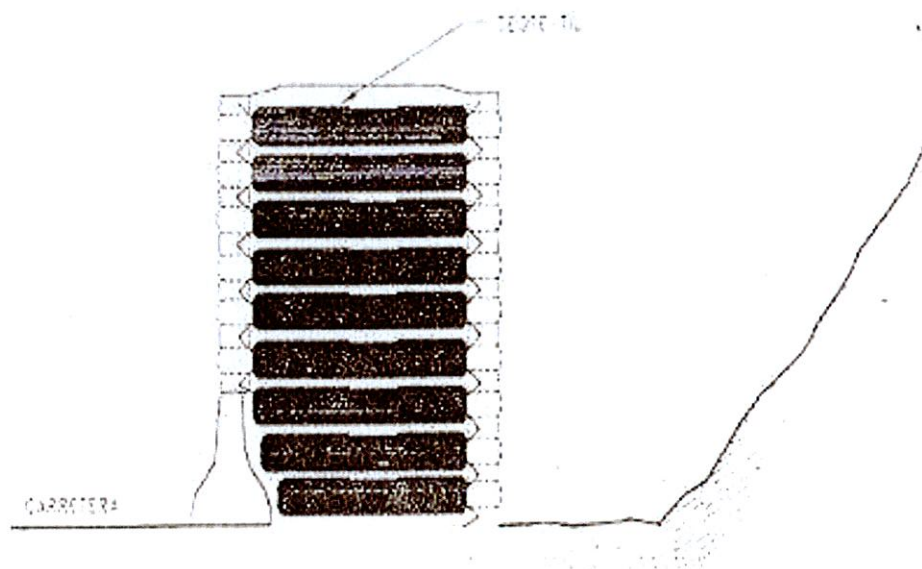


Figura 13.6 Barreras de tierra armada (con geotextil) para protección contra caídas y avalanchas.