



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Informe técnico:

**EVALUACIÓN GEOLÓGICO E INGENIERO –
GEOLÓGICO DE TRES PRESAS DE SEDIMENTACIÓN
CUENCA ALTA DEL RÍO RAMIS – ANANEA, PUNO**

Autores:

Lionel Fídel Smoll

Rildo Rodríguez Mejía

OCTUBRE, 2008

LIMA – PERÚ

EVALUACIÓN GEOLÓGICO E INGENIERO – GEOLÓGICO DE TRES PRESAS DE SEDIMENTACIÓN

CUENCA ALTA DEL RÍO RAMIS - ANANEA

1.0 INTRODUCCIÓN.....	4
2.0 ASPECTOS GENERALES	5
3.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	8
3.1 MONTAÑAS.....	8
3.2 COLINAS Y LOMADAS	8
3.3 PIEDEMONTES	9
3.4 PLANICIES	10
4.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
4.1 ESTRATIGRAFÍA	13
4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	22
5.0 INGENIERÍA – GEOLÓGICA.....	23
5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MASA ROCOSA.....	23
5.2 CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA DE LA MASA ROCOSA	23
5.3 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD EN TALUDES ROCOSOS.....	24
6.0 DESCRIPCIÓN DE LAS PRESAS DE SEDIMENTACIÓN	27
6.1 PRESA B1:	27
6.1.1 GEOMORFOLOGÍA	27
6.1.2 ASPECTOS INGENIERO – GEOLÓGICOS	27
6.1.3 PELIGROS GEOLÓGICOS	29
6.1.4 OBSERVACIONES	29
6.2 PRESA B2:	32
6.2.1 GEOMORFOLOGÍA	32
6.2.2 ASPECTOS INGENIERO – GEOLÓGICOS	32
6.2.3 PELIGROS GEOLÓGICOS	33
6.2.4 OBSERVACIONES	33
6.3 PRESA B3:	37
6.3.1 GEOMORFOLOGÍA	37
6.3.2 ASPECTOS INGENIERO – GEOLÓGICOS	37
6.3.3 PELIGROS GEOLÓGICOS	37
6.3.4 OBSERVACIONES	38

7.0 PELIGRO SÍSMICO	47
7.1 SISMICIDAD HISTÓRICA DE LA REGIÓN ALTIPLÁNICA	47
7.2 DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES SÍSMICAS MÁXIMAS	48
7.3 SISMOTECTÓNICA DE LA REGIÓN	48
7.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SISMOS	48
7.5 ESTUDIO PROBABILISTICO	48
7.6 ZONIFICACIONES Y ACELERACIONES MÁXIMAS	51
8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXOS	61

1.0 INTRODUCCIÓN

Los problemas de contaminación en la cuenca del río Ramis se derivan principalmente de la remoción de minerales contaminantes como As, Cu, Pb, Zn, Co, entre otros desde las zonas de alteración trabajadas en los sectores de Ananea y Rinconada; así como el mercurio que es utilizado para la amalgamación del oro (Loaiza & Galloso, 2008). La Mineralización de oro, que condicionan los trabajos mineros, se presentan en las morrenas glaciares que se distribuyen en una extensa área que va desde la laguna Rinconada y se proyecta en dirección al valle del río Grande; y en los depósitos fluvio glaciares que se presentan en un área limitada entre la laguna Sillacunca y los contrafuertes que delimitan su distribución (COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL – PERU, 2008).

Entre el 28 de enero y el 9 de febrero, se realizó la Segunda Misión Técnica formada por técnicos peruanos y brasileños, con respecto al proyecto para la construcción de Presas de contención de sedimentos en el río Ramis, provincia de San Antonio de Putina, región Puno.

Siendo uno de los objetivos principales evaluar las condiciones geoambientales de la región de Ananea para la construcción de tres presas de contención de sedimentos en el río Grande (cuenca alta del río Ramis).

Dentro de esta óptica se elaboró la *PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN PARA DESECHOS EN EL RÍO RAMIS*.

Este proyecto fue entregado al Ministerio de Energía y Minas (MINEM) con el fin de que forme parte del proyecto relacionado con la *RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS*.

El Vice Ministro de Minas, con Oficio N°147-2008-MEM/VMM, solicita a la Presidencia del Consejo Directivo de INGEMMET, su participación en los estudios básicos. Luego de las coordinaciones entre las Dirección de Geología Regional y la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, se acordó participar en los estudios y que comprenderán el cartografiado geológico y geodinámico regional, a escala 1:50,000, del área de estudio; así como el estudio geológico e ingeniero geológico de las zonas propuestas para las Presas B1, B2 y B3; ubicadas en el río Grande, cuenca del río Ramis. Al no disponer planos topográficos, a escala mayor, de las presas a estudiar, se optó por trabajar a escala 1:25,000.

En esta evaluación se describirán algunos aspectos físico mecánicos de las rocas o suelos donde se emplazaran las posibles presas y su área de influencia para determinar su relación con la geodinámica externa (deslizamientos, derrumbes, inundaciones, etc.).

De acuerdo a lo solicitado, los trabajos de campo se realizaron entre el 20 al 25 de abril y estuvo a cargo de los Ingenieros Lionel Fídel Smoll de la Dirección de Riesgos Geológicos – DGAR y Rildo Rodríguez de la Dirección de Geología Regional – DGR.

2.0 ASPECTOS GENERALES

El área de estudio se ubica al norte del lago Titicaca, en la cuenca alta del río Carabaya, afluente del Ramis, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno. Ananea se ubica en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, con una altura promedio de 4,610 msnm, ver Figura N° 1. Su clima es frío y seco, la temperatura media anual varía entre 5° a 2° y las mínimas medias son inferiores a -4° C. La precipitación media anual varía entre 700 a 1000 mm.

En el sector de Ananea, el río toma el nombre de río Grande, que recibe los deshielos del Nevado Ananea (5,852 msnm) y los aportes de las lagunas Rinconada, Sillacunca, Huicha y Chullpacocha. El río Ramis es principal afluente del lago Titicaca, aportando casi el 40% de la escorrentía que ingresa a este (MIMEM 1998).

En los flancos del Nevado Ananea se depositaron los yacimientos auríferos más importantes de la región Puno.

Las principales actividades que destacan en el área son el pastoreo de camélidos, vacunos y ovinos, debido a la presencia de pastos naturales; y la minería aurífera.

Al área se accede desde Juliaca, siguiendo una de las tres carreteras: 1) Juliaca – Huancane – Cojata – Trapiche – Ananea de 150 km; 2) Juliaca – Putina – Ananea de 143 km y 3) Juliaca – Azangaro – Putina – Ananea de 220 km.

La cuenca baja del río Ramis se caracteriza por ser una cuenca ganadera, que se visto disminuida probablemente a los impactos negativos al ambiente, generados por las labores de explotación minera aurífera y la consiguiente remoción del material morrénico y fluvio glaciar en la cuenca alta del río Ramis - Ananea. Reportes recientes indican que en la zona de Ananea existen aproximadamente 2,500 operadores mineros que movilizan cada día alrededor de 45,000 m³ de material morrénico (Loaiza & Galloso, 2008).

La actividad minera origina dos tipos de relictos: uno proveniente de la formación Arco Aja (Np-ar) caracterizado por arcillas de color amarillo del grupo de la montmorillonita, rica en hidróxido de aluminio que es transportada por el flujo por floculación; y el otro proveniente de las morrenas (Qpl-mo), con arcillas del grupo de la illita, rica en fierro, siendo fácilmente sedimentables (COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL – PERU, 2008).

Las áreas que son explotadas por lo mineros artesanales y/o informales se encuentran dentro de las antiguas concesiones del Banco Minero (Proyecto San Antonio de Poto), en la zona de Pampa Blanca y Vizcachani. Áreas que en total constituyen 7,120 ha, con reservas de 89.38 MM m³, con una ley de 0.33 g/m³ y con profundidades de hasta 30 m. En la zona de Chaquiminas tenemos 2000 ha, con reservas de 14.68 MM m³, con una ley de 0,31 g/ m³ y profundidades de hasta 15 m (FRNU, 1990).

A lo largo del río Ramis, los metales Cu, Pb, Zn, Cr, Al y As presentan una proporción mayor como fase residual o de origen natural. En cambio el Cd, se halla en fase de origen antropogénico a lo largo de todo el sistema acuático (Loaiza & Galloso, 2008).

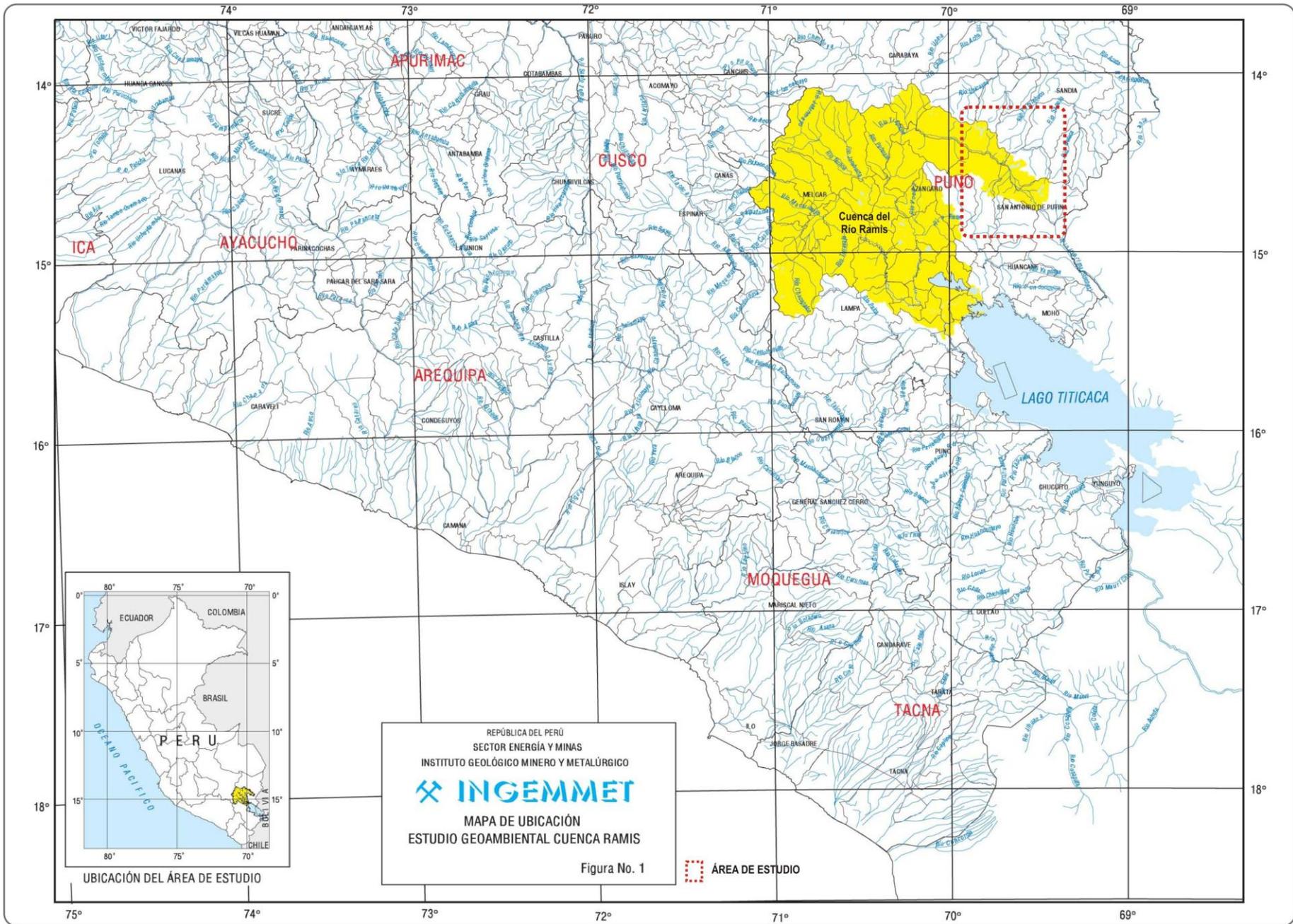
Las muestras tomadas del material en suspensión revelan la presencia de esfalerita, oropimente, rejalgar, pirita, calcopirita, arsenopirita, óxidos de hierro e incluso oro nativo. Es importante mencionar que la mayor dispersión de metales pesados y arcillas coincide con la temporada de trabajos mineros en la cuenca alta y que la principal fuente de contaminación se encuentra en los sólidos en suspensión (Loaiza & Galloso, 2008).

Las presas de sedimentación recomendadas por la COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL – PERU, 2008, son las siguientes

Presa B1: río Grande, con coordenadas UTM/SAD 6 – DATUM Horizontal WGS 84: 8379575N – 0433846E.

Presa B2: Río Grande, con coordenadas UTM/SAD 69 – DATUM Horizontal WGS 84: 8396328N – 0421847E.

Presa B3: Río Grande, con coordenadas UTM/SAD 69 – DATUM Horizontal WGS 84: 8402714N – 0416624E.



REPÚBLICA DEL PERÚ
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INGEMMET

MAPA DE UBICACIÓN
 ESTUDIO GEOAMBIENTAL CUENCA RAMIS

Figura No. 1

▭ ÁREA DE ESTUDIO



3.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Regionalmente en el área de estudio destacan las siguientes Unidad Morfológicas: Montañas, Colinas y Lomadas, Piedemontes y Planicies y Depresiones. Estas unidades se subdividen de acuerdo al origen y geometría del relieve (pendiente del terreno), carácter estructural y asociación morfo genética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional) (Zavala & Guerrero, 2006). Ver Mapa N° 1

A continuación se describen las principales Unidades Morfológicas, subdivisiones, distribución geográfica, asociación litológica y su relación con los peligros geológicos (Zavala & Guerrero, 2006).

3.1 MONTAÑAS

Se presentan en gran parte del área de estudio y presentan pendientes moderadas a fuertes. De esta unidad, se distinguen en el área las siguientes sub unidades:

MONTANA GLACIAR: Se desarrolla en la parte más alta de la zona de estudio, sobre los 5,000 o 5,200 msnm, presentando coberturas de hielo y/o nieve permanente, como es el caso del Nevado Ananea (5,852 msnm) en la Cordillera de Apolobamba, que presenta un marcado el retroceso glaciario. Litológicamente se asocia a rocas metamórficas (pizarras y filitas); y en el caso de los movimientos en masa a: aludes o avalanchas, derrumbes y caídas de rocas y/o hielo. Ver Foto N° 1

MONTAÑAS DE FUERTE PENDIENTE: Muestran laderas de pendiente pronunciada a fuerte (por encima de los 40°), litológicamente formadas en rocas metamórficas (pizarras, filitas y areniscas). Esta unidad, es identificada en la Cordillera de Apolobamba; y los movimientos en masa asociados, generalmente son: caídas de roca, derrumbes (que puede involucrar material glaciario) y deslizamientos.

MONTAÑAS DE MODERADA PENDIENTE: Presenta laderas con pendientes entre 15° y 40°, litológicamente asociadas a rocas volcánicas (tobas) como las observadas en la Presa B2. Los movimientos en masa que pueden presentarse están asociados a caídas de rocas y derrumbes. Ver Foto N° 2.

MONTAÑA ESTRUCTURAL: Asociada generalmente a rocas sedimentarias, estructuralmente se presenta como alineamientos o secuencias estratificadas plegadas, formando cuevas (sector de la presa B3) y espinazcos. Se asocian generalmente a caídas de rocas, derrumbes, vuelcos, deslizamientos traslacionales, erosión de laderas y reptación de suelos.

3.2 COLINAS Y LOMADAS

Elevaciones menores que limitan las regiones planas, se presentan también como alineamientos estructurales de topografía suave y abrupta. En el área se presenta como la subunidad Morrenas.

MORRENAS: Esta subunidad se localiza en las laderas superiores de las montañas, márgenes de valles glaciares y bordeando lagunas de gran dimensión. Se ubican principalmente en la cuenca alta del río Ramis (río Grande), entre la Rinconada, Ananea y

Chuquini. Estas geoformas están asociadas a procesos de reptación de suelos, erosión de laderas, flujos de detritos y derrumbes. Ver Foto N° 3.

3.3 PIEDEMONTES

Superficies ligeramente inclinadas, con depósitos que descienden hacia las llanuras fluvio-glaciares, aluviales y valles. En el área se distingue la subunidad Detrito de vertiente consolidado.

DETRITO DE VERTIENTE CONSOLIDADO: Se refiere a depósitos de origen glaciar y/o coluvial que muestran algo de consolidación en sus elementos (edad Pleistocena), acumulados en las laderas de las montañas, con pendiente suave a moderada. Esta geoforma se distingue en el sector de Batilmore y están relacionados a flujos de detritos o huaycos excepcionales. Ver Foto N° 4.

ABANICO ALUVIONAL: Abanicos o conos de deyección de grandes dimensiones asociados a grandes flujos de detritos, avalancha de detritos canalizados, aluviones o huaycos; asociados a rupturas de diques morrénicos o desembalses de lagunas glaciares. En el área se ubica esta geoforma entre Angostura y la Presa B2, denominada Pampa de Parinani. Estas geoformas están asociadas a erosión fluvial y derrumbes en sus márgenes.

3.4 PLANICIES

Superficies extensas, llanas inmediatas a los cursos de agua, se distinguen las siguientes subunidades:

PLANICIE ALUVIAL ALTA O TERRAZA ALTA: Terrazas adyacentes, encima de la llanura de inundación fluvial, son extensas y llanas. Asociadas litológicamente a depósitos aluviales y fluvio-glaciares en formas de terrazas con alturas no mayores a los 10 m. En el área, se localizan en ambas márgenes del río Grande, Presa B1. Están expuestas a erosión fluvial, derrumbes en sus márgenes, e inundaciones relacionadas a lluvias excepcionales y/o eventos antrópicos. Litológicamente se agrupan en la formación Q-t2. Ver Foto N° 5.

LLANURA O PLANICIE INUNDABLE: Superficies adyacentes a los ríos principales susceptibles a inundaciones periódicas y/o excepcionales. Terrenos llanos compuestos por materiales no consolidados fluviales y aluviales (terrazas bajas) del río Grande, Presa B1. Se agrupan litológicamente en las formaciones Q-t1 y Q-fl. Ver Foto N° 6.



Foto N° 1: Montaña Glaciar. Nevado Ananea (5,852 msnm) en la Cordillera de Apolobamba

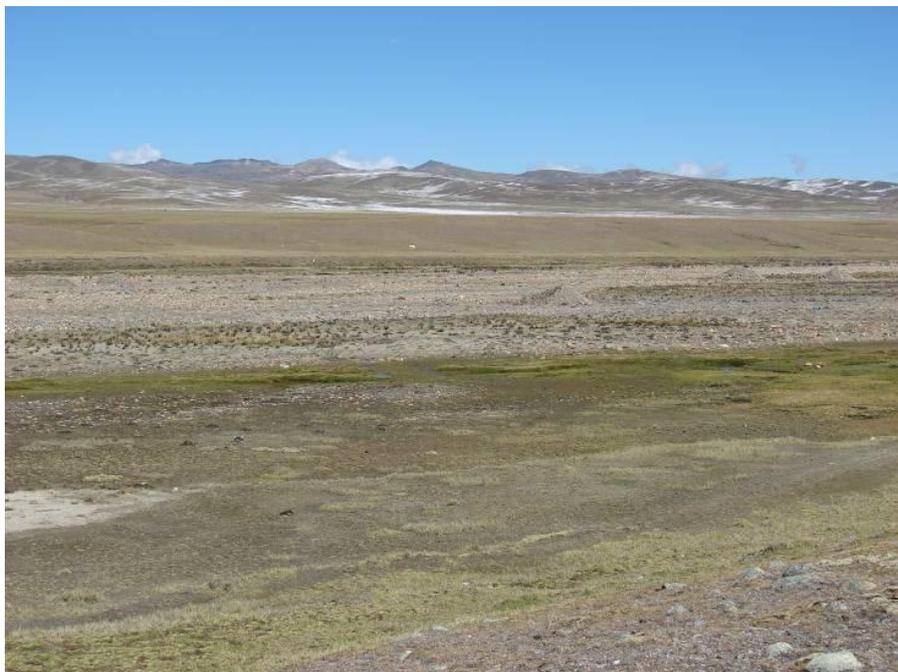


Foto N° 2: Al fondo, Montaña de Moderada Pendiente, sector Huacarani - Belen.



Foto N° 3: Morrenas: Se observan trabajos de minería aurífera, sector Ancocalla



Foto N° 4: Detrito de Vertiente Consolidado, Pampas de Baltimore, obsérvese los bloques erráticos de acarreo glacial.



Foto N° 5: Planicie Aluvial Alta o Terraza Alta: Sector Pampa de Arequipampa. Zona no inundable



Foto N° 6: Llanura o planicie inundable. Margen derecha del río Carabaya (Grande), Puente erosionado, de la trocha carrozable Muñani – Cuyo Cuyo

4.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

4.1 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de la zona de Ananea presenta unidades desde el paleozoico inferior hasta el cuaternario reciente (Figura N° 2). Las rocas del Paleozoico inferior se ubican en la Cordillera Oriental y las del Paleozoico superior en la parte Suroeste de la zona de estudio.

En la parte central se ubican tobas del plioceno y material superficial continental de edad cuaternaria. Ver Mapa N° 2

PALEOZOICO INFERIOR

Rocas del Paleozoico inferior se han cartografiado en los nevados de la Cordillera Oriental, producto de la erosión y transporte por acción glacial, de ellas, se han formado morrenas con contenido diseminado de oro.

Formación Sandia (Ordovícico medio).

La Formación Sandia es la unidad litoestratigráfica más antigua de la zona de Ananea. Esta unidad aflora al Noreste de la laguna Rinconada y al Este de la Laguna Caracutaña (Foto N° 7). Su contacto estratigráfico con la unidad infrayacente no se observa, mientras que el contacto con la Formación Ananea es mediante fallas. Fue definida inicialmente por Laubacher (1978) en el valle de Sandia, con un espesor aproximado de 3,000 m. Litológicamente está constituida por una secuencia detrítica de cuarcitas con intercaladas de niveles de pizarras negras.



Foto N° 7: Lutitas ya areniscas de la Formación Sandia. Este de la Laguna Caracutaña. Vista tomada al Oeste.

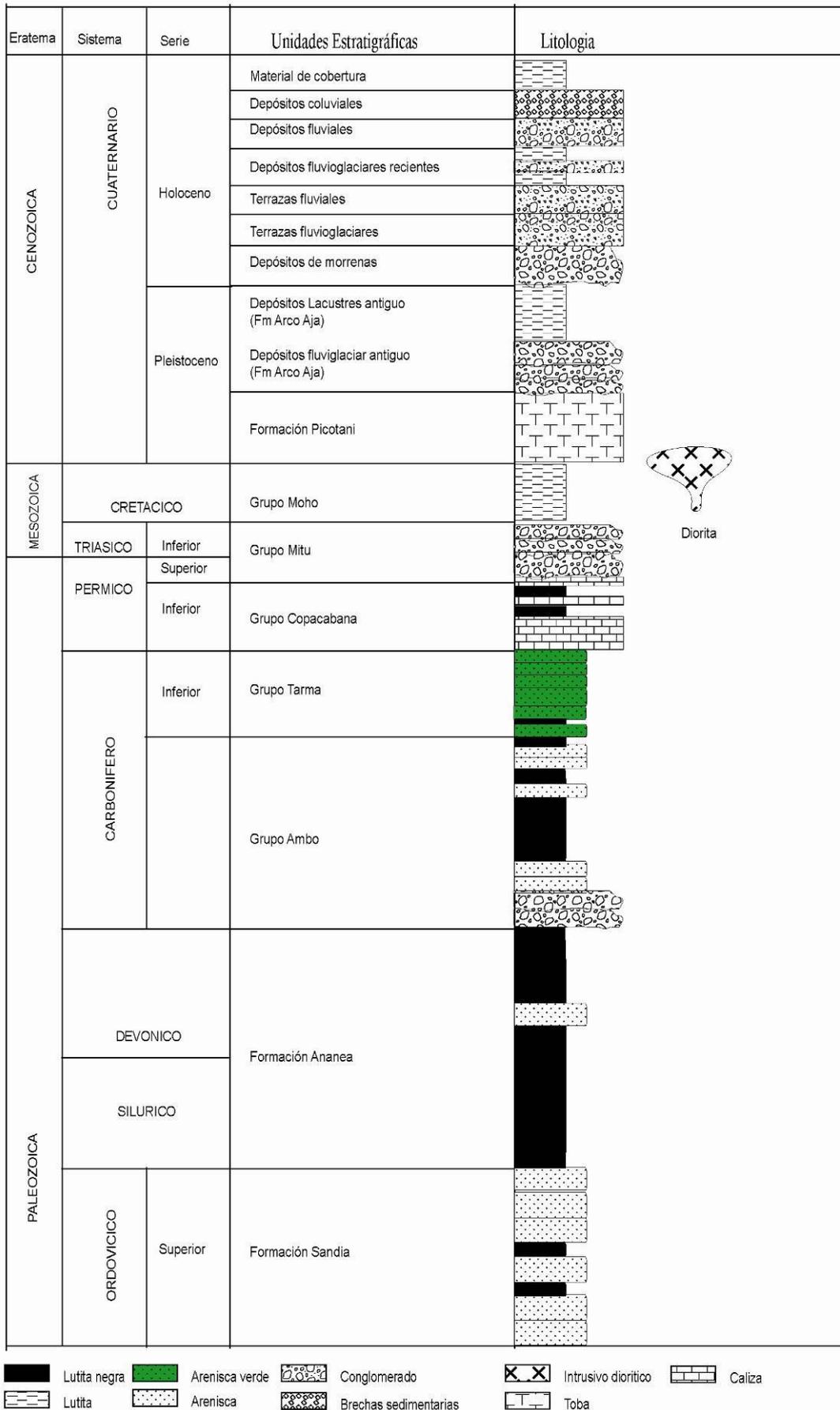


Figura N° 2. Columna estratigráfica de la zona de Ananea

Formación Ananea (Siluro-Devoniano)

Fue denominada así por Laubacher (1978) en la Cordillera Oriental. consiste en una gruesa serie de esquistos epimetamórficos. Aflora en la parte Este y Noreste de la zona de estudio, conformando todas las estribaciones occidentales de la línea de altas cumbres de los nevados que forman la Cordillera Oriental (Foto N° 8). El contacto con la Formación Sandía es fallado y el contacto con unidades más recientes no ha sido observado.

Litológicamente está compuesta por pizarras negras en estratos de 20 a 80 cm con presencia de pequeños niveles de cuarcitas.



Foto N° 8: Vista panorámica de los nevados de la Cordillera oriental, se observa los afloramientos de la Formación

PALEOZOICO SUPERIOR

El Paleozoico superior está compuesto por los grupos. Ambo, Tarma, Copacabana y Mitu; sus afloramientos se encuentran en las partes más altas del Suroeste de la zona de estudio, entre las lagunas Chullpacocha y Azulcocha.

Grupo Ambo (Missisipiense)

El Grupo Ambo aflora al Sur del Campamento del Ministerio de Energía y Minas, al sur de la laguna Chullpacocha, en las márgenes del río Antacahua, y en las cabeceras de las quebradas que bajan a la laguna Lacuta. El contacto con la Formación Ananea no se nota dentro de la zona de estudio, y en el tope pasa gradacionalmente al Grupo Tarma. Litológicamente está conformado por conglomerados con clastos de cuarcita y pizarras, subangulosos de 0.5 a 1 cm de diámetro, en estratos de 2 a 4 m de grosor, areniscas cuarzosa gruesas y con estructuras sedimentarias, lutitas negras y violáceas. En acuerdo con los trabajos de Chávez et al., (1996), el Grupo Ambo puede dividirse en 4 secuencias.

Unidad litológica A (300m de espesor), compuesta por conglomerados de clastos de cuarzo lechoso, pizarras y cuarcitas subangulosos de 0.5 a 1 cm de diámetro, en estratos de 2 a 4 m de grosor. Los bancos presentan estratificación oblicua. Se intercalan con estos conglomerados areniscas de grano grueso y medio en estratos de 1 a 2 m.

Unidad litológica B (800 m de espesor) se compone principalmente de areniscas de grano medio, en estratos de 0.50 a 1.0 m de grosor.

Unidad litológica C (600 m de espesor) Está constituida por una monótona sucesión de lutitas negras y violáceas con mica.

Unidad litológica D (200 m de espesor) está compuesta por areniscas de grano medio grises, alternando con lutitas negras.

Grupo Tarma (Pensilvaniano)

Aflora al Sureste de la laguna Tincacocha y en los alrededores de la laguna Azulcocha. El contacto inferior con el Grupo Ambo es gradacional y de igual manera el contacto superior con el Grupo Copacabana. Litológicamente está compuesto por areniscas de color verde, lutitas y limos. Esta unidad ha sido dividida en 2 secuencias por Chávez et al 1996.

La unidad inferior, está compuesta por limos, areniscas finas de grano grueso a medio y en menor proporción lutitas; es característico de esta unidad su color verde. La unidad superior, está compuesta de areniscas cuarzosas de grano medio y fino, con algunas intercalaciones muy esporádicas de areniscas de grano grueso.

Grupo Copacabana (Pérmico inferior)

Aflora en los alrededores de las lagunas Lacuta y Juchuy. El contacto inferior con el Grupo Tarma es gradacional. El contacto superior con el Grupo Mitu no ha sido observado. Litológicamente, este grupo está compuesto por calizas, areniscas, lutitas de colores violáceas y algo rojizas hacia la parte superior.

El grosor de este del grupo Copacabana alcanza los 720 m. Esta unidad ha sido dividida en 2 secuencias por Chávez et al 1996.

La unidad inferior (200 m), está compuesta por calizas finas negras con ligero olor fétido. El grosor de banco varía de 10-20 cm. La unidad media (220 m de espesor), está conformada de gruesos estratos de calizas bioclásticas con intercalaciones de lutitas marrones.

Finalmente la unidad superior (300 m de espesor). Está compuesta de paquetes de 3 a 10 m de areniscas, intercaladas con calcarenitas y calizas bioclásticas.

Grupo Mitu (Pérmico superior)

El Grupo Mitu aflora en la parte Noreste de la zona de estudio, a las orillas del río Ramis, precisamente en el área destinada para la construcción de la Presa B3 (Foto N° 9). En este sector el contacto inferior del Grupo Mitu no es observado y es sobreyacido por sedimentos cuaternarios de ambiente lacustrino, los cuales han sido cartografiados dentro de la Formación Arco Aja.

Litológicamente esta compuesta por conglomerados (Foto N° 10) con clastos de areniscas rojas, calizas, cuarcitas y volcánicos, presentan morfología angular a subangular y a veces subredondeado. Los clastos en promedio tienen 5 cm de diámetro pudiendo llegar los clastos mayores a 30 cm. La matriz es oscura compuesto por limos y arcillas. La estratificación no es notoria y se encuentra muy fracturado.



Foto N° 9: Afloramientos del Grupo Mitu. Margen izquierda del Río Ramis. En el lugar establecido para la construcción de la Presa B3. Vista tomada desde la margen derecha. Vista al Oeste.



Foto N° 10: Detalle de los conglomerados del Grupo Mitu. Margen derecha del Río Ramis. En el lugar donde se construirá la Presa B3

CRETÁCICO

Grupo Moho (Cretácico medio)

Al Sur del área destinada para la construcción de la Presa B3, se encuentra un cerro de coloración rojiza, en este estudio no se ha podido revisar estos afloramientos pero al parecer por la forma del relieve y la coloración puede tratarse de lutitas y limos rojos pertenecientes al Grupo Moho (Foto N° 11).



Foto N° 11: Vista de sedimentos atribuidos al Grupo Moho. Foto tomada desde el lugar designado para la construcción de la Presa B3

NEÓGENO

Formación Picotani (Mioceno)

Las Formación Picotani forma parte de las ignimbritas de Macusani y Crucero. Se desarrollan en la depresión que forman por el lado Oeste de la Cordillera del Carabaya y para el lado Este con terrenos del Paleozoico inferior. Tienen una amplia exposición sobre todo en la zona Noroeste de la zona de estudio. Encontrándose en el área designada para la construcción de la Presa B2 (Foto N° 12). Su litología es casi homogénea. Se trata de unidades piroclásticas con diaclazamiento columnar, de color blanco, relativamente bien soldadas sin pómez, con grado de vesicularidad homogénea y presenta clastos polimicticos menores a 2 cm (Foto N° 13). En general, las ignimbritas presentan inclinación entre 10° y 15° al Noreste.



Foto N° 12: Vista de las tobas de la Formación Picotani, en la margen izquierda del río Ramis, en el lugar donde se construirá la Presa B2. Vista tomada al Oeste.



Foto N° 13: Detalle de las tobas de la Formación Picotani. Se observa los clastos polimicticos subredondeados envueltos en matriz de ceniza medianamente soldada.

Formación Arco Aja (Plioceno)

Esta formación fue descrita por Fornari et al., (1981) en la Qda. Arco Aja afluente del río Tambillo. Esta formación está por debajo de los depósitos morrénicos recientes; de manera que su distribución se encuentra restringida a la depresión del río Carabaya. Litológicamente está compuesta por gravas con clastos de cuarcitas y pizarras y algunos cantos de intrusivos graníticos, limos y arcillas.

En la parte sur del área destinada para la construcción de la Presa B3 (margen izquierda del río Ramis) la Formación Arco Aja se encuentra sobreyaciendo al Grupo Mitu y está

compuesta por limos y arcillas con restos de plantas (Foto N° 14) y algunos estratos de gravas. Esta litología corresponde a sedimentos lacustrinos que probablemente se originaron por un represamiento anterior del río Ramis. Más al Sur en el encuentro del río Angostura y quebrada Nacaría con el río Ramis, la Formación Arco Aja es mas gruesa y está conformada por gravas, con clastos imbricados de cuarcitas y pizarras, algunos cantos de intrusivos y 10 a 30 cm de diámetro (Foto N° 15).

En las planicies conformadas por la formación Arco Aja se encuentran grandes bloques de cuarzo blanco o tobas.



Foto N° 14: Sedimentos lacustrinos de la Formación Arco Aja en el lugar designado para la Presa 3.



Foto N° 15: Conglomerados con clastos subredondeados de la Formación Arco Aja

CUATERNARIO

Depósitos de Morrenas Erosionadas y Depósitos de Morrenas

Estos depósitos se presentan en ambos márgenes de la depresión del río Ramis. Litológicamente está conformado por gravas con clastos sin ningún arreglo, dispersos en una matriz limo-arcillosa-arenosa. El tamaño promedio de clastos varía de 10 a 30 cm, existiendo bloques erráticos de más de 1 m de diámetro. En estos depósitos existen variaciones en la composición litológica de los clastos, dependiendo de su lugar de origen; así las morrenas que bordean la Cordillera Oriental tienen clastos de cuarcitas, pizarras, cuarzo de veta y algunos granitos, y las morrenas que se encuentran a la margen izquierda del río Ramis contienen clastos de areniscas, calizas, chert y a veces ignimbritas. Estos depósitos morrénicos se han depositado en varias etapas de glaciación (Fornari et al., 1981), etapas que se extenderían del Plioceno superior al Pleistoceno.

En este trabajo hemos dividido a las morrenas erosionadas de los depósitos de morrenas que aún conservan su forma; sin embargo la composición entre ambas es similar.

Terrazas Fluvioglaciares

Se encuentran en las partes más bajas del río Ramis, y se han originado debido a la erosión de la Formación Arco Aja y de los depósitos morrénicos, la composición de estas varía de acuerdo al lugar en donde se encuentra. En la margen derecha del río Ramis por lo general están conformadas por lutitas, cuarcitas y clastos de cuarzo, generalmente la forma de los granos es subredondeada envueltos en una matriz arenolimoso. En cambio en la Margen izquierda del río Ramis pueden estar conformados por clastos de lutitas negras, cuarcitas y algunas calizas los cuales son producto de la erosión de los Grupos Ambo, Tarma y Copacabana.

En el presente trabajo se han cartografiado tres eventos de terrazas fluvioglaciares en base a relaciones de contacto interpretadas mediante fotos aéreas e imágenes de satélite, siendo la terraza fluvioglacial 1 la más antigua.

Terrazas Fluviales.

Denominamos así a las terrazas fluviales que se encuentran en los márgenes del río Ramis. Estas son producto de la erosión que ocasiona el río Ramis en su transcurso. Están compuestas de variada litología de acuerdo a las zonas de erosión (Foto N° 16).

Depósitos Fluvioglaciares recientes.

Se encuentran en las partes altas y son causa de la erosión de las morrenas, se presentan también a manera de bofedales.



Foto N° 16: Vista Panorámica de la Terrazas Fluviales en la margen derecha del Río Ramis. En el Lugar se construirá la Presa B1.

Depósitos Coluviales

Se encuentran al pie de los pendientes con inclinación mayor a 45° , se trata de depósitos de gravedad, tal como ocurre en la margen izquierda del río Ramis, al norte de la Presa B2. Está compuestos de clastos subangulosos y angulosos, cuya composición va depender de las unidades litológicas que han sido afectas por deslizamientos o derrumbes.

Material de Cobertura.

Se trata de material fino que cubre los afloramientos de las unidades estratigráficas y por causa de estos no es posible el cartografiado de la unidades estratigráficas. Al Noreste del la Presa B2 se encuentra material de cobertura que no permite el cartografiado de la Formación Picotani.

ROCAS INTRUSIVAS

En la zona solo se encuentra un pequeño stock de Diorita el cual se encuentra de las tobas de la Formación Picotani, en la margen izquierda del río Barrancomayo.

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural en la zona de estudio, está representada por fallas de dirección NO-SE, las cuales ponen en contacto a la Formación Sandia con la Formación Ananea. Estas fallas son casi verticales con cierta inclinación aparente al Noreste. Regionalmente, las fallas de la zona de estudio, corresponden a un sistema de fallas regional de dirección NO-SE, la cual marca el límite de la Cordillera Oriental con la pre cordillera del Carabaya. La traza principal de este sistema regional de fallas, estaría cubierto por los depósitos cuaternarios de la zona de estudio.

5.0 INGENIERÍA GEOLÓGICA

Se han realizado investigaciones ingeniero – geológicas que involucran a los materiales rocosos, que constituyen los estribos de las presas de sedimentación...

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MASA ROCOSA:

REGISTRO DE DATOS: Se registraron datos para la caracterización de la masa rocosa principalmente a partir del mapeo geotécnico de campo, este se llevo a cabo utilizando el "método directo por líneas de detalle".

Los parámetros de observación y medición fueron obtenidos en formatos de registro según normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), ver Anexos 1 y 2. Se realizaron tres estaciones (línea de detalle): estribo derecho de la Presa B2 y en los estribos izquierdo y derecho de la Presa B3.

DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES: El procesamiento de los datos orientacionales se realizo mediante técnicas de proyección estereográfica equiángulares y equiareales, utilizando la versión avanzada del, programa de computo DIPS 5 (1989) de Rock Cience.

En el Anexo 3 se presenta los resultados del procesamiento de datos orientacionales correspondientes a las tres estaciones realizadas. Ver resumen en el Cuadro N°1.

CUADRO N° 1

ORIENTACIONES PROMEDIO DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES

PRESA	ESTACIÓN	LITOLÓGIA	SET 1 (*)	SET 2 (*)	SET 3 (*)	SET 4 (*)
B2	E001	Tobas	030 - 80	239 - 29	321 - 83	039 - 17
B3	E002	Brecha sed.	105 - 78	360 - 65	241 - 41	
B3	E003	Brecha sed.	251 - 70	003 - 81	210 - 24	005 - 08

(*) Sets en dirección de buzamiento - buzamiento

5.2 CLASIFICACION GEOMECANICA DE LA MASA ROCOSA:

Con la información lito - estructural y la caracterización de la masa rocosa (datos de entrada para las clasificaciones), se ha clasificado a la masa rocosa involucrada en las diferentes líneas de detalle del mapeo geotécnico utilizando los Criterios de Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR: Rock Mass Rating 1989), ver Anexo 4; y el RMR ajustado a taludes (SMR: Slope Mass Rating, Romana 1993),

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron determinados a partir de ensayos in-situ de impacto con el martillo de Schmidt de dureza (ver los resultados en el Anexo 2), así como el método indirecto usando el martillo de geólogo (ISRM 1981). Los valores del índice de calidad (RQD) fueron determinados mediante el registro lineal de discontinuidades, utilizando la relación propuesta por Palmstron (1975).

Los procedimientos y resultados se muestran en el Cuadros N° 2: tanto para el RMR (1989) y para el SMR (1989) respectivamente.

Los resultados nos permiten deducir que las calidades de las rocas están relacionadas directamente con la litología, a pesar que el factor de ajuste para los taludes, en ambas márgenes de la presa B3, muestran problemas con rotura planar y vuelco. No hay influencia de la meteorización y alteración en la calidad del macizo rocoso.

Los resultados obtenidos, solo son validos para la zona de estudio. La toba, que se presenta en el estribo izquierdo de la Presa B2, a pesar de su “regular calidad”, puede tener problemas con la presencia de xenolitos de menor resistencia a la compresión, observándose oquedades y cuevas en superficie.

CUADRO N° 2
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS		ESTACIONES		
		E001 (B2)	E002 (B3)	E003 (B3)
BIENNIAWSKI (RMR)	RESISTENCIA COMPRESIVA	5	12	12
	RQD	17	17	17
	ESPACIADO	15	15	14
	CONDICIONES DE DISCONT	14	18	21
	AGUA	15	15	14
	RMR	60	77	78
	CALIDAD (RMR)	REGULAR	BUENA	BUENA
SMR	CORRECCIÓN TALUD (-)	15	-3.87	-6.25
	SMR	75	73	72
	CALIDAD (SMR)	II	II	II
	DESCRIPCIÓN	BUENA	BUENA	BUENA

5.3 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD EN TALUDES ROCOSOS

En el presenta capítulo se evalúan las condiciones de estabilidad de los taludes rocosos en donde se localizaran los estribos de las presas de sedimentación B2 (estribo izquierdo) y B3 (estribos derecho e izquierdo), integrando toda la información precedente.

Para la identificación de los modos de falla, en primer lugar se realizó una evaluación de los problemas de inestabilidad potencial de los taludes, efectuando análisis cinemáticos con técnicas estereográficas (red de Wulff) y aplicando el Test de Markland (Hoek & Bray, 1981), tanto en su modalidad simple como el refinamiento que introduce, para establecer si la cuña desliza por la línea de intersección o por la cara de uno de los dos planos. Así mismo, con esta técnica se ha aplicado el criterio de Goodman (Hoek & Bray, 1981), para evaluar la posibilidad de falla por vuelco.

Según lo anterior, utilizando la información del Cuadro N° 1, la geometría del talud natural (Anexo 1) y el ángulo de fricción: tobas=30° y brecha=35° (tomado de Gonzales de Vallejo, 2002); se ha efectuado el análisis cinemático, con fricción, para cada estribo rocoso (estación de mapeo). Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro N° 3 y Figura N° 3.

CUADRO N° 3

RESULTADO DEL ANÁLISIS CINEMÁTICO

PRESA ESTRIBO	ANGULO TALUD (°)	ANGULO FRICCIÓN (°)	ROTURA CUÑAS	ROTURA PLANAR	ROTURA VUELCO	ROTURA CIRCULAR
B2: Estribo izquierdo. E001	80	30	No	No	No	No
B3: Estribo derecho. E002	80	35	No	SET 3	No	No
B3: Estribo izquierdo. E003	76	35	No	No	SET 1	No

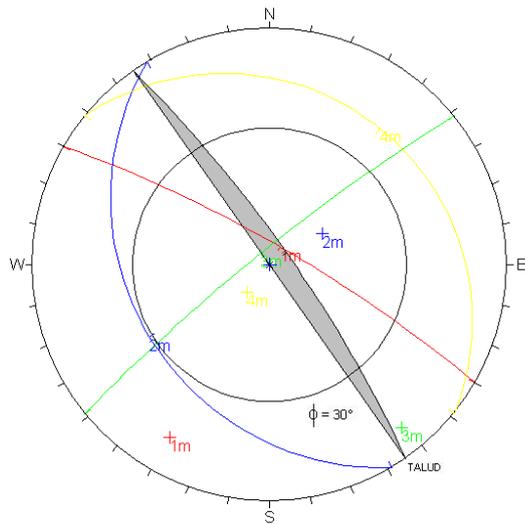
SET 1 = discontinuidad

Los resultados indican lo siguiente:

- En el estribo izquierdo de la Presa B2, no se han detectado posibilidades de inestabilidad debido a las discontinuidades. Es importante mencionar que los posibles problemas geomecánicos que se presenten en este tipo de material, no están relacionados al arreglo o modelo estructural de la masa rocosa, sino problemas de competencia del material.
- En el estribo derecho de la Presa B3, se ha detectado la posibilidad de rotura planar con el SET 3.

En general las inestabilidades potenciales observadas en estas dos estaciones (E001 y E002), no son de importancia desde el punto de vista geomecánico, por lo que no amerita su posterior análisis.

- En el estribo izquierdo de la Presa B3, se ha detectado la posibilidad de rotura por vuelco con el SET 1. Dado que la inestabilidad potencial se puede producir por el SET o familia principal de discontinuidades, se recomienda su posterior análisis de detalle.



PRESA B2 - ESTRIBO IZQUIERDO

ANÁLISIS CINEMÁTICO

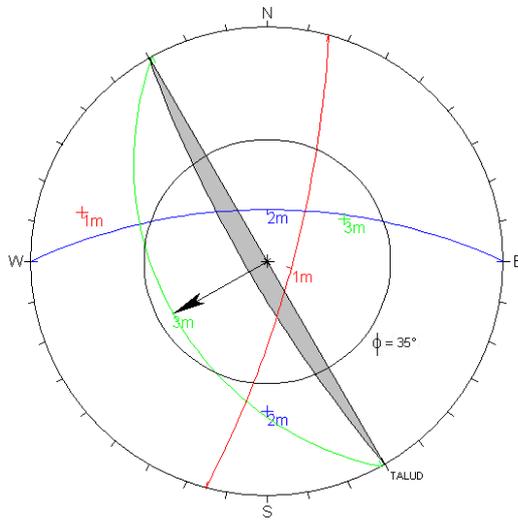
Orientations

ID	Dip / Direction
TALUD	80 / 055
1 m	80 / 030
2 m	29 / 239
3 m	83 / 321
4 m	17 / 039

CONDICIONES:

ESTABLE

Equal Angle
Lower Hemisphere
140 Poles
140 Entries



PRESA B3 - ESTRIBO DERECHO

ANÁLISIS CINEMÁTICO

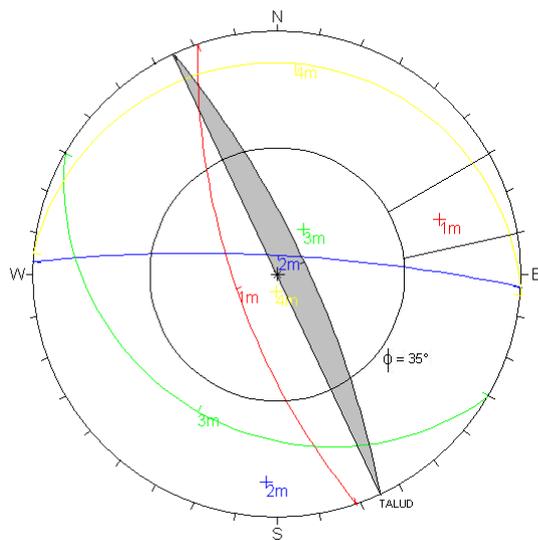
Orientations

ID	Dip / Direction
TALUD	80 / 240
1 m	78 / 105
2 m	65 / 360
3 m	41 / 241

CONDICIONES:

Rotura planar: Set 3 = inestable

Equal Area
Lower Hemisphere
41 Poles
41 Entries



PRESA B3 - ESTRIBO IZQUIERDO

ANÁLISIS CINEMÁTICO

Orientations

ID	Dip / Direction
TALUD	76 / 085
1 m	70 / 251
2 m	81 / 003
3 m	24 / 210
4 m	08 / 005

CONDICIONES:

Rotura por Vuelco: Set 1 = inestable

Equal Angle
Lower Hemisphere
60 Poles
60 Entries

FIGURA N° 3

6.0 DESCRIPCIÓN DE LAS PRESAS DE SEDIMENTACIÓN:

6.1 PRESA B1

Presa B1: Río Grande, con coordenadas UTM/SAD 6 – DATUM Horizontal WGS 84: 8379575N – 0433846E. Ver Figuras N° 4 y 5.

6.1.1 GEOMORFOLOGÍA

La Presa B1, se ubica en la Unidad Morfológica Pampas y Planicies, correspondiendo a la subunidad *Planicie aluvial alta o Terraza alta*, la terraza superior (Q-t2), ubicada sobre el área inundable del río Grande en este sector. Esta terraza es extensa y llana y esta formado por depósitos fluvio-glaciares con alturas de hasta sobre el nivel del actual del río. En el sector de la Presa B1, esta unidad puede estar expuestas a erosión fluvial, pequeños derrumbes en sus márgenes, e inundaciones relacionadas a lluvias excepcionales y/o eventos antrópicos (cambio del curso fluvial por la actividad minera)..

El curso actual del río Grande se localiza en la subunidad *Llanura o planicie inundable*, compuesta por depósitos fluviales no consolidados (Q-fl) que forman el curso actual del río Grande y depósitos fluvio-glaciares que forma de superficie llana y susceptible a inundaciones (Q-t1). Es importante mencionar que en este sector, el río presenta canales “anostomosados” de curso divagante.

6.1.2 ASPECTOS INGENIERO GEOLÓGICOS

ESTRIBO IZQUIERDO: Este se asentará en depósitos fluvio-glaciares de las siguientes características (ver Foto N° 17):

Clasificación del suelo según S.U.C.S.: GW, GW-GM

Origen y descripción: Corresponden a materiales granulares del tipo gravas bien graduadas y arenas limosas, provenientes de depósitos morrénicos y residuales y preexistentes, transportados posteriormente por la acción de las lluvias y aguas de escorrentía, que las conducen a niveles inferiores donde se depositan en forma de mantos groseramente estratificados. Consisten en cantos (10%), gravas (40%), gravilla (30%), en una matriz arena limo arcilloso (20%). Los clastos son sub redondeados a redondeados, planos, de naturaleza metamórfica (pizarras, cuarcitas y cuarzo). Se presentan masivos, con potencias de hasta 2.0 m, generalmente secos, de color marrón claro a beige, medianamente consolidados. Sobre estos materiales tenemos entre 0.10 a 0.50 m de arenas limosas (SM). Estos materiales pertenecen a la formación Qh-tf. Ver Foto N° 18

Características como suelo de fundación: Estos materiales constituyen entre regular y buenos suelos de fundación.

Estabilidad de taludes: Buena estabilidad, se han observado taludes estables con alturas entre 2.0 a 3.0 m y ángulos de talud entre 65° a 70°.

Permeabilidad y nivel freático: Buena permeabilidad, el nivel freático se localiza a nivel del cauce fluvial.

Excavabilidad: Para su excavación es apropiado el uso de medios mecánicos tales

como bulldozers y cargadores frontales.

ESTRIBO DERECHO: Este se asentará en depósitos fluvio-glaciares de las siguientes características (ver Foto N° 19):

Clasificación del suelo según S.U.C.S.: GW, GW-GM

Origen y descripción: Corresponden a materiales granulares del tipo gravas bien graduadas y arenas limosas, provenientes de depósitos morrénicos y residuales, transportados posteriormente por la acción de las aguas de escorrentía, que las conducen a niveles inferiores donde se depositan en forma de mantos groseramente estratificados. Consiste en cantos (20%), gravas (15%), gravilla (30%), en una matriz de arena, gruesa a media, limosa (30%). Los clastos son sub redondeados a redondeados, planos y esféricos, de naturaleza metamórfica (pizarras, cuarcitas y cuarzo). Se presentan masivos, con potencias de hasta 2.5 m, generalmente secos, de color marrón claro a beige, medianamente consolidados a consolidados. Sobre estos materiales se presentan arenas limosas (SM), sueltas de hasta 0.30 m de espesor. Estos materiales pertenecen a la formación Qh-tf. Ver Foto N° 20.

Características como suelo de fundación: Estos materiales constituyen entre regular y buenos suelos de fundación.

Estabilidad de taludes: Buena estabilidad, se han observado taludes estables con alturas entre 2.0 a 3.0 m y ángulos de talud entre 75° a 80°.

Permeabilidad y nivel freático: Buena permeabilidad, el nivel freático se localiza a nivel del cauce fluvial.

Excavabilidad: Para su excavación es apropiado el uso de medios mecánicos tales como buldócer y cargadores frontales.

EJE DE PRESA:

Clasificación del suelo según S.U.C.S.: GW

Origen y descripción: Gravas bien graduadas y arenas derivados de la meteorización y erosión de rocas metamórficas y sedimentarias que han sido transportados y depositados por el río Grande, constituyendo el cauce actual del río, Qh-f.

Están compuestos por cantos (30%), gravas (43%), arenas (25%) y algunos bloques erráticos de hasta 0.50 m de diámetro (2%). Los clastos son de naturaleza metamórfica en mayor porcentaje y sedimentaria, de forma esférica y planas, redondeados a sub-redondeados, masivos, de textura arenosa, no consolidadas.

Características como suelo de fundación: Presenta problemas debido a su nivel freático alto, cercano a la superficie y a la carencia de cohesión. Requiere trabajos de densificación para usarlos como suelo de fundación de estructuras importantes.

Estabilidad de taludes: Debido a la falta de cohesión, las excavaciones realizadas en estos materiales son inestables dado sus bajos ángulos de fricción interna y la posición del nivel freático.

Permeabilidad y nivel freático: Sus características de permeabilidad son variables y el nivel freático es superficial.

Excavabilidad: Puede excavararse fácilmente mediante el empleo de herramientas manuales y mecánicas.

6.1.3 PELIGROS GEOLÓGICOS

Las condiciones de geodinámica externa de la Presa B1, está relacionadas a la morfología del área y a los procesos hídricos del río Grande: erosión fluvial, así como inundaciones periódicas y excepcionales. En el área no se observan problemas de movimientos en masa, que comprometan la estabilidad de la presa.

6.1.4 OBSERVACIONES

El eje de presa se sitúa en un sector de topografía plana, con taludes naturales estables. El estribo izquierdo, se asentará sobre depósitos fluvioglaciares más antiguos (GW, GW-GM), medianamente consolidados, pertenecientes a la terraza inundable Q-t1 y el derecho sobre depósitos fluvioglaciares, medianamente a bien consolidados, pertenecientes a la terraza alta Q-t2 (GW, GW-GM). El eje de presa se asentara sobre depósitos fluviales no consolidados (GW), Q-fl. No se observan afloramientos rocosos en el área.

Se ubican bloques de roca de hasta 0.60 m de diámetro que se presentan superficiales y esporádicos.

En el eje de presa se ubica un “chute” de grandes dimensiones, utilizado para la explotación minera. Ver Foto N° 21

Es importante que el eje de presa se construya aguas arriba de la confluencia del río Seco, con el río Grande.



Foto N° 17: Presa B1, estribo izquierdo. Margen izquierda del río Grande, a 10 km aguas debajo de Ananea



Foto N° 18: Detalle del material en el cual se asentará el estribo izquierdo de la Presa B1. Gravas GW-GM



Foto N° 19: Vista del estribo derecho de la Presa B1, obsérvese el “chute” de grandes dimensiones.



Foto N° 18: Detalle del material donde se asentará el estribo derecho de la Presa B1. Gravas GW-GM



Foto N° 21: Vista panorámica del Eje de la Presa B1, cauce y margen izquierda del río Grande, donde se asentará el estribo izquierdo de la Presa B1. Obsérvese los trabajos de minado (“chute”) en el medio del cauce.

6.2 PRESA B2

Presa B2: Río Grande, con coordenadas UTM/SAD 69 – DATUM Horizontal WGS 84: 8396328N – 0421847E. Ver Figuras N° 6 y 7.

6.2.1 GEOMORFOLOGÍA

La Presa B2, morfológicamente se ubica en el valle del río Grande (Carabaya), en la unidad *Planicie inundable*, flanqueada por la unidad *Montañas de moderada pendiente*, presentando laderas con pendientes entre 15° y 40°, asociadas a rocas volcánicas (tobas) moderadamente meteorizadas, con superficies no muy aguzadas. Ver Fotos N° 22 y 23.

6.2.2 ASPECTOS INGENIERO GEOLÓGICOS

ESTRIBO IZQUIERDO: Este se asentará en tobas de grano medio a grueso y presencia de clastos polimicticos; rocas de moderada a ligera meteorización de la formación Np-pic. De resistencia entre 25 – 100 Mpa, poco fracturadas (4 familias de discontinuidades). Clasificación Geomecánica RMR= 60 (roca regular) y SMR= 75 (roca buena). Se presentan masivas y rompe en bloques grandes a muy grandes. Ver Foto N° 24

Es notorio la presencia de cuevas y oquedades, producto de la meteorización diferencial entre la toba y los clastos polimicticos. Ver Foto N° 25

Las familias principales de discontinuidades son (en dirección de buzamiento): 030-80, 239-29, 321-83, 039-17

En el estribo izquierdo de la Presa B2, no se han detectado posibilidades de inestabilidad debido a las discontinuidades. Es importante mencionar que los posibles problemas geomecánicos que se presenten en este tipo de material, no están relacionados al arreglo o modelo estructural de la masa rocosa, sino problemas de competencia del material (tobas medianamente soldadas).

ESTRIBO DERECHO: Este se asentará en depósitos aluviales, cubiertos por depósitos de flujos de detritos. Los depósitos aluviales tienen las siguientes características (ver Foto N° 26)

Clasificación del suelo según S.U.C.S.: GW, GW-GM

Origen y descripción: Corresponden a materiales granulares del tipo gravas bien graduadas y arenas limosas, provenientes de depósitos morrénicos y residuales, transportados posteriormente por la acción de las aguas de escorrentia, que las conducen a niveles inferiores donde se depositan en forma de mantos groseramente estratificados. Consiste en cantos (20%), gravas (15%), gravilla (30%), en una matriz de arena, gruesa a media, limosa (30%). Los clastos son sub redondeados a redondeados, planos y esféricos, de naturaleza metamórfica (pizarras, cuarcitas y cuarzo). Se presentan masivos, con potencias de hasta 2.5 m, generalmente secos, de color marrón claro a beige, medianamente consolidados a consolidados. Sobre estos materiales se presentan arenas limosas (SM), sueltas de hasta 0.30 m de espesor. Estos materiales pertenecen a la formación Qh-tf. Ver Foto N° 27

Características como suelo de fundación: Estos materiales constituyen entre regular y buenos suelos de fundación.

Estabilidad de taludes: Buena estabilidad, se han observado taludes estables con alturas entre 2.0 a 3.0 m y ángulos de talud entre 75° a 80°.

Permeabilidad y nivel freático: Buena permeabilidad, el nivel freático se localiza a nivel del cauce fluvial.

Excavabilidad: Para su excavación es apropiado el uso de medios mecánicos tales como buldócer y cargadores frontales.

Estos materiales están cubiertos por flujos de detritos y/o derrumbes, donde destacan grandes bloques (tobas) de hasta 2.00 m de diámetro, cantos y gravas angulosas y sub angulosas en una matriz areno limosa, medianamente consolidadas.

EJE DE PRESA: Sobre depósitos fluviales,

Clasificación del suelo según S.U.C.S.: GW

Origen y descripción: Corresponden a materiales granulares del tipo gravas y arenas, derivados de la meteorización y erosión de rocas metamórficas y sedimentarias que han sido transportados y depositados por el río Grande, constituyendo el cauce actual del río, Q-fl.

Están compuestos por cantos (40%), gravas (25%), arenas (35%) y algunos bloques erráticos de hasta 0.40 m de diámetro. Los clastos son de naturaleza metamórfica en mayor porcentaje y sedimentaria, de forma esférica y planas, redondeados a sub-redondeados, masivos, de textura arenosa, no consolidadas.

Características como suelo de fundación: Presenta problemas debido a su nivel freático alto, cercano a la superficie y a la carencia de cohesión. Requiere trabajos de densificación para usarlos como suelo de fundación de estructuras importantes.

Estabilidad de taludes: Debido a la falta de cohesión, las excavaciones realizadas en estos materiales son inestables dado sus bajos ángulos de fricción interna y la posición del nivel freático.

Permeabilidad y nivel freático: Sus características de permeabilidad son variables y el nivel freático es superficial.

Excavabilidad: Puede excavarse fácilmente mediante el empleo de herramientas manuales y mecánicas.

6.2.3 PELIGROS GEOLÓGICOS

En el estribo derecho los movimientos en masa que pueden presentarse están asociados a caídas de rocas y derrumbes detonados por sismos.

Problemas de geodinámica externa en la Presa B2, está relacionadas a la morfología del área y a los procesos hídricos del río: erosión fluvial en ambas márgenes, así como inundaciones periódicas y/o excepcionales

6.2.4 OBSERVACIONES

El eje de presa se sitúa en un sector de topografía plana, con taludes naturales estables. El estribo izquierdo, se asentará sobre rocas volcánicas (tobas) de regular

calidad y el derecho sobre depósitos aluviales medianamente consolidados a consolidados (GW, GW-GM); cubiertos por depósitos de flujos de detritos en el que destacan grandes bloques superficiales. El eje de presa se asentara sobre depósitos fluviales no consolidados (GW), Q-fl.

Para determinar el espesor del material de cobertura en el estribo derecho, es necesario programar una campaña de geofísica (refracción sísmica) y calicatas.



Foto N° 22: Panorámica aguas debajo de la Presa B2.



Foto N° 23: Panorámica aguas arriba de la Presa B2, área del Vaso de la presa. Al fondo a la derecha el C° Huairapata.

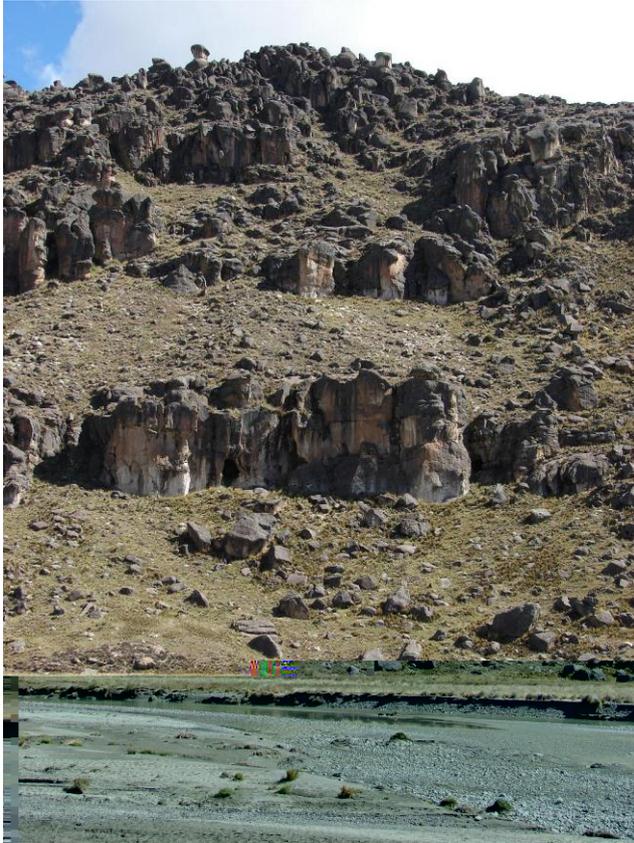


Foto N° 24: Presa B2, estribo izquierdo, obsérvese los grandes bloques al pie del talud.

Foto N° 25: Presa B2, estribo izquierdo. Detalle de las rocas volcánicas (tobas) donde se asentará el estribo de la presa.

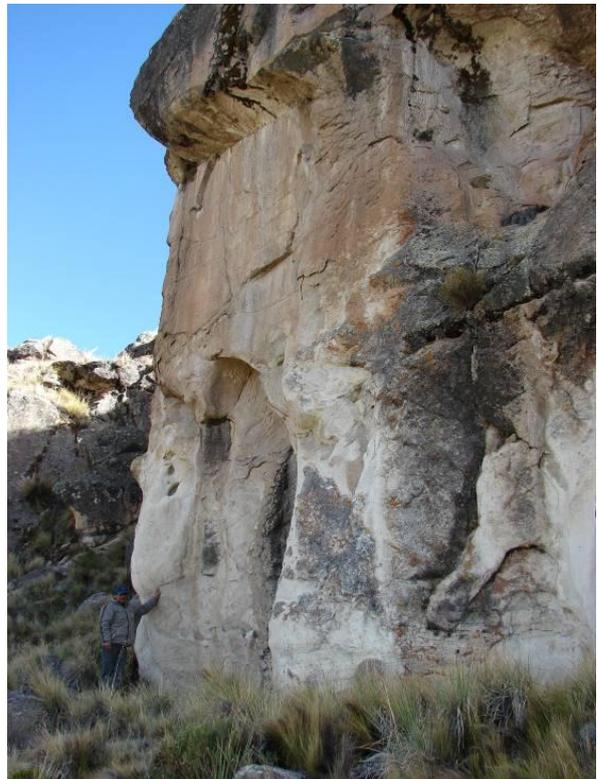




Foto N° 26: Presa B2, estribo derecho. Depósitos aluviales cubiertos por flujos de detritos.



Foto N° 27: Detalle de los materiales donde se sentará el estribo derecho de la Presa B2

6.3 PRESA B3

Presa B3: Río Grande, con coordenadas UTM/SAD 69 – DATUM Horizontal WGS 84: 8402714N – 0416624E. Ver Figuras N° 8 y 9.

6.3.1 GEOMORFOLOGÍA

La Presa B3, morfológicamente se ubica en el valle del río Grande (Carabaya), flanqueada por la en la Unidad *Montaña estructural*: asociada generalmente a rocas sedimentarias, Se presenta como secuencias estratificadas plegadas, formando cuevas y paredes verticales. Las laderas están asociadas a caídas de rocas, derrumbes, vuelcos, deslizamientos traslacionales y erosión de laderas.

6.3.2 ASPECTOS INGENIERO GEOLÓGICOS

ESTRIBO IZQUIERDO: Este se asentará en rocas sedimentarias: conglomerados con clastos de areniscas rojas, calizas, cuarcitas y volcánicos, de forma angular a sub angular y a veces sub redondeados. Los clastos en promedio tienen 5 cm de diámetro pudiendo llegar a ser mayores a 30 cm. La matriz es oscura compuesto por limos y arcillas (PsTi-m). De resistencia alta (100 – 250 MPa), fracturada, ligeramente meteorizada. Se presenta masiva, con bloques medios a grandes.

Las familias principales de discontinuidades son (en dirección de buzamiento): 251-70, 003-81, 210-24, 005-08

En el estribo izquierdo de la Presa B3, se ha detectado la posibilidad de rotura por vuelco con el SET 1. Dado que la inestabilidad potencial se puede producir por el SET o familia principal de discontinuidades, se recomienda su posterior análisis de detalle.

ESTRIBO DERECHO: Al igual que el estribo izquierdo, este se asentará en rocas sedimentarias: conglomerados con clastos de areniscas rojas, calizas, cuarcitas y volcánicos, de forma angular a sub angular y a veces sub redondeados. Los clastos en promedio tienen 5 cm de diámetro pudiendo llegar a ser mayores a 30 cm. La matriz es oscura compuesto por limos y arcillas (PsTi-m). De resistencia media a alta (50 – 250 MPa), fracturada, ligeramente meteorizada. Se presenta masiva, con bloques medios a grandes.

Las familias principales de discontinuidades son (en dirección de buzamiento): 105-78, 360-65, 241-41

En el estribo derecho de la Presa B3, se ha detectado la posibilidad de rotura planar con el SET 3. En general la inestabilidad potencial observada en esta estación, no son de importancia desde el punto de vista geomecánico, por lo que no amerita su posterior análisis.

6.3.3 PELIGROS GEOLÓGICOS

En el estribo derecho los movimientos en masa que pueden presentarse están asociados a caídas de rocas de pequeña magnitud, que no ameritan estudio determinado. Salvo el tratamiento del talud: desquinche y/o peinado de talud.

En el estribo izquierdo los movimientos en masa que pueden presentarse están asociados a caídas de rocas y/o derrumbes del talud (vuelco de rocas), detonados por sismos. Se recomienda también el tratamiento del talud: desquinche y peinado

del talud.

También se pueden presentar problemas asociados a la morfología del área y a los procesos hídricos del río: erosión fluvial en ambas márgenes, así como inundaciones periódicas y/o excepcionales.

6.3.4 OBSERVACIONES

En el estribo izquierdo, se ha detectado la posibilidad de caídas de rocas por rotura por vuelco. Dado que la inestabilidad potencial involucra al SET 1 (familia principal), se recomienda su posterior análisis de detalle.

El cauce del río, en épocas de avenida, abarca de estribo a estribo.



Foto N° 28: Vista panorámica aguas abajo de la Presa B3. Al fondo el C° Papachani.



Foto N° 29: Vista panorámica aguas arriba de la Presa B3, Vaso de la presa. Al fondo el sector de Huacchani.



Foto N° 30: Presa B3, estribo izquierdo. Obsérvese el intenso fracturamiento de la roca

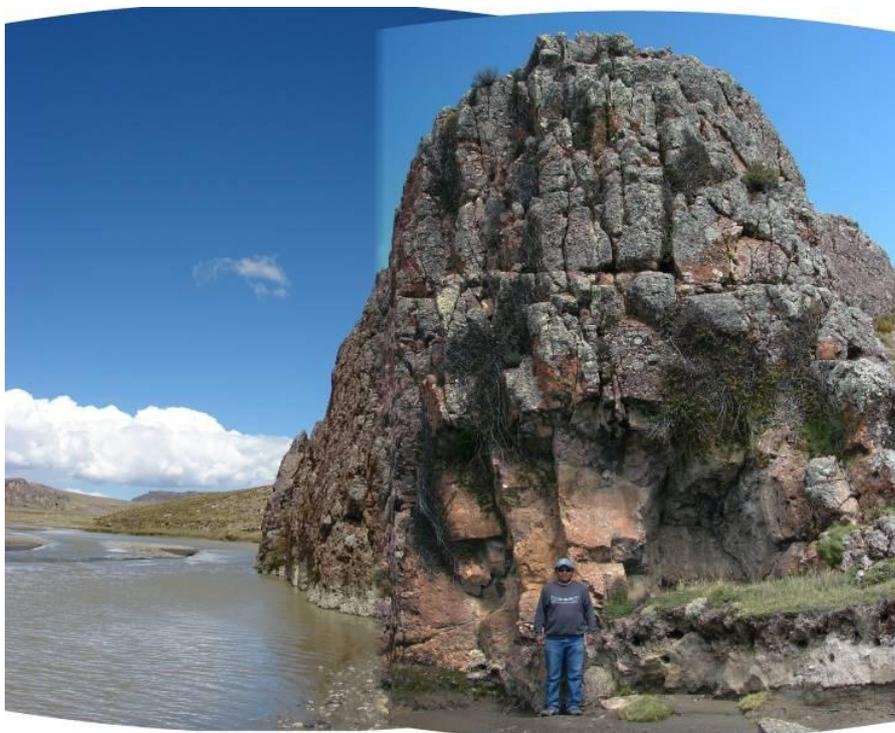


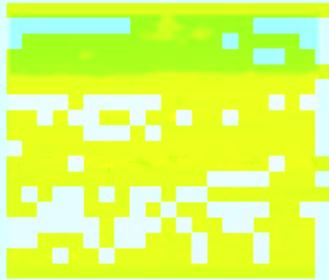
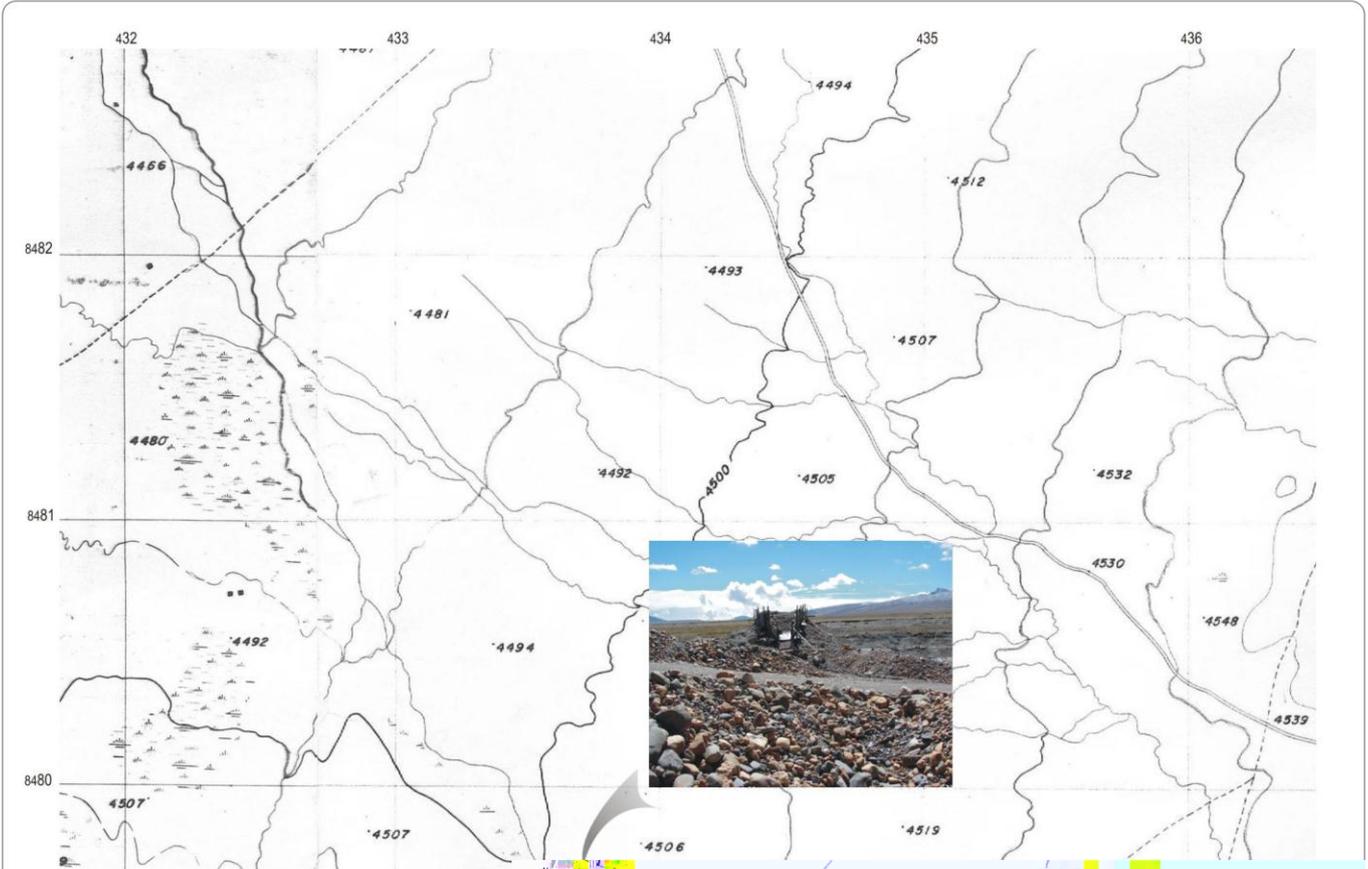
Foto N° 31: Presa B3, estribo izquierdo. Detalle del sistema de fracturamiento principal y la posición del cauce actual.



Foto N° 32: Presa B3, estribo derecho. Conglomerados del Grupo Mitu, de resistencia media a alta y fracturadas.



Foto N° 33: Presa B3, estribos izquierdo y derecho. Detalle del material donde se asentaran los estribos, conglomerados soldados de resistencia media a dura.



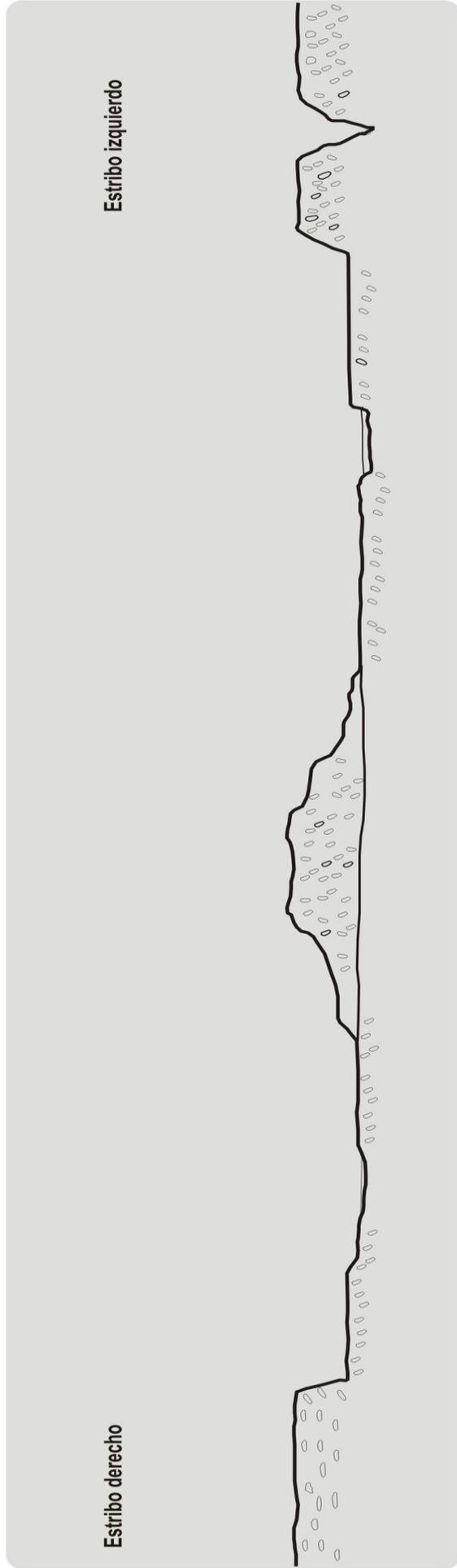
RIO ANANEA
RIO GRANDE

ESCALA 1:25,000



AN#4: UBICACION DE LA PRESA B1

FIGUR



Presa B1 Vista aguas arriba

Figura° 5

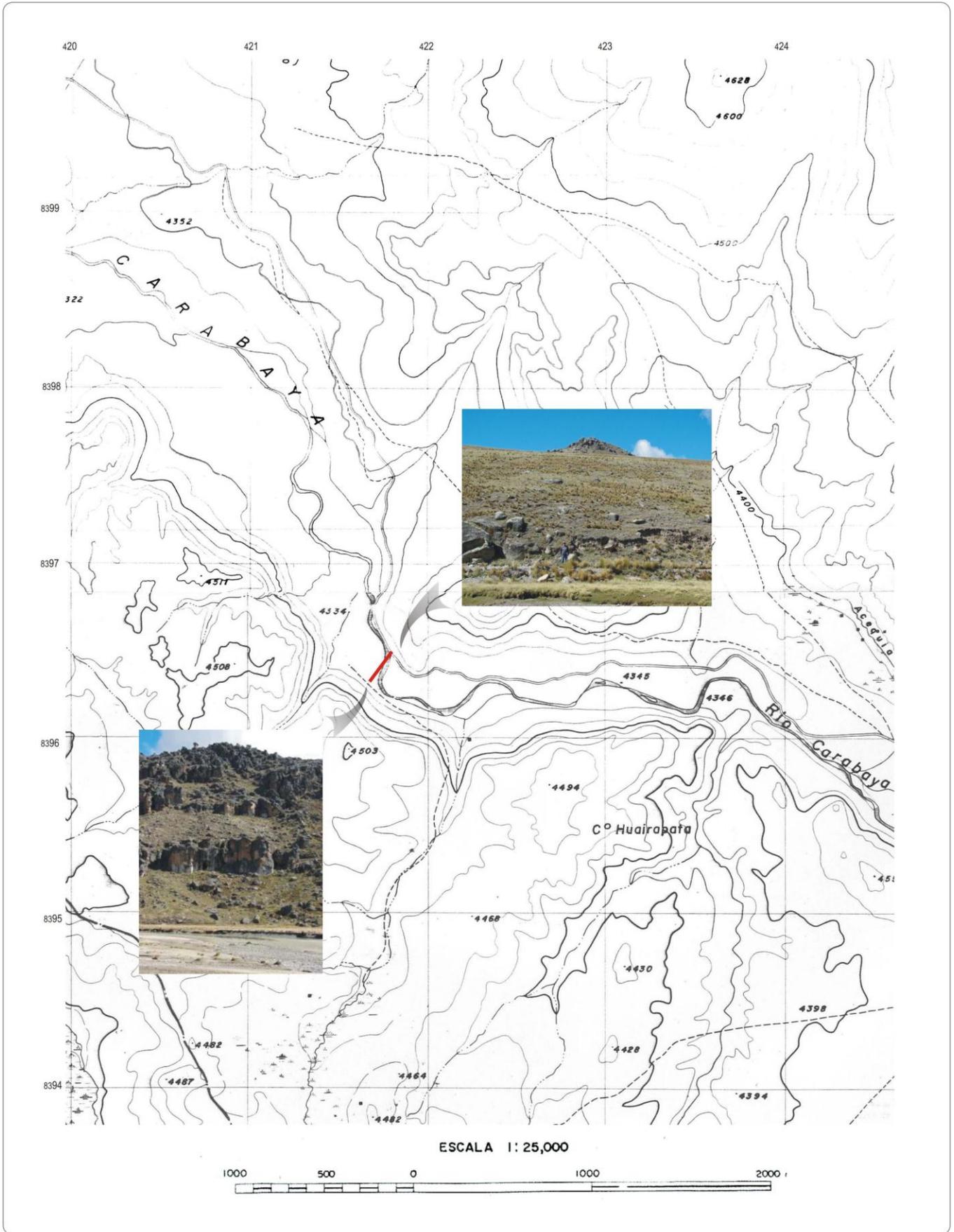
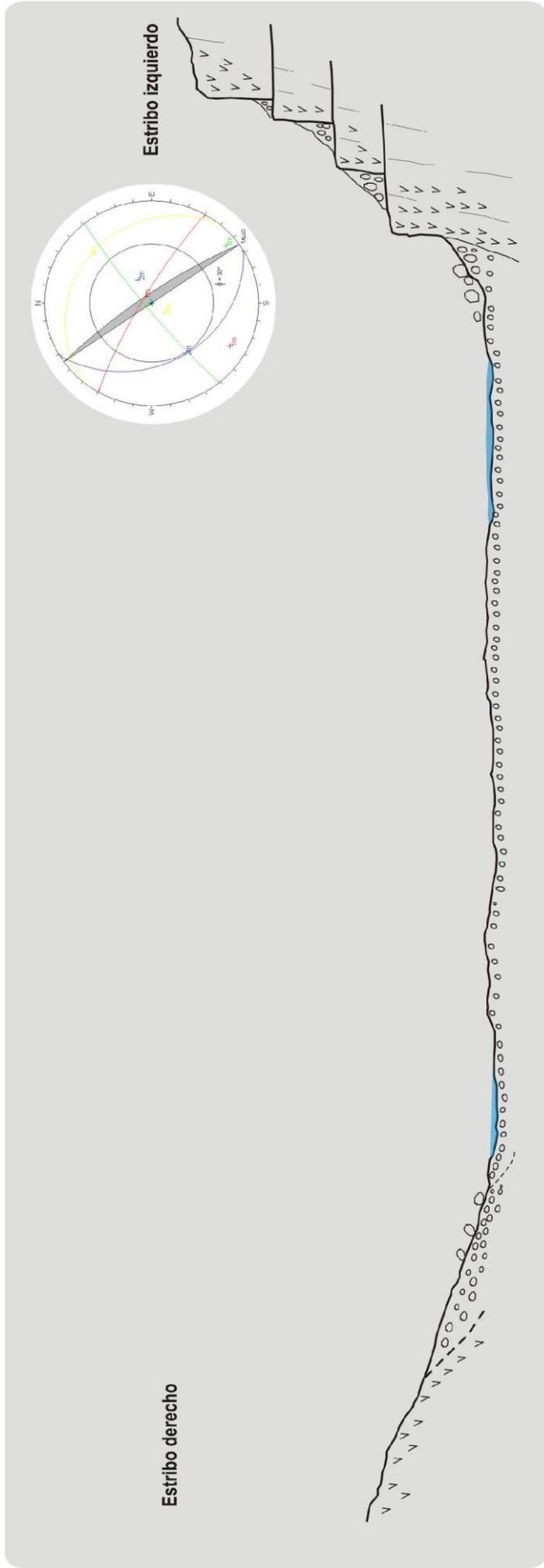


FIGURA N°6: UBICACIÓN DE LA PRESA B2



Presa B2 Vista aguas arriba

Figura° 7

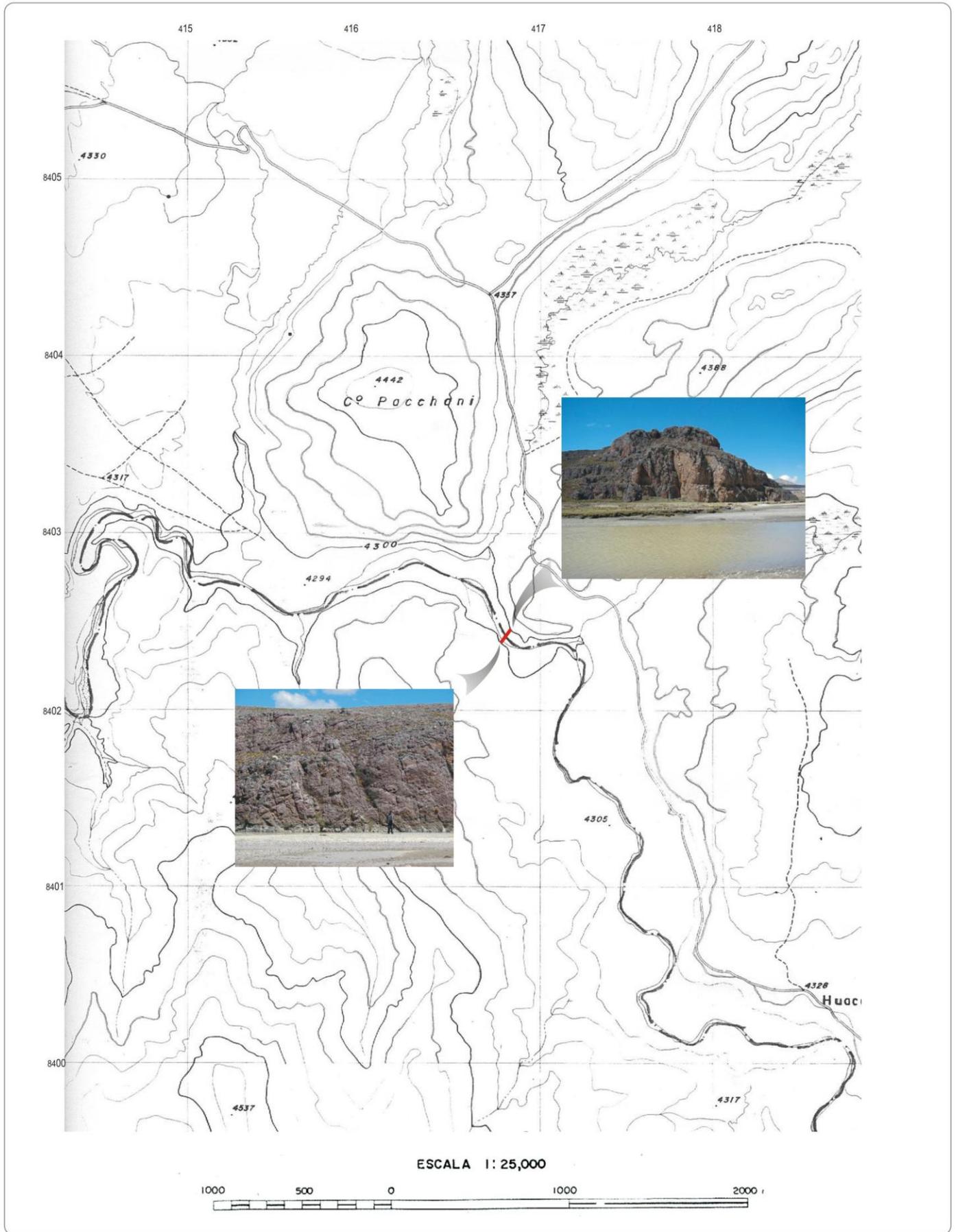
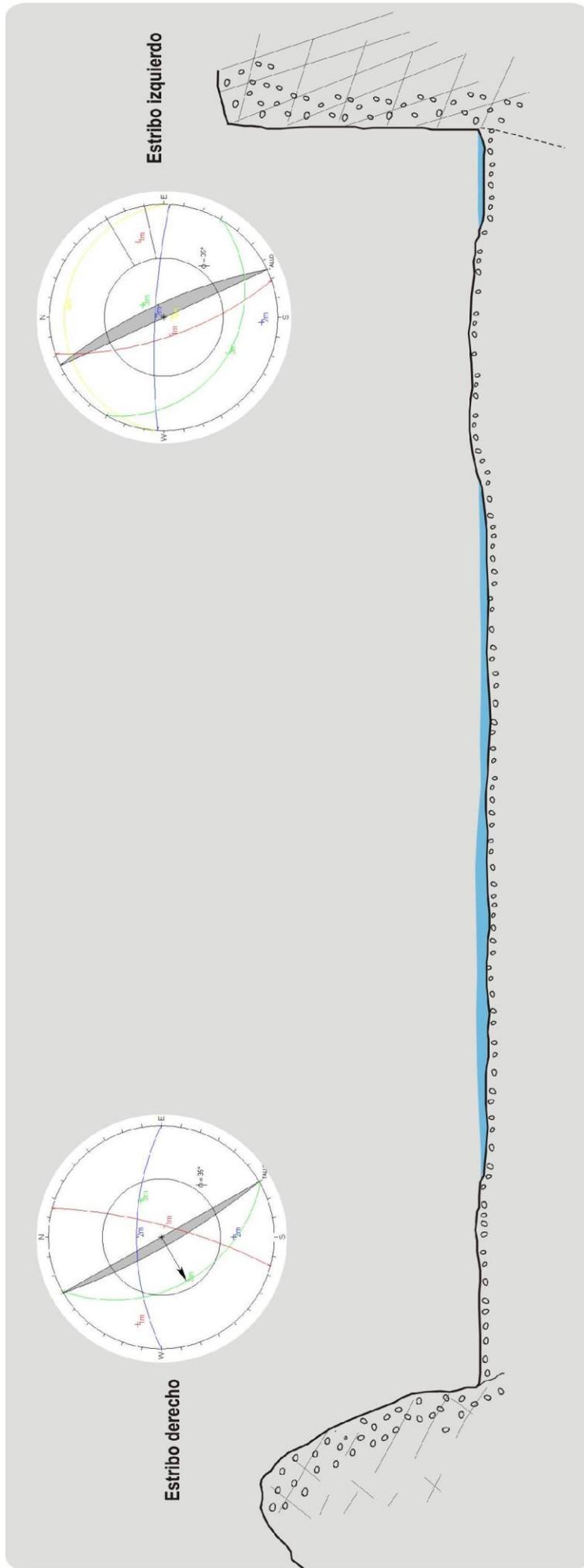


FIGURA N°8: UBICACIÓN DE LA PRESA B3



Figura° 9

Presa B3 Vista aguas arriba

7.0 PELIGRO SÍSMICO

En este capítulo se presentan los resultados de la revisión y análisis de la sismicidad histórica e instrumental presente en la cuenca del río Ramis. La distribución espacial de los sismos en esta cuenca ha permitido realizar estimaciones de las aceleraciones máximas esperadas para periodos de 30, 50 y 100 años, así como conocer las posibles intensidades que podrían afectar a las distintas localidades existentes en la cuenca. De esta manera se espera contribuir a la zonificación del peligro sísmico.

7.1 SISMICIDAD HISTÓRICA DE LA REGIÓN ALTIPLÁNICA

La historia sobre los acontecimientos sísmicos ocurridos en Perú, ha sido descrita con detalle por Silgado (1978). Los sismos más importantes que han producido daños en la región sur y especialmente en distintos puntos de la cuenca del río Ramis se presentan en el Cuadro N° 4

En esta región ocurrieron sismos muy importantes en 1604 (IX MM), 1784 (X MM) y 1868 (X MM), que produjeron diversos grados de daños, principalmente en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna, Puno y Norte de Chile. También deben mencionarse los terremotos de 1650 (VII MM) y 1950 (VII MM) cuyos epicentros se localizaron en el Cusco y el del 23 de junio de 2001 en Arequipa.

CUADRO N° 4

DATOS MACROSÍSMICOS EN LA REGIÓN DE INFLUENCIA DE LA CUENCA RAMIS

LOCALIDAD / FECHA	INTENSIDAD
Arequipa – 22/08/1715	
Ayapata – Carabaya (Puno) – 19/03/1747	VII
Tacna – 18/09/1833	
Puerto de Arica – 13/08/1868	XI
Caravelí – 06/08/1913	
Lima – 09/04/1928	III
Esquilaya – 27/04/1928	
Cerro de Pasco – 17/05/1928	
Ica, Lima, Arequipa, Ayacucho y Apurímac – 09/12/1932	VI
Arequipa, Moquegua, y Tacna. 11/05/1948	VII
Ica – 09/12/1950	VII
Coasa – Macusani – 26/02/1952	
Arequipa – 15/01/1958	
Arequipa – 26/07/1958	
Arequipa, Moquegua, Cuzco y otros – 19/07/1959	VII
Arequipa – 13/01/1960	IX
Arequipa – 19/03/1960	

Fuente: SILGADO, E. (1978).

7.2 DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES SÍSMICAS MÁXIMAS

El área de la cuenca del río Ramis ha sido afectada por sismos con intensidades que oscilaron entre V MM y VII MM, Por ejemplo en el sector Norte de la cuenca, en las zonas de Macusani y Ayapata afectados por grandes terremotos del 21 de abril de 1950 en Cusco, asimismo por los terremotos de Puno (26 de febrero de 1952) y de la zona de subducción (19 de Julio de 1959).

En la Figura N° 10 se presenta el Mapa de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas elaborado para el Perú por (ALVA Y MENESES, 1984) como parte del proyecto SISRA a cargo del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). En el área de la cuenca del río Ramis se observa que prevalecen contornos intermedios de intensidades máximas del orden de VI (MM): daños parciales en las viviendas, sacudida sentida por todos.

7.3 SISMOTECTÓNICA DE LA REGIÓN

La cuenca del río Ramis está influenciada por la presencia de la falla Viscachani, esta falla se encuentra ubicada al Este de la localidad de Ananea y tiene un rumbo E-O con buzamiento hacia el Norte y movimiento de tipo normal (BERNAL & TAVERA, 2002).

También tienen influencia parcial algunas fallas activas del Cusco (Ausangate, Vilcanota) y Arequipa (Cabanacocha y Huambo). Es necesario mencionar la presencia de dos lineamientos estructurales el lago Titicaca y otro cercano a la cordillera de Carabaya,

7.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SISMOS

En la cuenca del río Ramis la actividad sísmica presenta focos superficiales, intermedios y profundos, y se distribuyen según las características antes descritas. La distribución de los sismos en profundidad como se muestra en el perfil de la Figura N° 11, el mayor número se registra en la superficie de colisión de placas, desde la fosa peruano-chilena hasta una profundidad de 60 km. Por debajo de esta profundidad y distancias, desde la fosa, de 500 km, los sismos se distribuyen de manera oblicua y están asociados a la deformación interna de la placa de Nasca con la placa Sudamericana.

7.5 ESTUDIO SÍSMICO PROBABILÍSTICO

Para conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que pudiera ocurrir en el futuro en la cuenca del río Ramis, se procedió a evaluar el peligro sísmico de dicha cuenca utilizando la base de datos sísmicos del Catálogo Sísmico del IGP, la ley de atenuación de Huaco (1981), y las fuentes sismogénicas definidas por Zamudio y Tavera (2004). Para el cálculo de las aceleraciones máximas se usó el programa RISK III (McGuire, 1999).



FIGURA Nº 10: Distribución de máximas intensidades en Perú

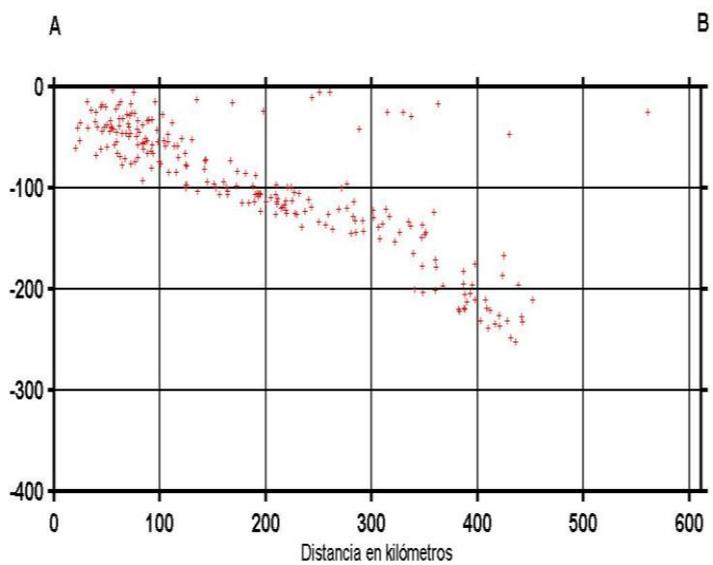
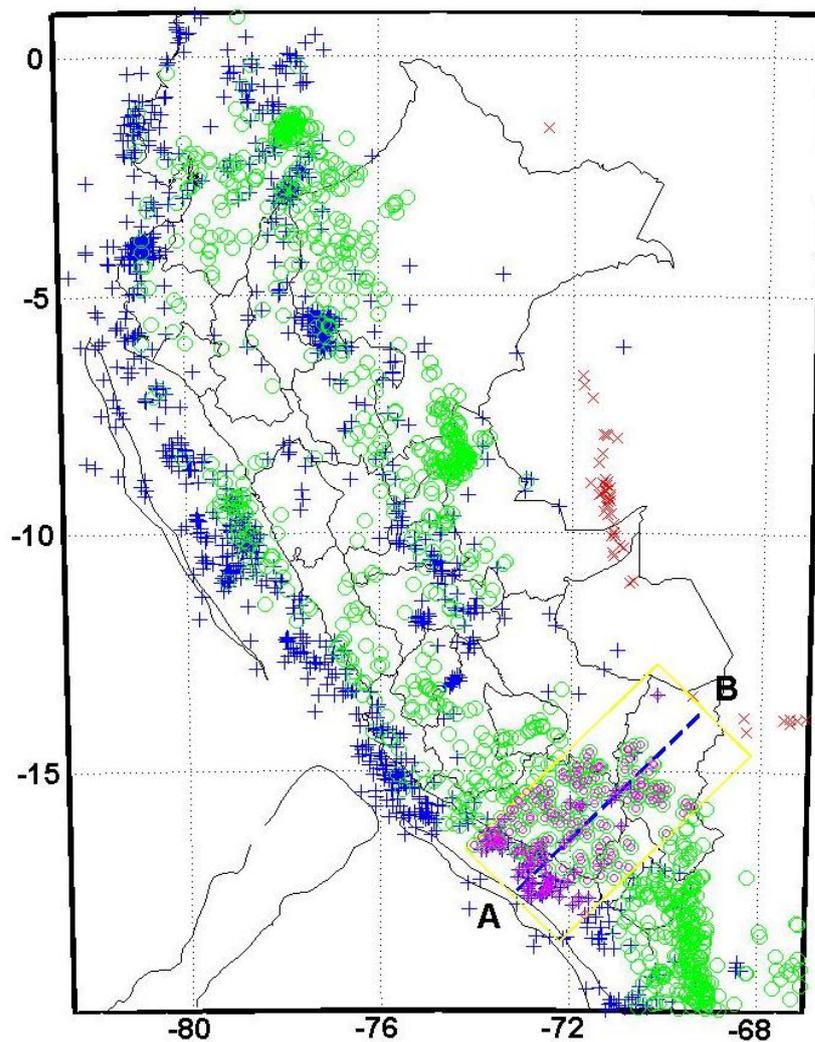


FIGURA N° 11 Mapa de Distribución de Sismicidad del Perú y Perfil Sísmico en la Región Sureste

En las Figuras N° 12, 13 y 14 se muestran las aceleraciones máximas para un periodo de 30, 50 y 100 años con un 10 % de excedencia, y en ella se observa que las aceleraciones mayores se presentan a lo largo del borde suroccidental de la cuenca y disminuyen conforme se avanza hacia el Noreste. Dentro de la cuenca, las aceleraciones para 30 años oscilan entre 205 y 255 gals y para los 100 años varían de 270 a 335 gals. Desde el sector Oeste de la cuenca hacia el Este, las aceleraciones disminuyen gradualmente.

7.6 ZONIFICACION Y ACELERACIONES MÁXIMAS

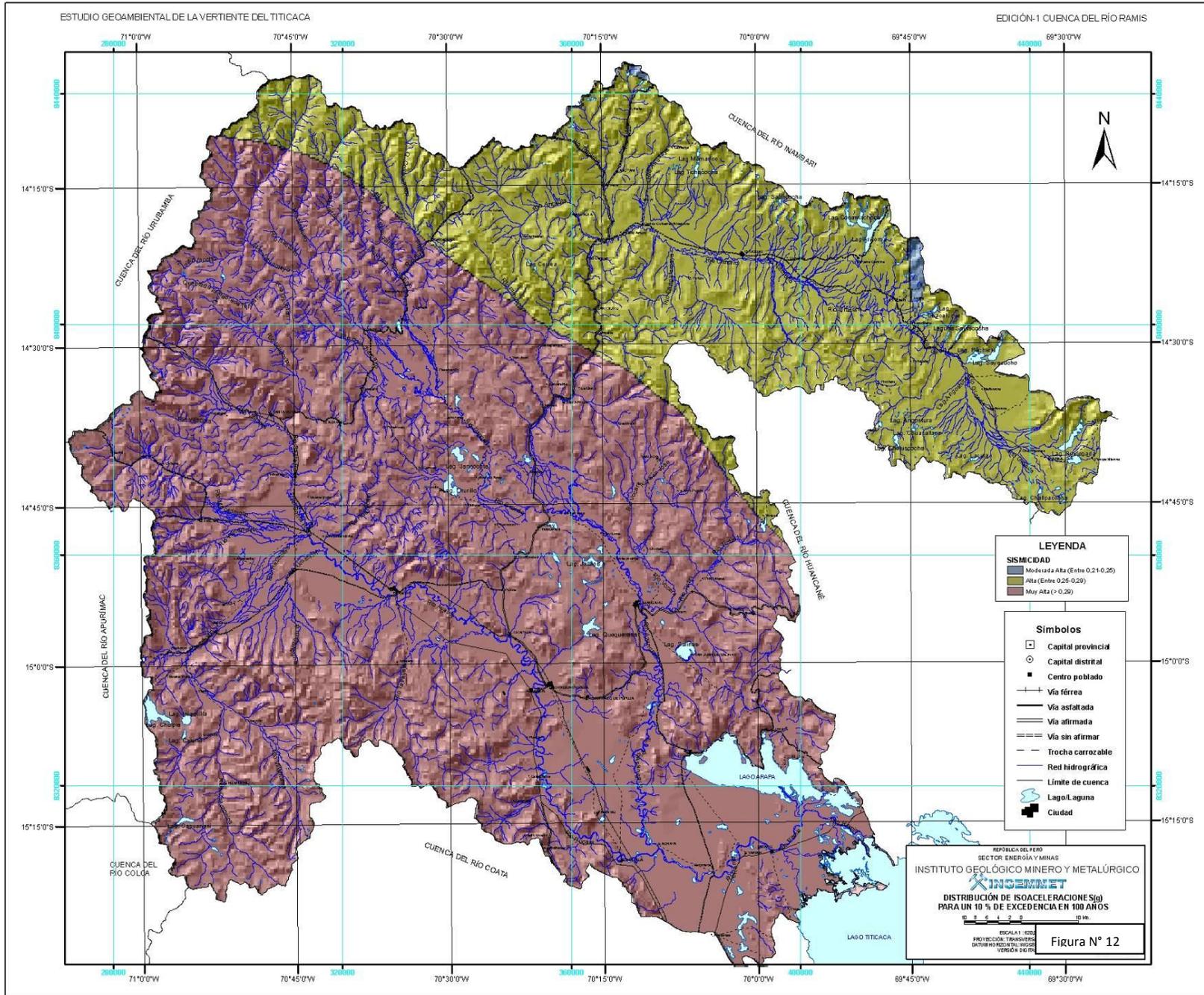
Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía, han servido como base para que autores como Alva (1999) elaborase el Mapa de Zonificación Sísmica para Perú, el mismo que actualmente es utilizado en el Reglamento Nacional de Construcción (Figura N° 15). Según dicho mapa, la cuenca, se encuentra ubicada en la Zona 2 que corresponden a una intensidad media y en ella las aceleraciones máximas para 30, 50 y 100 años varían en el orden de 205 a 335 gals.

Según la Guía Metodológica de Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa (OJEDA, et al, 2001), con ventanas de tiempo para 30, 50 y 100 años de vida útil, corresponden 300, 475 y 1000 años de periodo de retorno respectivamente para un 10% de excedencia se ha determinado en forma general, de acuerdo a valores de aceleraciones máximas esperadas para la cuenca (Cuadro N° 5):

Moderadamente Alta: Zona que abarca las denominadas unidades morfológicas de la Cordillera Oriental y parte de la Faja Subandina en donde prevalecen la presencia de lineamientos estructurales y cuya actividad sísmica compromete a las localidades de Ayaviri, Santa Rosa, Ocuvi, Llalli, Cupi, Macarí, Pucará, Calapuja, Caminaca, Santiago de Pupuja, Tirapata, entre otras.

Baja: Esta zona abarca la zona Este del altiplano y localidades como: Crucero, Ajoyani, Antauta, Nuñoa, entre otras.

En la Figura N° 16 se presenta un ejemplo de la curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para la bocatoma de Azangaro. De esta figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 430 gals con una probabilidad de 0,002%, siendo el período medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de 200 gals se producirían con una probabilidad de 0,05% en un período de 60 años promedio.





LEYENDA

SISMICIDAD

- Muy Alta (Entre 0.21-0.25)
- Alta (Entre 0.25-0.29)
- Muy Alta (> 0.29)

Simbolos

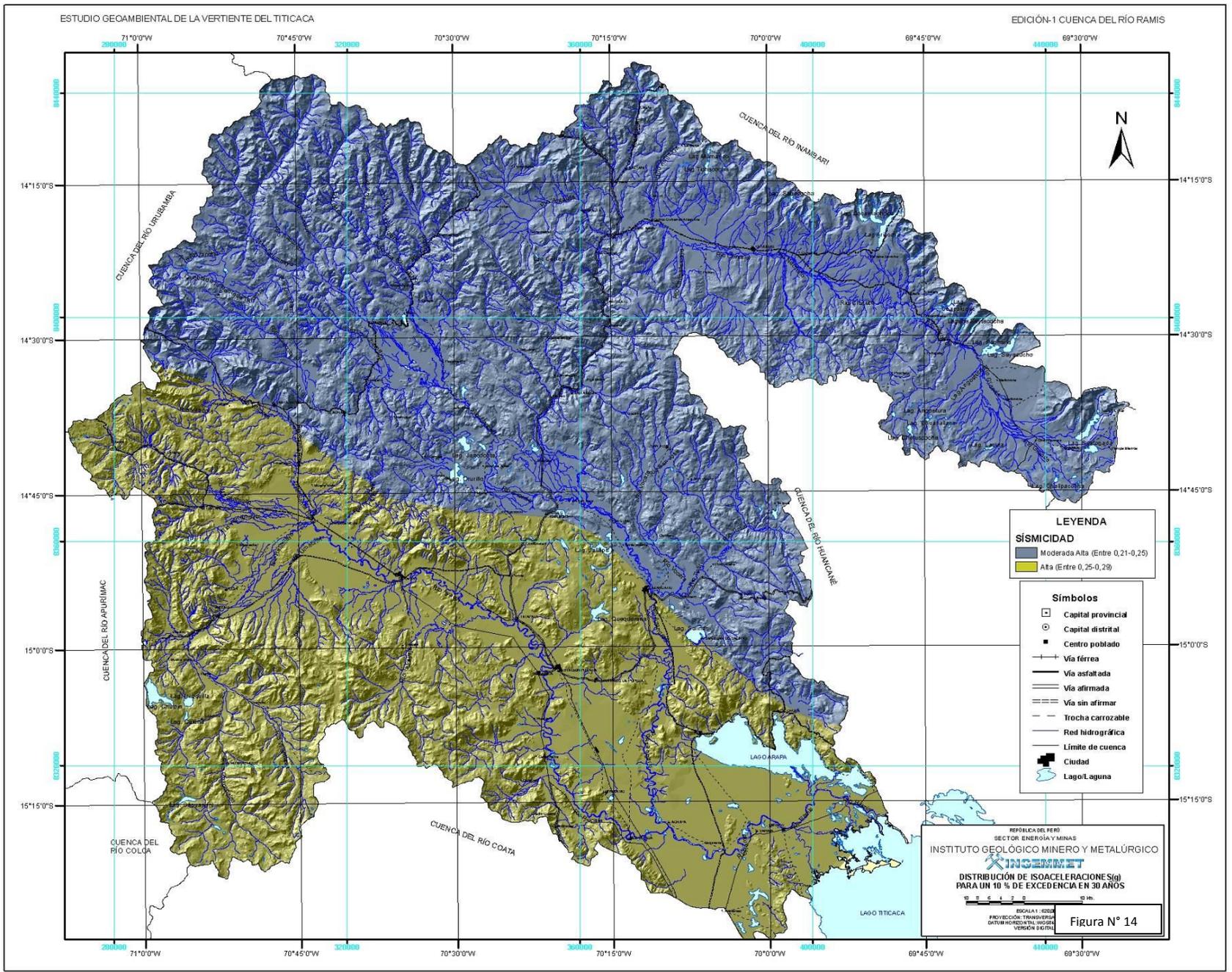
- Capital provincial
- Capital distrital
- Centro poblado
- Vía férrea
- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Vía sin afirmar
- Trocha carrozable
- Red hidrográfica
- Límite de cuenca
- Lago/Laguna
- Ciudad

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGENMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONE(S)
PARA UN 10 % DE EXCEDENCIA EN 50 AÑOS**

ESCALA: 1:50,000
PROYECCIÓN TRANSVERSA DE
DATOS HORIZONTALES LOCAL DEL
VEREDÓN 0 DE FEBRERO

Figura N° 13



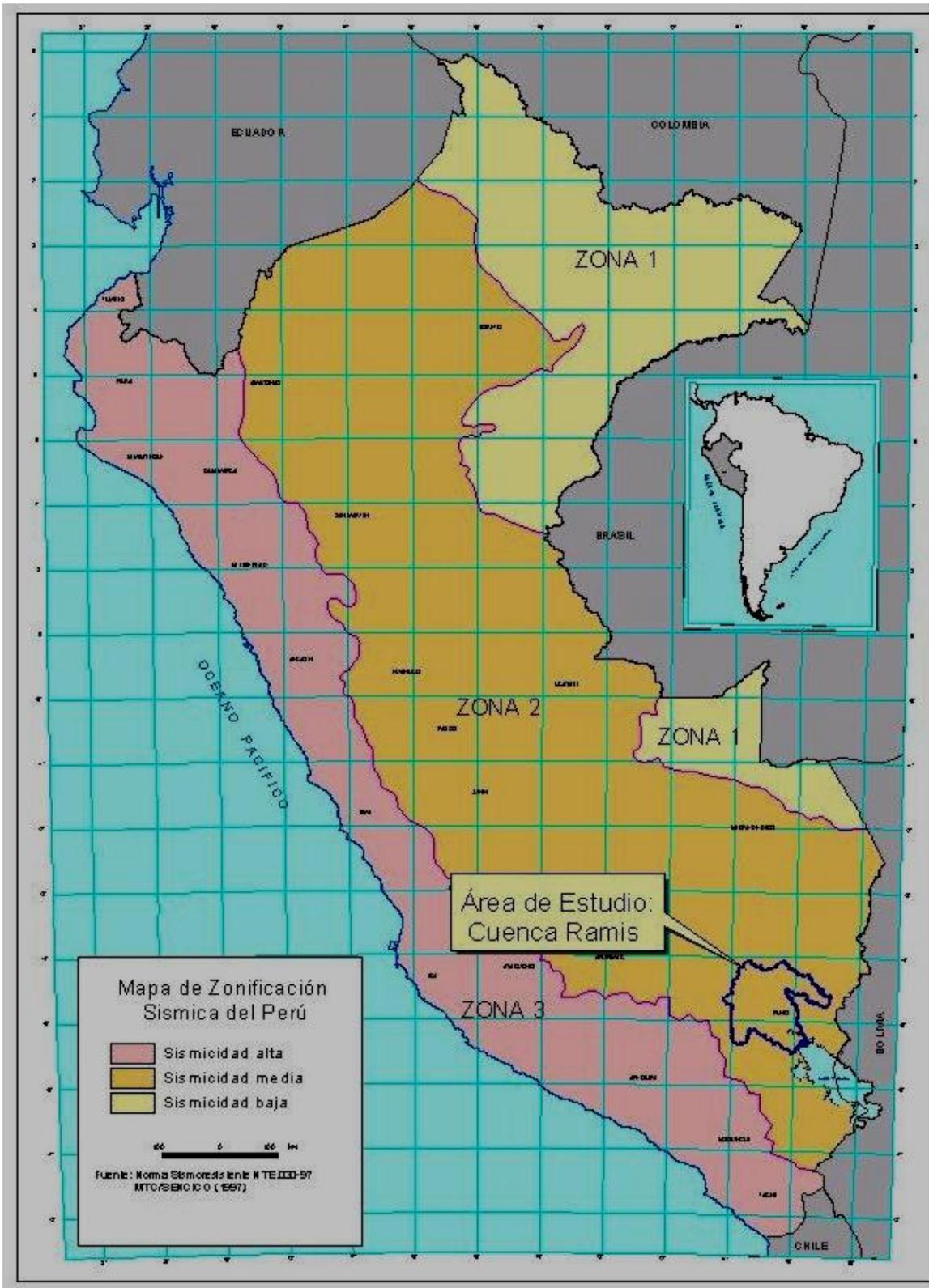


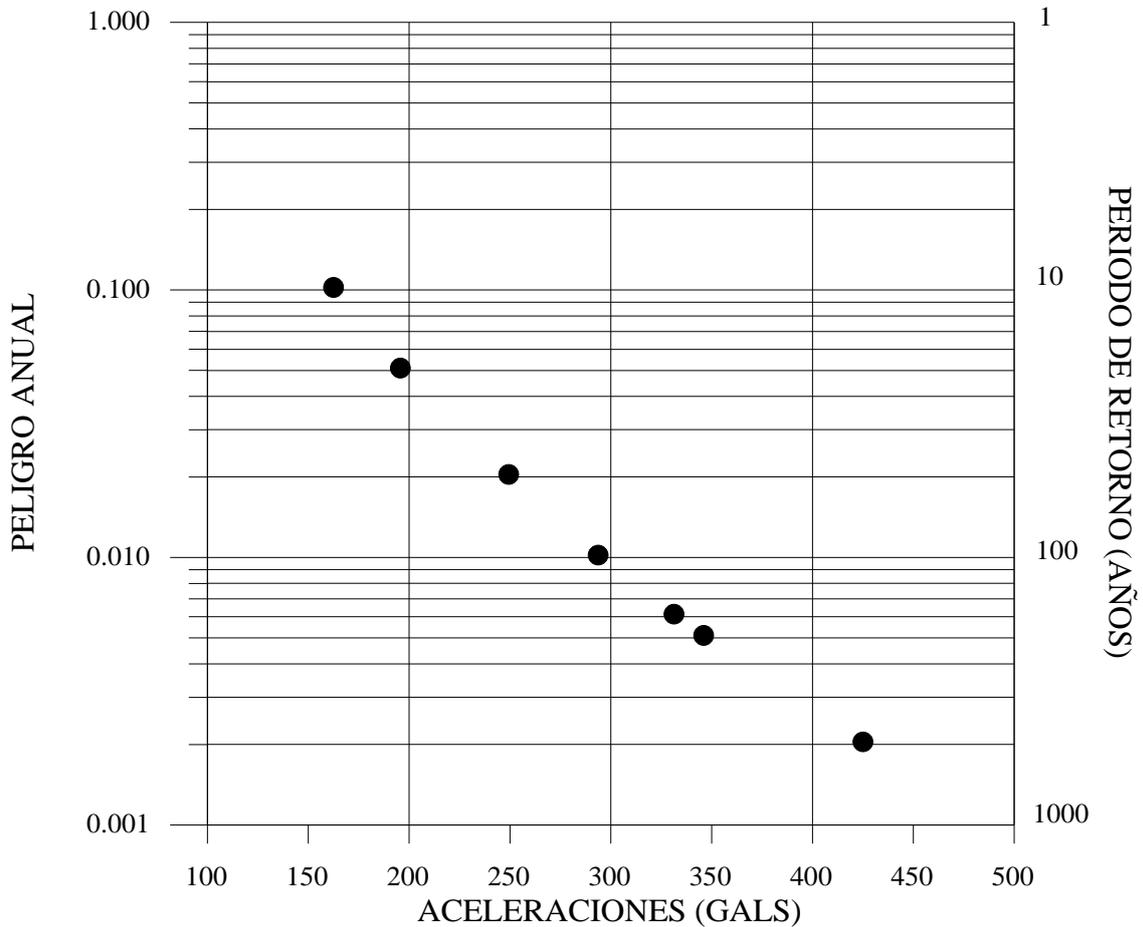
FIGURA Nº 15: ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE PERÚ

CUADRO Nº 5

CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DETONANTE (SISMICIDAD)

CATEGORIA	DESCRIPCION
Baja	Se espera un AMH menores a 0,21 g
Moderadamente Alta	Se espera un AMH entre 0.21-0,25 g
Alta	Se espera un AMH de entre 0,25-0,29 g
Muy Alta	Se espera un AMH mayores a 0,30 g

PUNTO BOCATOMA AZANGARO



Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2005

FIGURA Nº 16: CURVA DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ACELERACIONES MÁXIMAS EN LA BOCATOMA AZÁNGARO – PUNO

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para esta evaluación, se trabajó con planos topográficos a escala 1:25,000 (PEET y 1:50,000 (IGN).
- Geomorfológicamente en el área de estudio destacan las siguientes Unidades Morfológicas: Montañas, Colinas, Lomadas, Piedemontes, Planicies y Depresiones. Estas unidades se subdividen de acuerdo al origen y geometría del relieve (pendiente del terreno), carácter estructural y asociación morfo genética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional)
- La estratigrafía de la zona de Ananea, presenta unidades que van desde el paleozoico inferior hasta el cuaternario reciente. Las rocas del Paleozoico inferior, se ubican en la Cordillera Oriental y las del Paleozoico superior, en la parte Suroeste de la zona de estudio. En la parte central se encuentran tobas del plioceno y material cuaternario continental.
- Las calidades de las rocas en los estribos, están relacionadas directamente con la litología. A pesar que el factor de ajuste para los taludes en ambos márgenes de la presa B3, muestran problemas con rotura planar y vuelco; no hay influencia de la meteorización y alteración en la calidad del macizo rocoso.
- La toba, que se presenta en el estribo izquierdo de la Presa B2, a pesar de su “regular calidad”, puede tener problemas con la presencia de xenolitos de menor resistencia a la compresión, observándose oquedades y pequeñas cuevas en superficie.
- En el estribo izquierdo de la Presa B2, no se han detectado posibilidades de inestabilidad debido a las discontinuidades. Es importante mencionar, que los posibles problemas geomecánicos que se presenten en este tipo de material, no están relacionados al arreglo o modelo estructural de la masa rocosa, sino problemas de competencia.
- En el estribo derecho de la Presa B3, se ha detectado la posibilidad de rotura planar con el SET 3; rotura que no compromete al estribo.
- En el estribo izquierdo de la Presa B3, se ha detectado la posibilidad de rotura por vuelco con el SET 1. Dado que la inestabilidad potencial se puede producir por el SET o familia principal de discontinuidades, se recomienda su posterior análisis de detalle.
- Las condiciones de geodinámica externa de la Presa B1, está relacionada a la morfología del área y a los procesos hídricos del río Grande: erosión fluvial, así como inundaciones

periódicas y excepcionales. En el área no se observan problemas de movimientos en masa, que comprometan la estabilidad de la presa.

- En la Presa B2, los problemas de geodinámica externa, está relacionadas a la morfología del área y a los procesos hídricos del río: erosión fluvial en ambas márgenes, así como inundaciones periódicas y/o excepcionales. En el estribo derecho, los movimientos en masa que pueden presentarse están asociados a caídas de rocas y derrumbes detonados por sismos.
- En la Presa B3, en el estribo izquierdo se ha detectado la posibilidad de caídas de rocas por rotura por vuelco. Dado que la inestabilidad potencial involucra al SET 1 (familia principal), se recomienda su posterior análisis de detalle. El cauce del río, en épocas de avenida, abarca de estribo a estribo.
- No se han localizado problemas de geodinámica externa de importancia en los vasos de las tres presas estudiadas.
- En el área de estudio se produciría una aceleración máxima de 430 gals con una probabilidad de 0,002%, siendo el período medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de 200 gals se producirían con una probabilidad de 0,05% en un período de 60 años promedio.
- Para los estudios definitivos, es importante contar con planos topográficos de detalle.
- Es importante que el eje de Presa B1, se construya aguas arriba de la confluencia del río Seco, con el río Grande.

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.

BERNAL, I. & TAVERA, H. (2002). Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú. Instituto Geofísico del Perú.

CHÁVEZ, A., SALAS, G., CUADROS, J., GUTIÉRREZ, E. (1996). Geología de los cuadrángulos de Putina y La Rinconada. INGEMMET. Levantamiento realizado dentro del convenio INGEMMET - Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 66, 170 p.

COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL – PERU (2008). Recuperação ambiental da bacia do rio Ramis, Informe técnico. República Federativa do Brasil, atividade isolada. Brasília 2008

FORNARI M., GRANDIN, G., HERAIL G., JUNGBLULH R., LAUBACHER. (1981). Las mineralizaciones auríferas en la cordillera Sur Oriental del Perú. El papel de la evolución geomorfológica en la formación de placeres. ORSTOM -INGEMMET.

GONZALES DE VALLEJO L., FERRER, M., ORTUÑO, L. & OTEO, C. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 2002, 744 pp

HOECK, E. & BRAY, J.W. (1981). Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 359 pp.

HUACO, D. (1981). Informe de peligro sísmico para la zona del proyecto Olmos. Instituto Geofísico del Perú, reporte interno.

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (2005). Centro Nacional de Datos Geofísicos. Datos de Intensidades Sísmicas.

LOAIZA, E. & GALLOSO, A., (2008). Implicancias ambientales por la actividad minera de la zona de Ananea en la cuenca del río Ramis. INGEMMET, Serie E. Minería, N°5, 110p, 12 mapas escala 1250,000.

LAUBACHER, G. (1978). Estudio geológico de la región norte del Lago Titicaca. INGEMMET. Boletín. Serie D: Estudios Especiales, n. 5, 120 p.

MCGUIRE, R. (1999). Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis. Open-File Report 76-67, U.S. Geological Survey.

OJEDA, et al (2001). Evaluación del Riesgo por Fenómenos en Masa: Guía Metodológica. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería en coedición con INGEOMINAS, Julio, 2001. Bogotá, Colombia.

PALMSTROM, A. (1975). Characterization of degree of jointing and rock mass quality. Int. Report Ing. A.B. Berdel, A.S. Oslo, 62 pp.

ROMANA, M. R., (1985). New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. Proc. Int. Symp. Rock Mech. Excav. Min. Civ. Works. ISRM, Mexico City. Pp. 59-68

ROMANA, M. R., (1993). A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating. Universidad Politécnica de Valencia, Spain. Pergamon Press. First edición 1993

SILGADO E. (1978). Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú (1513-1974), Boletín N°3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Instituto de Geología y Minería. Lima, Perú.

TAVERA, H. & BUFORN (1998). Sismicidad y Sismotectónica del Perú. En: A. Udias y E. Buforn (ed). Sismicidad y Sismotectónica del Centro y Sudamérica. Física de la Tierra, UCM., N° 10.

ZAMUDIO & TAVERA (2000). Evaluación de peligro sísmico en el Perú, carta Nacional de Datos Geofísicos. Instituto Geofísico del Perú. Resumen X Congreso Peruano de Geología. 181 pp.

ZAVALA B. & GUERRERO C., 2006. Estudio Geoambiental de la Cuenca del río Ramis. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica. N° 30, 195p, 16 mapas a escala 1:200,000

ANEXOS

ANEXO 1

FORMULARIO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

FORMULARIO PARA LA DESCRIPCION DE MACIZOS ROCOSOS

INFORMACION GENERAL: <i>PRESAS DE SEDIMENTACIÓN ANANEA, PUNO (INGEMMET)</i>																																																																																				
N°	E	0	0	1	LUGAR	B2: Estribo Izqui	FECHA	23	04	08	OPERARIO	L	F	METODO DE LOCALIZACION	1- Coordenadas	LATITUD	8396191	LONGITUD	421709	ALTURA	4397																																																															
TIPO DE EMPLAZAMIENTO	TAMAÑO DE EMPLAZAMIENTO	N° DE HOJAS DE DISCONTINUIDADES	ESQUEMA	FOTOGRAFIA	ENSAYOS DE LABORATORIO	OBSERVACIONES																																																																														
9	1	0 1	0	0	0- Si 1- No	0- Si 1- No	Talud natural: N35W - 85NE En la margen derecha se observan depósitos aluviales formados por gravas																																																																													
1- Parametro natural																																																																																				
2- Excavación para construcción																																																																																				
3- Calicata																																																																																				
4- Zanja																																																																																				
5- Galería																																																																																				
6- Túnel																																																																																				
7- Talud natural																																																																																				
8- Talud de corte																																																																																				
9- Eje de presa																																																																																				
INFORMACION SOBRE LA ROCA MATRIZ																																																																																				
COLOR	TAMAÑO DEL GRANO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	METODO DE DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION	TIPO DE ROCA																																																																																
1 8 7	1 2	2	2	T o b																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>1- Ligero</th> <th>1- Rosáceo</th> <th>1- Rosa</th> <th>1- Grueso (>2 mm)</th> <th>1- Roca muy debil (1 - 5) MPa</th> <th>1- Medido</th> <th colspan="16">TERMINOS CALIFICATIVOS QUE DESCRIBEN LA ROCA</th> </tr> <tr> <th>2- Oscuro</th> <th>2- Rojizo</th> <th>2- Rojo</th> <th>2- Medio (0.06 - 2 mm)</th> <th>2- Roca débil (5 - 25)</th> <th>2- Estimado</th> <th colspan="16" rowspan="8"> Rocas volcánicas, tobas, de color gris blanquecino, poco fracturadas, de resistencia media a debil. Se presenta con estructura columnar y bloques grandes a medios. Se observa erosión diferencial, debido a la cantidad de xenolitos de fácil meteorización. De este proceso, se observa oquedades y cuevas en la roca. </th> </tr> <tr> <th>3- Amarillo</th> <th>3- Amarillo</th> <th>3- Fino (<0.06 mm)</th> <th>3- Roca medianamente fuerte (25 - 50)</th> <th>3- Roca muy fuerte (100 - 250)</th> </tr> <tr> <th>4- Castaño</th> <th>4- Castaño</th> <th>4- Roca fuerte (50 - 100)</th> <th>4- Roca extremadamente fuerte (> 250)</th> </tr> <tr> <th>5- Olivo</th> <th>5- Olivo</th> </tr> <tr> <th>6- Verdoso</th> <th>6- Verde</th> </tr> <tr> <th>7- Azulado</th> <th>7- Blanco</th> </tr> <tr> <th>8- Grisáceo</th> <th>8- Gris</th> </tr> <tr> <th></th> <th>9- Negro</th> </tr> </thead> </table>																						1- Ligero	1- Rosáceo	1- Rosa	1- Grueso (>2 mm)	1- Roca muy debil (1 - 5) MPa	1- Medido	TERMINOS CALIFICATIVOS QUE DESCRIBEN LA ROCA																2- Oscuro	2- Rojizo	2- Rojo	2- Medio (0.06 - 2 mm)	2- Roca débil (5 - 25)	2- Estimado	Rocas volcánicas, tobas, de color gris blanquecino, poco fracturadas, de resistencia media a debil. Se presenta con estructura columnar y bloques grandes a medios. Se observa erosión diferencial, debido a la cantidad de xenolitos de fácil meteorización. De este proceso, se observa oquedades y cuevas en la roca.																3- Amarillo	3- Amarillo	3- Fino (<0.06 mm)	3- Roca medianamente fuerte (25 - 50)	3- Roca muy fuerte (100 - 250)	4- Castaño	4- Castaño	4- Roca fuerte (50 - 100)	4- Roca extremadamente fuerte (> 250)	5- Olivo	5- Olivo	6- Verdoso	6- Verde	7- Azulado	7- Blanco	8- Grisáceo	8- Gris		9- Negro
1- Ligero	1- Rosáceo	1- Rosa	1- Grueso (>2 mm)	1- Roca muy debil (1 - 5) MPa	1- Medido	TERMINOS CALIFICATIVOS QUE DESCRIBEN LA ROCA																																																																														
2- Oscuro	2- Rojizo	2- Rojo	2- Medio (0.06 - 2 mm)	2- Roca débil (5 - 25)	2- Estimado	Rocas volcánicas, tobas, de color gris blanquecino, poco fracturadas, de resistencia media a debil. Se presenta con estructura columnar y bloques grandes a medios. Se observa erosión diferencial, debido a la cantidad de xenolitos de fácil meteorización. De este proceso, se observa oquedades y cuevas en la roca.																																																																														
3- Amarillo	3- Amarillo	3- Fino (<0.06 mm)	3- Roca medianamente fuerte (25 - 50)	3- Roca muy fuerte (100 - 250)																																																																																
4- Castaño	4- Castaño	4- Roca fuerte (50 - 100)	4- Roca extremadamente fuerte (> 250)																																																																																	
5- Olivo	5- Olivo																																																																																			
6- Verdoso	6- Verde																																																																																			
7- Azulado	7- Blanco																																																																																			
8- Grisáceo	8- Gris																																																																																			
	9- Negro																																																																																			
INFORMACION SOBRE EL MACIZO																																																																																				
ESTRUCTURA	TAMAÑO DE BLOQUE	GRADO DE METEORIZACION	N° DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES	MUESTREOS LINEALES PARA DETERMINAR EL ESPACIADO																																																																																
4	2 3	3	4	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>INCLINACION</th> <th>RUMBO</th> <th>LONG[=]</th> <th>N-FRAC</th> <th>ESP</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1- Masivo</td> <td>1- Muy grande (<1)</td> <td>1- Roca sana</td> <td colspan="4"></td> <td rowspan="6">Espaciado 4</td> </tr> <tr> <td>2- Cúbico</td> <td>2- Grande (1-3)</td> <td>2- Ligeramente meteorizado</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>3- Tabular</td> <td>3- Medio (3-10)</td> <td>3- Moderadamente meteorizada</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>4- Columnar</td> <td>4- Pequeño (10-30)</td> <td>4- Muy meteorizada</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>5- Irregular</td> <td>5- Muy pequeño (>30)</td> <td>5- Descompuesta</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>6- Tirado</td> <td></td> <td></td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>																			INCLINACION	RUMBO	LONG[=]	N-FRAC	ESP	OBSERVACIONES	1- Masivo	1- Muy grande (<1)	1- Roca sana					Espaciado 4	2- Cúbico	2- Grande (1-3)	2- Ligeramente meteorizado					3- Tabular	3- Medio (3-10)	3- Moderadamente meteorizada					4- Columnar	4- Pequeño (10-30)	4- Muy meteorizada					5- Irregular	5- Muy pequeño (>30)	5- Descompuesta					6- Tirado																			
	INCLINACION	RUMBO	LONG[=]	N-FRAC	ESP	OBSERVACIONES																																																																														
1- Masivo	1- Muy grande (<1)	1- Roca sana					Espaciado 4																																																																													
2- Cúbico	2- Grande (1-3)	2- Ligeramente meteorizado																																																																																		
3- Tabular	3- Medio (3-10)	3- Moderadamente meteorizada																																																																																		
4- Columnar	4- Pequeño (10-30)	4- Muy meteorizada																																																																																		
5- Irregular	5- Muy pequeño (>30)	5- Descompuesta																																																																																		
6- Tirado																																																																																				
1-Muy próximas (<0.05m) 2-Próximas (0.20-0.05m) 3-Medianamente separadas (0.60-0.20m) 4- Separadas (2.00 - 0.60 m) 5- Muy separadas (> 2 m)																																																																																				
(ISRM, 1981)																																																																																				

FORMULARIO PARA LA DESCRIPCION DE MACIZOS ROCOSOS

INFORMACION GENERAL: PRESAS DE SEDIMENTACION ANANEA, PUNO (INGEMMET)																					
N°	E	0	0	3	LUGAR	B3: Estribo izquierdo	FECHA	24	04	08	OPERARIO	L	F	METODO DE LOCALIZACION	1- Coordenadas	LATITUD	8402461	LONGITUD	416754	ALTURA	4327
TIPO DE EMPLAZAMIENTO	9	TAMAÑO DE EMPLAZAMIENTO	1	N° DE HOJAS DE DISCONTINUIDADES	0	1	ESQUEMA	0	FOTOGRAFIA	0	ENSAYOS DE LABORATORIO	0- Si 1- No	0- Si 1- No	3- Mapa/Esquema/Fotografía		OBSERVACIONES					
1- Parametro natural	1- > 10 m2	2- Excavación para construcción	2- 5 - 10 m2	3- Calicata	3- 1 - 5 m2	4- Zanja	4- < 1 m2	5- Galería	5- Reconocimiento lineal	Talud natural: N25W - 76NE En esta presa de sedimentación los dos estribos estarán en rocas sedimentarias: brechas											
6- Túnel		7- Talud natural		8- Talud de corte		9- Eje de presa															
INFORMACION SOBRE LA ROCA MATRIZ																					
COLOR	2	8	2	TAMAÑO DEL GRANO		RESISTENCIA A LA COMPRESION	4	5	METODO DE DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION	2	TIPO DE ROCA	C	e	n							
Brecha															TERMINOS CALIFICATIVOS QUE DESCRIBEN LA ROCA						
1- Ligero	1- Rosáceo	1- Rosa	1- Grueso (>2 mm)	1- Roca muy debil	MPa (1 - 5)	1- Medido	Roca sedimentaria: conglomerado de color gris rojizo, con clastos de areniscas rojas, calizas cuarcitas y volcánicos; de forma angulosa, sub angulosa y sub redondeadas. Clastos de 5 cm de promedio. De resistencia, media a alta, fracturados, ligeramente meteorizados. Se presentan masivos, formando paredes verticales, con bloques medios a grandes.														
2- Oscuro	2- Rojizo	2- Rojo	2- Medio (0.06 -2 mm)	2- Roca débil	(5 - 25)	2- Estimado															
	3- Amarillo	3- Amarillo	3- Fino (<0.06 mm)	3- Roca medianamente fuerte	(25 - 50)																
	4- Castaño	4- Castaño		4- Roca fuerte	(50 - 100)																
	5- Oliva	5- Olivo		5- Roca muy fuerte	(100 - 250)																
	6- Verdoso	6- Verde		6- Roca extremadamente fuerte	(> 250)																
	7- Azulado	7- Blanco																			
	8- Grisáceo	8- Gris																			
		9- Negro																			
INFORMACION SOBRE EL MACIZO																					
ESTRUCTURA	1	TAMAÑO DE BLOQUE	2	3	GRADO DE METEORIZACION	2	N° DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES	3													
Jv (discontinuidades/m³)															MUESTREOS LINEALES PARA DETERMINAR EL ESPACIADO						
1- Masivo	1- Muy grande (<1)	1- Roca sana																			
2- Cúbico	2- Grande (1-3)	2- Ligeramente meteorizado																			
3- Tabular	3- Medio (3-10)	3- Moderadamente meteorizada																			
4- Columnar	4- Pequeño (10-30)	4- Muy meteorizada																			
5- Irregular	5- Muy pequeño (>30)	5- Descompuesta																			
6- Tirado																					
															INCINACION	RUMBO	LONGI	N-FRAC	ESP	OBSERVACIONES	
															LINEA 1			10	28	3	
															LINEA 2						
															LINEA 3						
															1-Muy próximas (<0.06m) 2-Próximas (0.20-0.06m) 3-Medianamente separadas (0.60-0.20m)						
															4- Separadas (2.00 - 0.60 m) 5- Muy separadas (> 2 m)						

ANEXO 2

CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS DATOS DE CAMPO

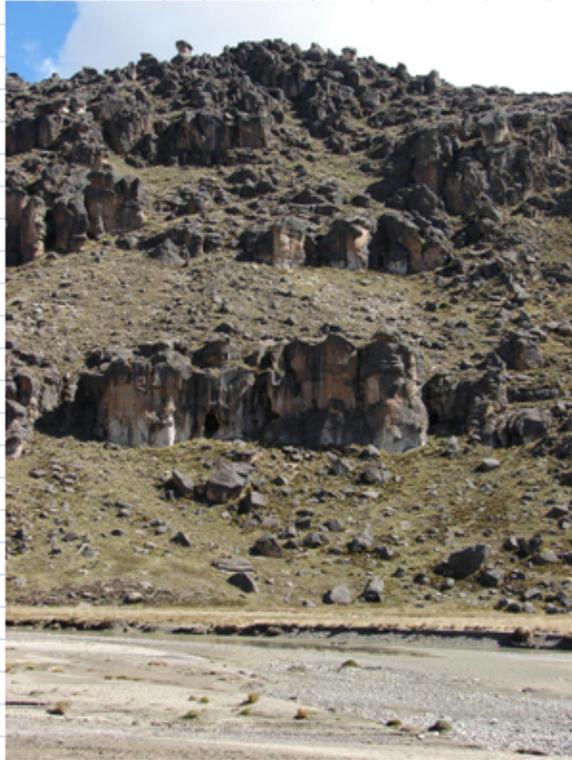
CLASIFICACIONES GEOMECANICAS

DATOS DE CAMPO

Proyecto: PRESAS DE SEDIMENTACIÓN - ANANEA
 Operador: INGEMMET
 Observador: LFS

Fecha: 23/04/2008

Croquis/Gráficos/Notas



Datos Estación Geomecánica

PRESA DE SEDIMENTACIÓN B2
 ESTRIBO DERECHO

E: 001

* Margen izquierda del río Carabaya
 * 4397 msnm

Datos Información Geologica

Rocas volcánicas: Tobas de color ligero-gris-blanquecino, de grano medio a grueso, presencia de fenocristales. De resistencia media a debil, poco fracturada. Se presenta masiva, con bloques grandes, con moderada a ligera meteorización. Es notorio la presencia de cuevas y oquedades en la roca, producto de la meteorización diferencial.

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE

<input checked="" type="checkbox"/> MARTILLO DE SCHMIDT		N° de determinaciones realizadas <input type="text" value="8"/>							
N° determinaciones tomadas (tras eliminar los extremos inferiores)	<input type="text" value="7"/>	38	40	41	42	43	42	45	42
Valor modal	<input type="text"/>								
Valor medio	<input type="text" value="42"/>								

COMPRESION UNIAXIAL
 ENSAYADA EN LABORATORIO

C_s (Mpa)

Tipo de Muestra: MS

MATRIZ ROCOSA

Mas Información y datos en hojas adjuntas	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Carga Puntual				<input checked="" type="checkbox"/> INDICE MANUAL (martillo geologo)		VALOR Y/O INTERVALO		
			> 10 Mpa				No, rompe solo saltan astillas	> 250 MPa	Muy alta	<input type="checkbox"/>	
			10-04				Rompe con muchos golpes	250-100	Alta	<input type="checkbox"/>	
			4-2				Rompe con mas de un golpe	100-50	Media	<input checked="" type="checkbox"/>	
			2-1				Rompe con un golpe	50-25	Baja	<input checked="" type="checkbox"/>	
			<1Mpa				Se indenta la punta	05-25	Muy Baja	<input type="checkbox"/>	
			Is (50)				Se machaca con un golpe	01-05		<input type="checkbox"/>	
		Tipo de Probeta	Cilindrica diametral	Cilindrica axial	Bloque Irregular	Idem y se raya con la uña	< 1 MPa	<input type="checkbox"/>			

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA					
MATRIZ	Ia	F	Roca sana a fresca	-	<input type="checkbox"/>
	Ib	F	Debilitamiento decoloracion	-	<input type="checkbox"/>
	II	SW	Ligeramente alterada	< 10%	<input type="checkbox"/>
	III	MW	Bastante Alterada	10-50	<input checked="" type="checkbox"/>
	IV	HW	Muy alterada	50-90	<input type="checkbox"/>
	V	CS	Completament e alterada	> 90	<input type="checkbox"/>
VI	RS	Roca descompuesta	100%	<input type="checkbox"/>	

OTROS TIPOS DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:

DESCRIPCION DEL MACIZO		
MASIVO	Pocas discontinuidades o muy ampliamente	<input type="checkbox"/>
EN BLOQUES	Aproximadamente equidimensional	<input type="checkbox"/>
TABULAR	Una dimension bastante menor que las otras	<input checked="" type="checkbox"/>
COLUMNAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>
IRREGULAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>
TRITURADO	Con muchisimas discontinuidades	<input type="checkbox"/>

CONDICIONES GENERALES - r _v		
Completamente seco	<input checked="" type="checkbox"/>	r _v =0
Humedo	<input type="checkbox"/>	0-0,1
Mojado	<input type="checkbox"/>	0,1-0,2
Goteado	<input type="checkbox"/>	0,2-0,5
Fluyendo	<input type="checkbox"/>	
Agua a presion	<input type="checkbox"/>	r _v >0,5

FLUJO EN EXCAVACIONES		
Suave y filitacion en lasca (menos de 50%)	<input type="checkbox"/>	<1
Fil. Medias y agua a presion (menos de 50%)	<input type="checkbox"/>	1-2,5
Gruesa y agua a presion, poca empl. (menos de 50%)	<input type="checkbox"/>	
Gruesa y agua a gran presion (menos de 50%)	<input type="checkbox"/>	2,5-10
Expansiva en la inicial, despreciable en el tiempo	<input type="checkbox"/>	
Expansiva en la alta, moderada.	<input type="checkbox"/>	>10

DIACLASADO		
Ia	Masivo, sin juntas ocasionales	<input type="checkbox"/>
Ib	masivo, juntos ocasionales	<input type="checkbox"/>
II	Una familia	<input type="checkbox"/>
III	Una familia y ocasionales	<input type="checkbox"/>
IV	Dos familias	<input type="checkbox"/>
V	Dos familias y ocasionales	<input type="checkbox"/>
VI	Tres familias	<input type="checkbox"/>
VII	Tres familias y ocasionales	<input checked="" type="checkbox"/>
VIII	Cuatro o mas familias	<input type="checkbox"/>
IX	Roca trituradas, suelo	<input type="checkbox"/>

RAZON DE PRESIONES INTERSTICIALES

$$r_v = \frac{u}{\sigma_x}$$

PRESION DE AGUA APROXIMADA (Kg/cm²)

ESTACIONALIDAD: SI ¿? NO

ESTACIONALIDAD: SI ¿? NO

CLAVES

Censado de diaclasas adjunto: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					
Estratificacion	E	Compresion	Cs	Estilolitos	Et
Esquistocidad	S	Traccion	Tr	Disoluciones	DI
Foliacion	F	Corte	Cr	Slickensides	SI
Juntas	J	Flexion	Fx	Volcanicas	V
Persistente	P	Subpersistente	S	No persistente	N
Muy separadas	>2,00m	MS			
Separadas	2,00-0,60m	S			
Medianamente separadas	0,60-0,20m	X			
Proximas	0,20-0,06m	P			
Muy proximas	<0,06m	MP			
$r = \frac{1}{Sx} - \frac{1}{Sx} + \frac{1}{Sx} + \frac{1}{Sx} - \frac{1}{Sx}$					
Muy rugosa	M	1º Nivel		2º Nivel	
Rugosa	R	Escalonada	E	Rugosa	R
Algo Rugosa	A	Ondulada	O	Lisa	L
Suave	S	Plana	P	Pulida	P
Señales de Pulido	P				
Cerrada	<0,1mm	C			
Algo Abierta	0,1-1,0mm	L			
Abierta	1,0-5,0mm	A			
Muy Abierta	>5mm	M			
Acopiada	A	No-Unidireccional	U	No-bidireccional	B
Sin relleno	S	Arenoso	A	LL<30	CH
Puentes de roca	P	Silicatos	I	LL>30	CL
Cementacion	C	Mica/clorita	M	Expansivo	Ce
Brecha de falla	F	Solubles	L	Arenoso	SC
Otros: Oxidos					O

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

	FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	FAMILIA 4	FAMILIA 5
Tipo / Genesis:	J	J	J	J	
Direccion del buzamiento:	30	239	321	39	
Buzamiento:	80	29	83	17	
Continuidad	P	S	S	S	
Rango	MS	MS	MS	MS	
Modal					
Medio					
General	A	R	A/R	R	
1 nivel					
2 nivel					
JRC					
Rango	L	C/L	A/R	C/L	
Modal					
Medio					
Acoplamiento					
Si/No	Si	Si	Si	Si	
Tipo	Ox	Ox	Ox	Ox	
C. Gral.	seco	seco	seco	seco	
Estac.	si	si	si	si	
Alteración:	MW	MW	MW	MW	
Resistencia:	baja	baja	baja	baja	
Medido en sondeo:		Palmstrom: RQD=115-3,3Jv=	77		
Estimado:	75	Valor y/o intervalo adoptado	75-90		

Para el flujo de agua y el estado de bordes, utilizar el mismo metodo que para la matriz rocosa

Notas:

CLASIFICACIONES GEOMECAICAS

DATOS DE CAMPO

Proyecto: PRESAS DE SEDIMENTACIÓN - ANANEA
 Operador: INGEMMET
 Observador: LFS

Fecha: 24/04/2008

Croquis/Gráficos/Notas



Datos Estación Geomecánica

PRESA DE SEDIMENTACIÓN B3
 ESTRIBO DERECHO

E: 002

- * Margen derecha del río Carabaya
- * Al SE del Cerro Pacchani
- * 4327 msnm

Datos Información Geológica

Roca sedimentaria: conglomerados de color oscuro-gris-rojizo, con clastos de areniscas rojas, calizas, cuarzitas y volcánicos; de formas angulosas, sub angulosas y sub redondeadas; de tamaño promedio de 5.00 cm de diámetro, hasta de 30 cm; con una matriz limo - arcillosas. De resistencia media a alta, fracturada, ligeramente meteorizada. Se presenta masiva, con bloques medios a grandes, presenta también paredes verticales.

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE

<input checked="" type="checkbox"/> MARTILLO DE SCHMIDT		N° de determinaciones realizadas <input type="text" value="7"/>							
N° determinaciones tomadas (tras eliminar los extremos inferiores)	<input type="text" value="8"/>	64	65	58	64	58	58	56	60
		58							
Valor modal	<input type="text"/>								
Valor medio	<input type="text" value="61"/>								

COMPRESION UNIAXIAL
 ENSAYADA EN LABORATORIO

C_s
 (Mpa)

Tipo de Muestra: MS

MATRIZ ROCOSA

Mas Información y datos en hojas adjuntas	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Carga Puntual				<input checked="" type="checkbox"/> INDICE MANUAL (martillo geologo)		VALOR Y/O INTERVALO		
			> 10 Mpa				No, rompe solo saltan astillas		> 250 MPa	Muy alta	<input type="checkbox"/>
			10-04				Rompe con muchos golpes	X	250-100	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>
			4-2				Rompe con mas de un golpe	X	100-50	Media	<input checked="" type="checkbox"/>
			2-1				Rompe con un golpe		50-25	Baja	<input type="checkbox"/>
			<1Mpa				Se indenta la punta		05-25	Muy Baja	<input type="checkbox"/>
			Is (50)				Se machaca con un golpe		01-05		<input type="checkbox"/>
		Tipo de Probeta	Cilindrica diametral	Cilindrica axial	Bloque Irregular	Idem y se raya con la uña		< 1 MPa	<input type="checkbox"/>		

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA					
MATRIZ	Ia	F	Roca sana a fresca	-	<input type="checkbox"/>
	Ib		Debil decoloracion	-	<input checked="" type="checkbox"/>
	II	SW	Ligeramente alterada	< 10%	<input checked="" type="checkbox"/>
	III	MW	Bastante Alterada	10-50	<input type="checkbox"/>
	IV	HW	Muy alterada	50-90	<input type="checkbox"/>
	V	CS	Completament e alterada	> 90	<input type="checkbox"/>
VI	RS	Roca descompuesta	100%	<input type="checkbox"/>	

OTROS TIPOS DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:

DESCRIPCION DEL MACIZO		
MASIVO	Pocas discontinuidades o muy ampliamente	<input checked="" type="checkbox"/>
EN BLOQUES	Aproximadmente equidimensional	<input type="checkbox"/>
TABULAR	Una dimension bastante menor que las otras	<input type="checkbox"/>
COLUMNAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>
IRREGULAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>
TRITURADO	Con muchisimas discontinuidades	<input type="checkbox"/>

CONDICIONES GENERALES - r _v		
Completamente seco	<input checked="" type="checkbox"/>	r _v =0
Humedo	<input type="checkbox"/>	0-0,1
Mojado	<input type="checkbox"/>	0,1-0,2
Goteado	<input type="checkbox"/>	0,2-0,5
Fluyendo	<input type="checkbox"/>	
Agua a presion	<input type="checkbox"/>	r _v >0,5

FLUJO EN EXCAVACIONES		
Suave a filtraciones lentas (menos de 5 l/min)	<input type="checkbox"/>	<1
Fil. Medias a agua a presion (cantidad variable de orificios)	<input type="checkbox"/>	1-2,5
Grande a agua a presion, poca expl. (pocas a muchas orificios)	<input type="checkbox"/>	2,5-10
Grande a agua a gran presion (muchas orificios)	<input type="checkbox"/>	
Exposición lateral alta inicial, disminución con el tiempo	<input type="checkbox"/>	>10
Exposición lateral alta, constante	<input type="checkbox"/>	

DIACLASADO		
Ia	Masivo, sin juntas ocasionales	<input type="checkbox"/>
Ib	masivo, juntos ocasionales	<input type="checkbox"/>
II	Una familia	<input type="checkbox"/>
III	Una familia y ocasionales	<input type="checkbox"/>
IV	Dos familias	<input type="checkbox"/>
V	Dos familias y ocasionales	<input type="checkbox"/>
VI	Tres familias	<input checked="" type="checkbox"/>
VII	Tres familias y ocasionales	<input type="checkbox"/>
VIII	Cuatro o mas familias	<input type="checkbox"/>
IX	Roca trituradas, suelo	<input type="checkbox"/>

RAZON DE PRESIONES INTERSTICIALES $r_v = \frac{v}{\sigma}$

PRESION DE AGUA APROXIMADA (Kg/cm²)

ESTACIONALIDAD: SI ¿? NO

ESTACIONALIDAD: SI ¿? NO

CLAVES

Censado de diaclasas adjunto: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					
Estratificacion	E	Compresion	Cs	Estilolitos	Et
Esquistocidad	S	Traccion	Tr	Disoluciones	DI
Foliacion	F	Corte	Cr	Slickensides	SI
Juntas	J	Flexion	Fx	Volcanicas	V
Persistente	P	Subpersistente	S	No persistente	N
Muy separadas	>2,00m	MS			
Separadas	2,00-0,60m	S			
Medianamente separadas	0,60-0,20m	X			
Proximas	0,20-0,06m	P			
Muy proximas	<0,06m	MP			
$r = \frac{1}{\sum Sx} - \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} -$					
Muy rugosa	M	1º Nivel		2º Nivel	
Rugosa	R	Escalonada	E	Rugosa	R
Algo Rugosa	A	Ondulada	O	Lisa	L
Suave	S	Plana	P	Pulida	P
Señales de Pulido	P				
Cerrada	<0,1mm	C			
Algo Abierta	0,1-1,0mm	L			
Abierta	1,0-5,0mm	A			
Muy Abierta	>5mm	M			
Acopiada	A	No-Unidireccional	U	No-bidireccional	B
Sin relleno	S	Arenoso	A	LL<30	CH
Puentes de roca	P	Silicatos	I	LL>30	CL
Cementacion	C	Mica/clorita	M	Expansivo	Ce
Brecha de falla	F	Solubles	L	Arenoso	SC
Otros:	Oxidos				O

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

	FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	FAMILIA 4	FAMILIA 5
Tipo / Genesis:	E ?	J	J		
Direccion del buzamiento:	105	360	241		
Buzamiento:	78	65	41		
Continuidad	P	P	N		
Rango	S	X	X		
Modal					
Medio					
General	M	M	A		
1 nivel	P	P	O		
2 nivel	R	R	L		
JRC					
Rango	L/M	C/L	C		
Modal					
Medio					
Acoplamiento					
Si/No	Si	Si	Si		
Tipo	Ox, Rt	Ox	Ox		
C. Gral.	No	No	No		
Estac.	Si	Si	Si		
Alineacion:	SW	SW	SW		
Resistencia:	Alta	Alta	Alta		
Medido en sondeo:		Palmstrom: RQD=115-3,3Jv=	91		
Estimado:	80	Valor y/o intervalo adoptado	75-90		

Para el flujo de agua y el estado de bordes, utilizar el mismo metodo que para la matriz rocosa

Notas:

CLASIFICACIONES GEOMECANICAS

DATOS DE CAMPO

Proyecto: PRESAS DE SEDIMENTACIÓN - ANANEA
 Operador: INGEMMET
 Observador: LFS

Fecha: 24/04/2008

Croquis/Gráficos/Notas



Datos Estación Geomecánica

PRESA DE SEDIMENTACIÓN B3
 ESTRIBO IZQUIERDO

E: 003

- * Margen izquierda del río Carabaya
- * Al SE del Cerro Pacchani
- * 4327 msnm

Datos Información Geologica

Roca sedimentaria: conglomerados de color oscuro-gris-rojizo, con clastos de areniscas rojas, calizas, cuarzitas y volcánicos; de formas angulosas, sub angulosas y sub redondeadas; de tamaño promedio de 5.00 cm de diámetro, hasta de 30 cm; con una matriz limo - arcillosas. De resistencia media a alta, fracturada, ligeramente meteorizada. Se presenta

RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE

<input checked="" type="checkbox"/> MARTILLO DE SCHMIDT	Nº de determinaciones realizadas	8							
Nº determinaciones tomadas (tras eliminar los extremos inferiores)	6	64	70	60	68	69	66	72	66
Valor modal	□								
Valor medio	69								

COMPRESION UNIAXIAL
 ENSAYADA EN LABORATORIO

C_c
 (Mpa) 226

Tipo de Muestra: MS

MATRIZ ROCOSA

<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Mas Información y datos en hojas adjuntas	<input type="checkbox"/> Carga Puntual				<input checked="" type="checkbox"/> INDICE MANUAL (martillo geologo)		VALOR Y/O INTERVALO		
	> 10 Mpa				No, rompe solo saltan astillas		> 250 MPa	Muy alta	<input type="checkbox"/>
	10-04				Rompe con muchos golpes	X	250-100	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>
	4-2				Rompe con mas de un golpe		100-50	Media	<input type="checkbox"/>
	2-1				Rompe con un golpe		50-25	Baja	<input type="checkbox"/>
	< 1Mpa				Se indenta la punta		05-25	Muy Baja	<input type="checkbox"/>
	Is (50)	Cilindrica diametral	Cilindrica axial	Bloque Irregular	Se machaca con un golpe		01-05		<input type="checkbox"/>
Tipo de Probeta				Idem y se raya con la uña		< 1 MPa	<input type="checkbox"/>		

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA					
MATRIZ	Ia	F	Roca sana a fresca	-	<input type="checkbox"/>
	Ib		Debilitamiento decoloracion	-	<input checked="" type="checkbox"/>
	II	SW	Ligeramente alterada	< 10%	<input checked="" type="checkbox"/>
	III	MW	Bastante Alterada	10-50	<input type="checkbox"/>
	IV	HW	Muy alterada	50-90	<input type="checkbox"/>
	V	CS	Completament e alterada	> 90	<input type="checkbox"/>
VI	RS	Roca descompuesta	100%	<input type="checkbox"/>	

OTROS TIPOS DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:

DESCRIPCION DEL MACIZO		
MASIVO	Pocas discontinuidades o muy ampliamente	<input checked="" type="checkbox"/>
EN BLOQUES	Aproximadamente equidimensional	<input type="checkbox"/>
TABULAR	Una dimension bastante menor que las otras	<input type="checkbox"/>
COLUMNAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>
IRREGULAR	Gran variacion de forma y tamaño de bloques	<input type="checkbox"/>
TRITURADO	Con muchisimas discontinuidades	<input type="checkbox"/>

CONDICIONES GENERALES - r _v		
Completamente seco	<input checked="" type="checkbox"/>	r _v =0
Humedo	<input type="checkbox"/>	0-0,1
Mojado	<input type="checkbox"/>	0,1-0,2
Goteado	<input type="checkbox"/>	0,2-0,5
Fluyendo	<input type="checkbox"/>	
Agua a presion	<input type="checkbox"/>	r _v >0,5

FLUJO EN EXCAVACIONES		
Suave a filtraciones lentas (menos de 5 l/min)	<input type="checkbox"/>	<1
Fil. Medias a agua a presion (hasta 50 l/min)	<input type="checkbox"/>	1-2,5
Grande a agua a presion, con expl. y/o en c. de colinas	<input type="checkbox"/>	
Grande a agua a gran presion con escape de colinas	<input type="checkbox"/>	2,5-10
Exposición a la int. de agua a gran presion en el tiempo	<input type="checkbox"/>	
Exposición a la int. de agua a gran presion en el tiempo	<input type="checkbox"/>	>10

DIACLASADO		
Ia	Masivo, sin juntas ocasionales	<input type="checkbox"/>
Ib	masivo, juntos ocasionales	<input type="checkbox"/>
II	Una familia	<input type="checkbox"/>
III	Una familia y ocasionales	<input type="checkbox"/>
IV	Dos familias	<input type="checkbox"/>
V	Dos familias y ocasionales	<input type="checkbox"/>
VI	Tres familias	<input type="checkbox"/>
VII	Tres familias y ocasionales	<input checked="" type="checkbox"/>
VIII	Cuatro o mas familias	<input type="checkbox"/>
IX	Roca trituradas, suelo	<input type="checkbox"/>

RAZON DE PRESIONES INTERSTICIALES $r_v = \frac{u}{\sigma}$

PRESION DE AGUA APROXIMADA (Kg/cm²)

ESTACIONALIDAD: SI ¿? NO

ESTACIONALIDAD: SI ¿? NO

CLAVES

Censado de diaclasas adjunto: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					
Estratificacion	E	Compresion	Cs	Estilolitos	Et
Esquistocidad	S	Traccion	Tr	Disoluciones	DI
Foliacion	F	Corte	Cr	Slickensides	SI
Juntas	J	Flexion	Fx	Volcanicas	V
Persistente	P	Subpersistente	S	No persistente	N
Muy separadas		>2,00m		MS	
Separadas		2,00-0,60m		S	
Medianamente separadas		0,60-0,20m		X	
Proximas		0,20-0,06m		P	
Muy proximas		<0,06m		MP	
$J = \sum \frac{1}{Sx} - \frac{1}{S} + \frac{1}{S} + \frac{1}{S} + \frac{1}{S}$					
Muy rugosa	M	1º Nivel		2º Nivel	
Rugosa	R	Escalonada	E	Rugosa	R
Algo Rugosa	A	Ondulada	O	Lisa	L
Suave	S	Plana	P	Pulida	P
Señales de Pulido	P				
Cerrada		<0,1mm		C	
Algo Abierta		0,1-1,0mm		L	
Abierta		1,0-5,0mm		A	
Muy Abierta		>5mm		M	
Acopiada	A	No-Unidireccional	U	No-bidireccional	B
Sin relleno	S	Arenoso	A	LL<30	CH
Puentes de roca	P	Silicatos	I	LL>30	CL
Cementacion	C	Mica/clorita	M	Expansivo	Ce
Brecha de falla	F	Solubles	L	Arenoso	SC
Otros:		Oxidos			O

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

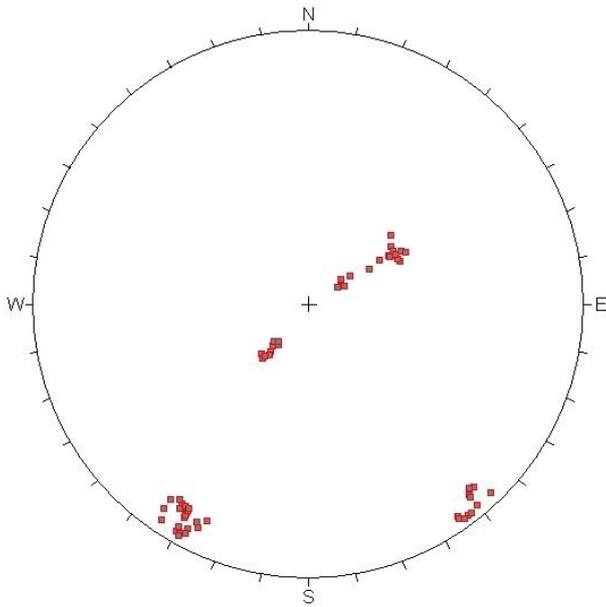
	FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	FAMILIA 4	FAMILIA 5
Tipo / Genesis:	J	J	J	J, E ?	
Direccion del buzamiento:	251	3	210	5	
Buzamiento:	70	81	24	8	
Continuidad	P	S	N	N	
Rango	X	S/X	S	MS	
Modal					
Medio					
General	M	R	R	R	
1nivel	O	P	P	P	
2nivel	R	R	R	R	
JRC					
Rango	L/C	L/C	L/C	L/C	
Modal					
Medio					
Acoplamiento					
Si/No	Si	Si	Si	Si	
Tipo	Ox	Ox	Ox	Ox	
C. Gral.	Seco	Seco	Seco	Seco	
Estac.	Si	Si	Si	Si	
Alineacion:	SW	SW	SW	SW	
Resistencia:	Alta	Alta	Alta	Alta	
Medido en sondeo:		Palmstrom: RQD=115-3,3Jv=	91		
Estimado:	80	Valor y/o intervalo adoptado	75-90		

Para el flujo de agua y el estado de bordes, utilizar el mismo metodo que para la matriz rocosa

Notas:

ANEXO 3

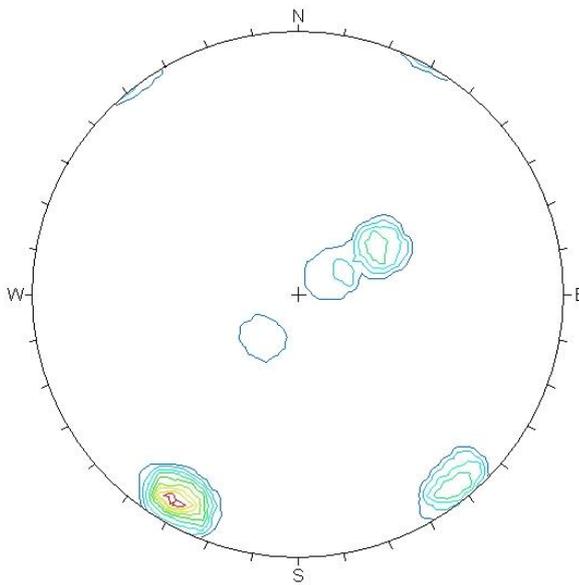
RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE DATOS ORIENTACIONALES



PRESA B2 - ESTRIBO IZQUIERDO

■ Poles

Equal Area
Lower Hemisphere
140 Poles
140 Entries

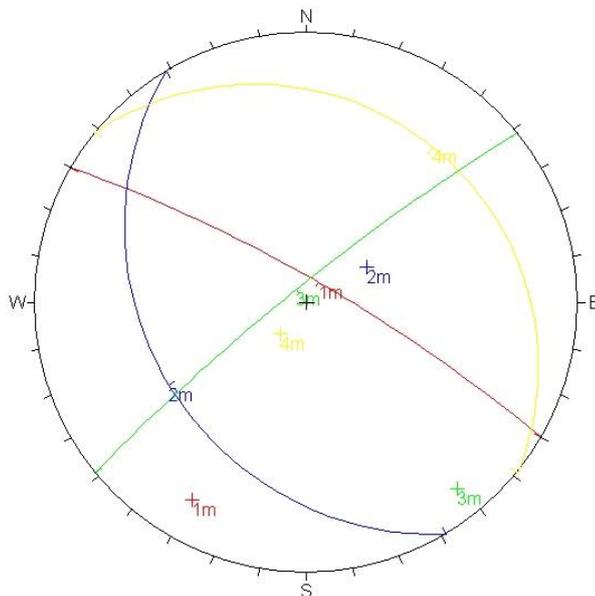


PRESA B2 - ESTRIBO IZQUIERDO
Schmidt
Concentrations
% of total per 1.0 % area

—	0.00 %
—	4.50 %
—	9.00 %
—	13.50 %
—	18.00 %
—	22.50 %
—	27.00 %
—	31.50 %
—	36.00 %
—	40.50 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 42.8571%

Equal Area
Lower Hemisphere
140 Poles
140 Entries



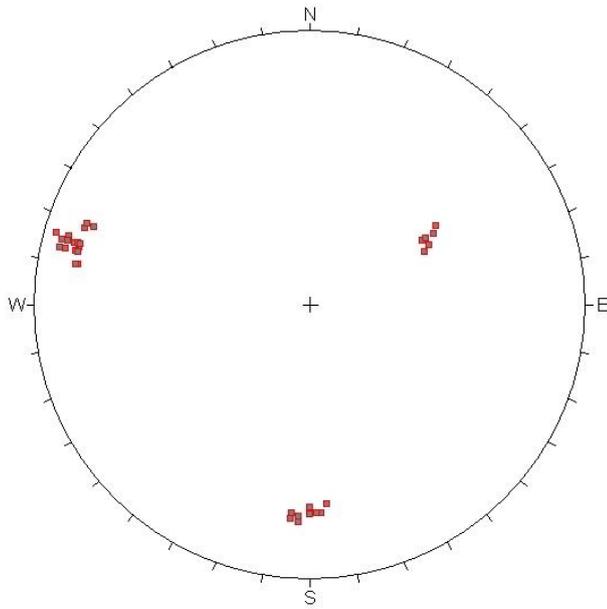
PRESA B2 - ESTRIBO IZQUIERDO

Orientations

ID	Dip / Direction
1 m	80 / 030
2 m	29 / 239
3 m	83 / 321
4 m	17 / 039

Equal Angle
Lower Hemisphere
140 Poles
140 Entries

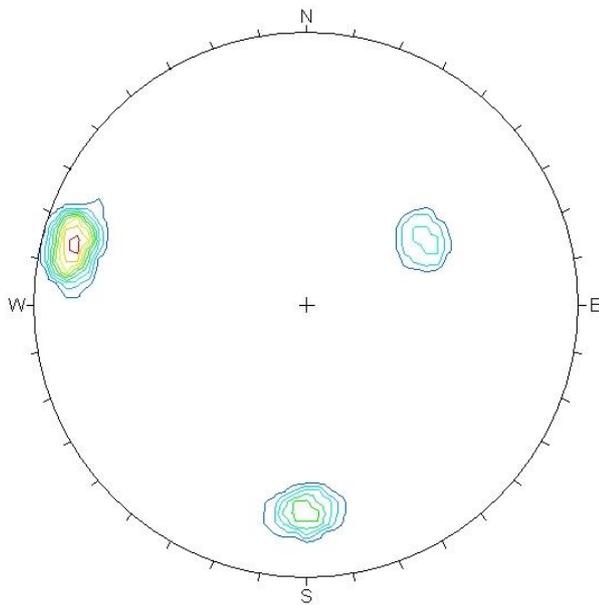
PRESA B3 - ESTRIBO DERECHO



■ Poles

Equal Area
Lower Hemisphere
41 Poles
41 Entries

PRESA B3 - ESTRIBO DERECHO



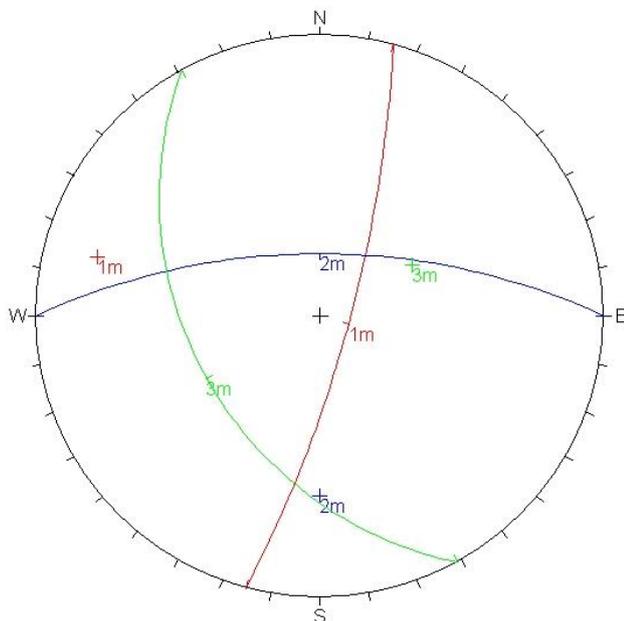
Schmidt
Concentrations
% of total per 1.0 % area

—	0.00 %
—	5.50 %
—	11.00 %
—	16.50 %
—	22.00 %
—	27.50 %
—	33.00 %
—	38.50 %
—	44.00 %
—	49.50 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 51.2195%

Equal Area
Lower Hemisphere
41 Poles
41 Entries

PRESA B3 - ESTRIBO DERECHO



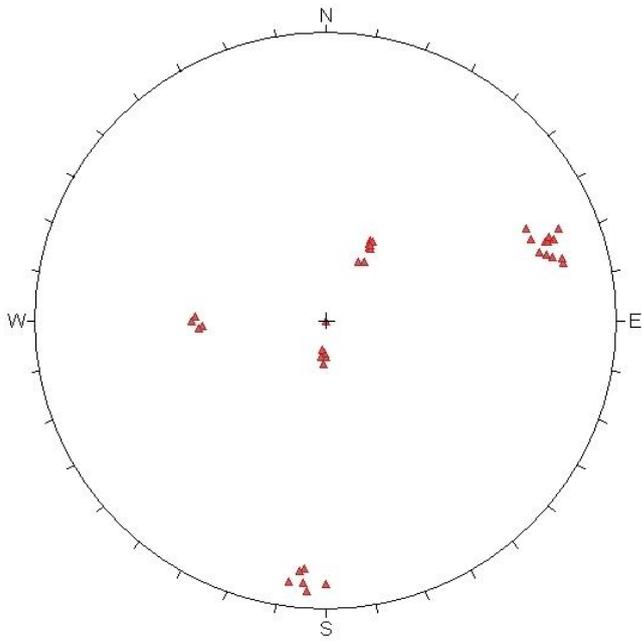
Orientations

ID Dip / Direction

1	m	78 / 105
2	m	65 / 360
3	m	41 / 241

Equal Angle
Lower Hemisphere
41 Poles
41 Entries

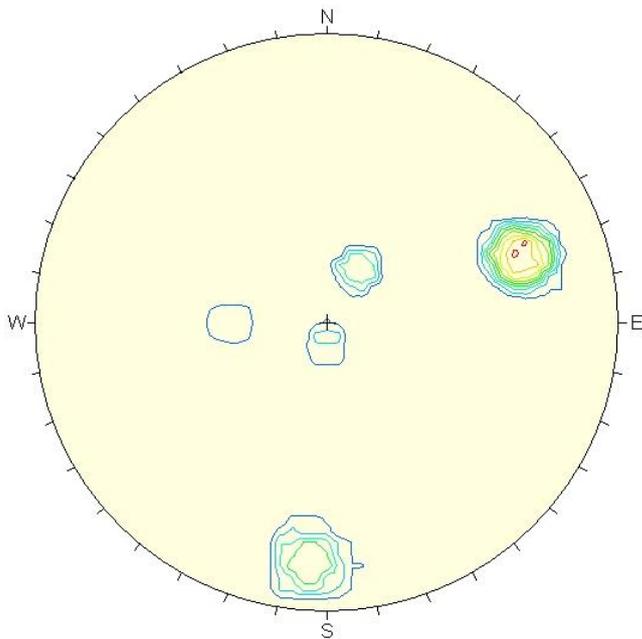
PRESA B3 - ESTRIBO IZQUIERDO



▲ Poles

Equal Area
Lower Hemisphere
60 Poles
60 Entries

PRESA B3 - ESTRIBO IZQUIERDO



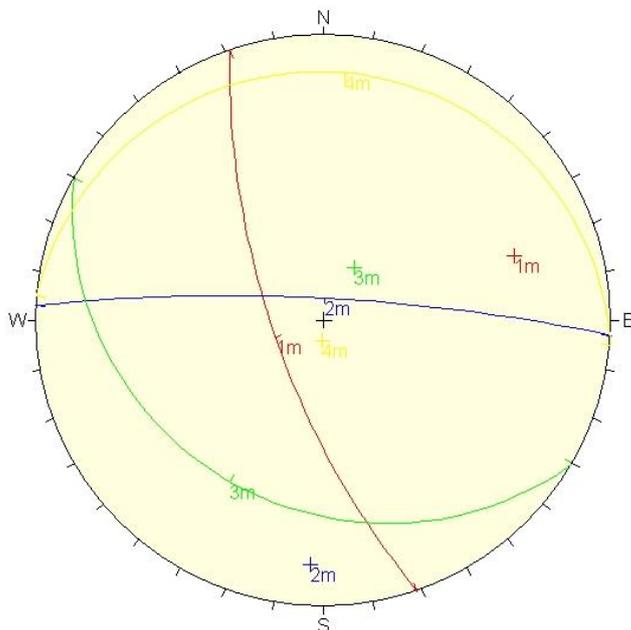
Schmidt
Concentrations
% of total per 1.0 % area



No Bias Correction
Max. Conc. = 41.6667%

Equal Angle
Lower Hemisphere
60 Poles
60 Entries

PRESA B3 - ESTRIBO IZQUIERDO



Orientations

ID Dip / Direction

1	m	70 / 251
2	m	81 / 003
3	m	24 / 210
4	m	08 / 005

Equal Angle
Lower Hemisphere
60 Poles
60 Entries

ANEXO 4

RESULTADOS DE CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
PRESAS DE SEDIMENTACION - ANAÑEA
INGEMMET

LUGAR: PRESA DE SEDIMENTACION B2
 ESTRIBO IZQUIERDO

POR: LFS
FECHA: 23/04/2008
HOJA: 1/3

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)										
	RUMBO.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA											
E001	N35W	30	1	20 m											
TIPO DE ROCA					PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION				
A		%	B			VALOR ESTIMADO									
Tb		100			R. COMPRESION UNIAIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X 25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	4			
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS	RANGO DE VALORES								
	RUMBO, DIR.	BUZAM.		TIPO	ESPESOR		CONDICION DE	VALOR ESTIMADO							
J	30	80	2	Ox	0.1-1.0 mm		R.D. x	>2 (20)	X 90-100 (20)	X 75-90 (17)	50-75 (12)	25-50 (8)	<25 (3)	2	14
J	233	29	2	Ox	0.1-1.0 mm		ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	X 0,6-2 (15)	1-3 m Leng. (4)	3-10m (2)	X 10-20 m (1)	>20 m (0)	4A	1
J	321	83	1	Ox	1.0-5.0 mm		PERSISTENCIA	<1m Leng. (6)	1-3 m Leng. (4)	3-10m (2)	X 10-20 m (1)	>20 m (0)	4A	1	
J	39	17	1	Ox	0.1-1.0 mm		ABERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apart. (5)	X 0.1-1.0mm (4)	1-5 mm (1)	> 5mm (0)	4B	4	
							RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Liq.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
							RELLENO	Limpia (6)	Dura <5mm (4)	Dura >5mm (2)	X Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	4D	1	
							ALTERACION	Sana (6)	Liq.Alterada. (5)	X Mad.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Darcampuerta (0)	4E	3	
							AGUA SUBTERRANEA	X Seca (15)	Humeda (10)	Mojada (7)	Gotea (4)	Fluja (0)	5	15	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =												60			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR						100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	II				
DESCRIPCION						I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

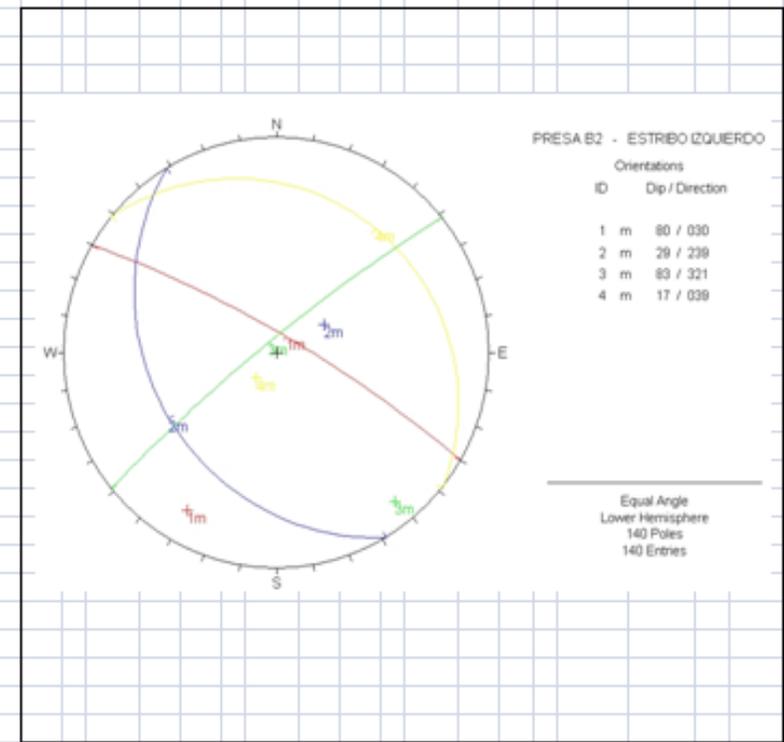
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Tb	Tobas

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	
J	Junta
Fa	Falla
Ct	Contacto
E	Estrato

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	
Ox	Oxido
Arc	Arcilla
Ca	Carbonatos
Pzo	Panizo

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.



DATOS DE MAPEO GEOMECANICO			LUGAR:	PRESA DE SEDIMENTACION B3	POR:	LFS
PRESAS DE SEDIMENTACION - ANANEA				ESTRIBO DERECHO	FECHA:	24/04/2008
INGEMMET					HOJA:	2/3

Nº		ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
ESTACION	RUMBO.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO					RANGO DE VALORES					VALORACI.		
E002	N40W	30	1	20 m	VALOR ESTIMADO												
TIPO DE ROCA				FRECUENCIA FRACTURA													
A	%	B	%	N° Fract./m.													
Cg	100			6													
TIPO	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS		R. COMPRESION UNIAIAL (MPa)					R. COMPRESION UNIAIAL (MPa)					
ESTRUC.	RUMBO, DIR. BUZAM.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	TIPO	ESPESOR		ROD %					ESPACIAMIENTO (m)					
E ?	105	78	2	Ox, Rt	0.1-1.0 mm		<1m long. (6)					>2 (20)					
J	360	65	3	Ox	< 0.10 mm		Persistencia					CONDICION					
J	241	41	3	Ox	< 0.10 mm		Cerrada (6)					Muy rugosa (6)					
							Muy rugosa (6)					Limpia (6)					
							Limpia (6)					Sana (6)					
							Sana (6)					Alterada (3)					
							Alterada (3)					Agua Subterránea					
							Seca (15)					Humeda (10)					
							Humeda (10)					Majada (7)					
							Majada (7)					Gatosa (4)					
							Gatosa (4)					Fluja (0)					
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =															77		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0										II	
DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA											

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS	RANGO RESIS.
	IDENTIFICACION DE CAMPO	COMP. Mpa
R1	Desmenuzable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desmenuza con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desmenuza con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desmenuza con cuchilla. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

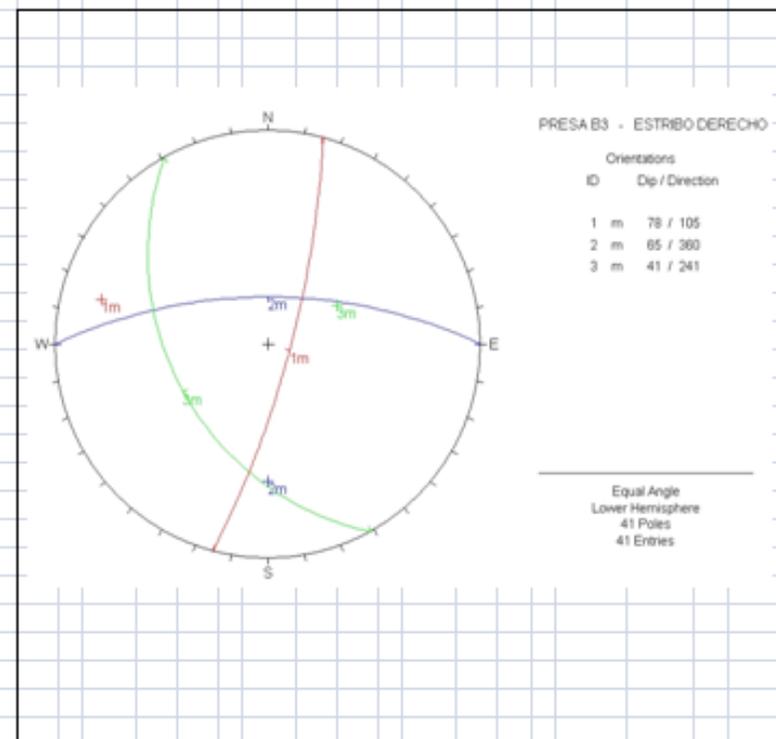
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Cg	Konglomerado

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	
J	Junta
Fn	Falla
Ct	Contacto
E	Estrato

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Bx	Brecha
Arc	Arcilla	Rt	Roca triturada
Ca	Carbonatos		
Pzo	Panizo		

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0,6 - 2 m
3	0,2 - 0,6 m
4	0,06 - 0,2 m
5	< 0,06 m

GRADO	INDICE DE ALTERACION
	DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Más de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.



DATOS DE MAPEO GEOMECANICO
PRESAS DE SEDIMENTACION - ANAENA
INGEMMET

LUGAR: PRESA DE SEDIMENTACION B3
ESTRIBO IZQUIERDO

POR: LFS
FECHA: 24/04/2008
HOJA: 3/3

Nº ESTACION		ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)												
E003		RUMBO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO					RANGO DE VALORES					VALORACI.		
		TIPO DE ROCA		FRECUENCIA FRACTURA		VALOR ESTIMADO												
		A	%	B	%	R. COMPRESION UNIAIAL (MPa)					R. COMPRESION UNIAIAL (MPa)							
		Cg	100			RQD %					RQD %							
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			ESPACIAMIENTO (m)					ESPACIAMIENTO (m)					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			PERSISTENCIA					PERSISTENCIA					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			CONDICION DE RUGOSIDAD					CONDICION DE RUGOSIDAD					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			JUNTAS RELLENO					JUNTAS RELLENO					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			AGUA SUBTERRANEA					AGUA SUBTERRANEA					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			CONDICION DE RUGOSIDAD					CONDICION DE RUGOSIDAD					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			JUNTAS RELLENO					JUNTAS RELLENO					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			AGUA SUBTERRANEA					AGUA SUBTERRANEA					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5)					VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5)					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			CLASE DE MACIZO ROCOSO					CLASE DE MACIZO ROCOSO					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			RMR					RMR					
		TIPO DE ROCA			FRECUENCIA FRACTURA			DESCRIPCION					DESCRIPCION					

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchillas. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Cg	conglomerado

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS	
J	Junta
Fa	Falla
Ct	Contacto
E	Estrato

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	
Ox	Oxido
Arc	Arcilla
Ca	Carbonatos
Pao	Panizo

ABREVIACION DEL ESPA CIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

