



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



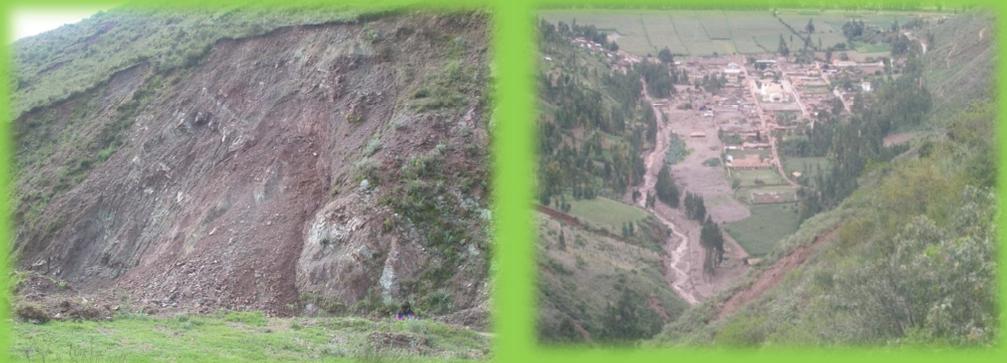
PROYECTO:

**REDUCCIÓN DE RIESGO ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS
EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERÚ 2010 - 2011**



Estudio:

**Estudio de Peligros de origen geológico e hidrometeorológico en la
microcuenca Quesermayo, distrito Taray y medidas para reducir
el riesgo de desastres”**



MARZO - 2011

Proyecto

“Reducción de riesgo ante eventos climáticos
en dos provincia de Cusco, Perú” 2010 - 2011



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Documento:

**Estudio de Peligros de origen geológico e hidrometeorológico
en la microcuenca Quesermayo, distrito Taray y medidas para
el reducir el riesgo de desastres”**

© Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES – Marzo 2011

Martín de Porres 161 – San Isidro – Lima – Perú
Teléfonos: 051 1 2210251; 051 1 4423410
E mail: postmast@predes.org.pe
Web: <http://www.predes.org.pe>

Proyecto:

Reducción de riesgo ante eventos climáticos extremos en dos provincias de Cusco, Perú 2010 - 2011

Estudio:

“Estudio de Peligros de origen geológico e hidrometeorológico en la microcuenca Quesermayo, distrito Taray y medidas para reducir el riesgo de desastres”

Nombre del solicitante:

Centro de Estudios y Prevención de Desastres - PREDES

Coordinación PREDES:

Soc. Gilberto Romero Zeballos - Coordinadora Regional

Equipo Técnico Consultor.

Ing. Civil Víctor Manuel Chávez - Especialista en Hidrología e Hidráulica
Ing. Geólogo Herbert Rosas Esquivel - responsable de la Geología y Geodinámica
Bach. Ing. Geológica Henry Silva – Asistente de Geología
Paul Darcy torres Huarcaya - Topógrafo.

Equipo Técnico de PREDES.

Soc. Gilberto Romero Zeballos – Revisor de estudios
Ing. Geógrafo Alfonso Díaz Calero - Coordinador técnico del estudio.

Fotografías:

Banco de fotos PREDES / ver referencia

Queda terminantemente prohibido su impresión o difusión sin permiso expreso del Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES.

INDICE

I GENERALIDADES

1.1	Introducción	13
1.2	Ubicación y Accesibilidad	13
1.3	Objetivo y Finalidad del Estudio	14
1.4	Condiciones climáticas	15
1.5	Método de trabajo	16
1.6	Trabajos anteriores	17
1.7	Características generales de la cuenca Quesermayo.	17

II GEOMORFOLOGIA

2.1	Generalidades	22
2.2	Geomorfología Regional	22
2.2.1	Pampa de Piuray - Maras	22
2.2.2	Meseta de Saqsayhuamán	22
2.2.3	Montañas del Cusco	23
2.2.4	Valle del Vilcanota -Urubamba	23
2.2.5	Cordillera Oriental	23
2.3	Geomorfología Local	24
2.3.1	Llanura aluvial	24
2.3.2	Quebradas	26
2.3.3	Conos aluviales	27
2.3.3.1	Cono aluvial Pícol	27
2.3.3.2	Cono Aluvial de Corao	27
2.3.3.3	Cono aluvial de Matinga Rayanniyoc	28
2.3.3.4	Cono Aluvial de Huancalle	29
2.3.3.5	Cono Aluvial de Taray	29
2.3.4	Pendientes	30
2.3.4.1	Zona de pendiente muy baja.	30
2.3.4.2	Zona de pendiente baja.	30
2.3.4.3	Zona de pendiente media	30
2.3.4.4	Zona de pendiente alta	21
2.3.4.5	Zona de pendiente muy alta.	21
2.3.5	Terrazas	32

III ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.1 Formación Paucartambo. (Siluro-Devoniano)	34
3.2 Grupo Copacabana (Pérmico inferior)	34
3.3 Grupo Mitu (Permo-Triásico))	35
3.3.1 Formación Pisac	35
3.3.2 Formación Pachatusan	36
3.4 Formación Huancane (Cretácico inferior)	37
3.5 Grupo Yuncaypata (Cretácico superior)	37
3.5.1 Formación Paucarbamba	38
3.5.2 Formación Maras	38
3.6 Formación Puquín	38
3.7 Formación Chilca Y Quilque (Terciario Inferior-Medio)	39
3.8 Grupo San Jerónimo	39
3.9 Depósitos cuaternarios.	40
3.9.1 Formación Rumicolca	40
3.9.2 Depósitos coluviales.	40
3.9.3 Depósitos Aluviales	40
3.10 Depósitos Fluviales	41
3.11 Geología Estructural	41

IV GEODINÁMICA

4.1 Geodinámica Interna	44
4.1.1 Sismicidad	44
4.1.2 Consideraciones Sísmicas	45
4.1.3 Peligrosidad Sísmica	46
4.1.4 Aceleraciones Máximas Normalizada	48
4.1.5 Riesgo Sísmico	49
4.1.6 Susceptibilidad Sísmica	49
4.1.7 Fracturamiento Cosísmica	50
4.1.8 Conclusiones del riesgo sísmico	50
4.2 Geodinámica Externa	51
4.2.1 Principales factores	51
4.2.1.1 Grado de alteración por intemperismo.	51
4.2.1.2 Contenido de humedad	52
4.2.1.3 Desarrollo natural y modelado geomorfológico.	52
4.2.1.4 Esfuerzos regionales y sismicidad	52
4.2.1.5 Factores antrópicos.	53
4.2.1.6 Estabilidad y factores de seguridad	53

4.2.1.7	Intemperismo - erosión	53
4.2.1.8	Erosión y acarreo de sedimentos	53
4.2.1.9	Acarreo-Sedimentación	54
4.2.2	Movimientos en masa	54
4.2.2.1	Deslizamientos	54
4.2.2.2	Deslizamiento rotacional	55
4.2.2.3	Reptación	55
4.2.2.4	Cárcavas	55
4.2.2.5	Flujos	55
4.2.2.6	Caída de rocas (Derrumbes)	56

V PELIGROS POR GEODINAMICA EXTERNA

5.1	Peligros asociados a factores climatológicos en la microcuenca Quesermayo	58
5.1.1	Codificación de los eventos	58
5.1.2	Movimientos de remoción en masa en la microcuenca Quesermayo	58
5.1.2.1	Deslizamiento Q-DA-01	59
5.1.2.2	Deslizamiento Q-DI-03 y Q-DA-02	59
5.1.2.3	Deslizamientos Q-DA-09, Q-DA-10, Q-DA-11, Q-DI-11	60
5.1.2.4	Deslizamiento Q-DI-07	61
5.1.2.5	Deslizamiento Q-DA-06-07-08	63
5.1.2.6	Deslizamiento Q-DI-01	63
5.1.2.7	Deslizamiento Q-DI-02	64
5.1.2.8	Deslizamiento Q-DI-04	64
5.1.2.9	Deslizamientos Q-DI-06, Q-DI-08, Q-DI-09 y Q-DI-10	65
5.1.2.10	Flujo Q-F-01	65
5.1.2.11	Cárcava Q-C-01	66
5.1.2.12	Cárcavas Q-C-02, Q-C-03, Q-C-04, Q-C-05 y Q-C-06	66
5.1.2.13	Cárcavas Q-C-07	67
5.2	Microcuenca tributaria De Kallarayan	67
5.2.1	Colapso del estadio en kallarayan	68
5.2.2	causas de los deslizamientos en Kallarayan	71
5.2.3	Movimientos de remoción en masa en la zona de Kallarayan	73
5.2.3.1	Deslizamientos activos K-DA-01	73
5.2.3.2	Deslizamiento K-DA-02	74
5.2.3.3	Deslizamiento K-DA-03	74
5.2.3.4	Deslizamiento K-DA-07	75
5.2.3.5	Deslizamiento K-DA-08	75
5.2.3.6	Deslizamientos inactivos K-DI-01	76

5.2.3.7	Deslizamiento K-DI-02	77
5.2.3.8	Deslizamiento K-DI-03	77
5.2.3.9	Deslizamiento K-DI-04	78
5.2.3.10	Deslizamiento K-DI-05	78
5.2.3.11	Flujos de lodo K-F-01	79
5.2.3.12	Flujos de lodo K-F-02	80
5.2.3.13	Flujos de lodo y detritos K-F-05	83
5.2.3.14	Flujo K-F-06	83
5.2.3.15	Flujo K-F-07	84
5.2.3.16	Carcava K-C-01	85
5.2.3.17	Cárcava K-C-02	85
5.2.3.18	Cárcavas K-C-03 Y K-C-04	86
5.2.3.19	Cárcava K-C-05	86
5.3	Deslizamiento de Huancalle	87
5.3.1	Descripción del deslizamiento.-	87
5.3.2	Partes y ubicación del deslizamiento de Huancalle	87
5.3.3	Causas del deslizamiento de Huancalle	94
5.4	Mapa de Peligros Geodinámicos de la cuenca Quesermayo	96
5.4.1	Factores de peligro	96
5.4.2	Clasificación de peligros	97
VI	METEOROLOGIA	
6.1	Compatibilización de estaciones meteorológicas (contrastes)	99
6.2	Selección de precipitaciones puntuales por tiempos de duración	102
6.3	Información meteorológica	103
6.4	Ocurrencia milenaria enero 2010	104
6.5	Conclusiones	
VII	HIDROLOGIA	
5.1	Determinación del período de retorno o recurrencia	107
5.1.1	Probabilidad para el periodo de retorno o recurrencia (Tr)	107
5.2	Selección de precipitaciones pluviales por tiempos de duración	108
5.2.1	Extrapolación de lluvias en el tiempo	111
5.3	Determinación de las máximas avenidas	113
5.3.1	Caudal base del río Quesermayo	114
5.3.2	Determinación del periodo de recurrencia (tr)	114
5.3.3	Selección del tiempo de concentración	115
5.3.4	Proyecciones en el tiempo de los grupos de precipitaciones pluviales	115

5.3.5	Análisis de la máxima avenida en la cuenca del río Quesermayo	115
5.3.6	Descripción de las riadas ocurridas en la cuenca del río	117
5.3.7	Santuario animal de Ccochahuasi	117
5.3.8	Desborde del río kallarayan	118
5.3.9	Río Huancalle	122
5.3.10	caudal máximo milenario en taray	125
5.4	Mapa de Peligros por Inundación	130
5.4.1	Zonificación de Peligros	131
5.4.2	Mapa de peligros durante el aniego de febrero del año 2010.	131
5.4.3	Mapa de peligros por inundación a futuro	131
5.4.3.1	Niveles de agua mínimos ordinarios (NAMIN)	131
5.4.3.2	Niveles de agua máximos ordinarios (NAME)	131
5.4.3.3	Niveles de agua máximos maximorun (MILENARIOS)	132
VIII	HIDRAULICA	134
8.1	Desborde de los ríos Quesermayo - kallarayan	134
8.1.1	Primer escenario: solamente tributario kallarayan	134
8.1.2	Segundo escenario: encuentro ríos Quesermayo y Kallarayan	135
8.1.2.1	Probabilidad de embalsamiento por deslizamientos	137
8.2	Deslizamiento en Huancalle y avenida milenaria de ese tributario	137
8.3	Comportamiento del río Quesermayo durante condiciones extremas	141
8.3.1	Pendientes del fondo del cauce rio Quesermayo	142
8.3.2	Diseños de obras de mitigación	147
8.4	Movimiento de tierras	150
IX	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
9.1	Conclusiones geología	152
9.1.1	Conclusiones a nivel de microcuenca	153
9.1.2	Conclusiones a nivel de Huancalle	154
9.1.3	Conclusiones a nivel de Kallarayan	155
9.2	Conclusiones de hidrología e Hidráulica	155
9.2.1	Conclusiones a nivel de microcuenca	155
9.2.2	Conclusiones a nivel de sector de microcuenca	156
9.3	Recomendaciones	160
9.3.1	Cuenca Alta	160
9.3.2	Cuenca media Quesermayo	160
9.3.3	Cuenca media Kallarayan	161
9.3.4	Cuenca media Huancalle	161

X ANEXOS**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura N° 1	Zonas de Corao y Taray	14
Figura N° 2	Zonas de Taray y Huancalle	15
Figura N° 3	Zonas de Quesermayo y Quecayoc	15
Figura N° 4	Zonas de Areniscas y Carcavas	16
Figura N° 5	Mapa base de la microcuenca Quesermayo	18
Figura N° 6	Fotografía aérea Fap. Mayo de 1963- sector Pisac – Taray	20
Figura N° 7	Llanuras aluviales	25
Figura N° 8	Zonas de pendiente suave y zonas de asentamiento	25
Figura N° 9	Curso de la quebrada en la parte alta	26
Figura N° 10	Encañonamiento en la cuenca media a la altura de Huancalle	26
Figura N° 11	Cono aluvial de Pícol	27
Figura N° 12	Cono aluvial de Corao	28
Figura N° 13	Cono aluvial de Matinga Rayanniyoc	28
Figura N° 14	Cono Aluvial de Huancalle	29
Figura N° 15	Cono Aluvial de Taray	29
Figura N° 16	Zona de Huancalle-Taray, nótese el diaclasa miento Norte-Sur, con inclinación en el sentido de la pendiente.	36
Figura N° 17	Afloramiento de Volcánico Mitú, en la parte superior de Huatta	36
Figura N° 18	Formación Huancané, carretera Cusco - Písaq. 01 km antes de Huancalle, nótese el fracturamiento	27
Figura N° 19	Formación Puquí, frente al zoológico de Cochahuasi, pista Cusco-Písaq,	39
Figura N° 20	Mapa de orden espectrales	47
Figura N° 21	Mapa de orden espectrales de cusco	48
Figura N° 22	Mapa de aceleraciones máximas normalizadas	48
Figura N° 23	Zonas de Deslizamientos activos en Kallarayan	62
Figura N° 24	Panel fotográfico del asentamiento del estadio de Kallarayan	69
Figura N° 25	Principales eventos geodinámicos en la microcuenca de Kallarayan	70
Figura N° 26	Esquema de filtración de agua en laderas	71
Figura N° 27	Panel fotográfico mostrando las causas de los deslizamientos en Kallarayan	72
Figura N° 28	Principales puntos de geodinámica externa en la CC de Kallarayan	82
Figura N° 29	Figura mostrando el Corte esquemático del deslizamiento en el Sector de Huancalle.	87
Figura N° 30	Escarpe principal del Deslizamiento	88
Figura N° 31	Cuerpo del deslizamiento	88

Figura N° 32	Viviendas afectadas y manantes	89
Figura N° 33	Base del deslizamiento	90
Figura N° 34	Empuje del cuerpo del deslizamiento afectando la cuneta existente en la carretera	91
Figura N° 35	Deslizamiento de Huancalle	92
Figura N° 36	Deslizamiento de Huancalle toma 02	93
Figura N° 37	Relación de precipitación por estación	99
Figura N° 38	Contraste de Estaciones	100
Figura N° 39	Contraste de estaciones	101
Figura N° 40	Histograma precipitaciones pluviales mensuales	103
Figura N° 41	Variación anual precipitaciones Cusco	104
Figura N° 42	Variación anual precipitaciones varias estaciones	105
Figura N° 43	Proyección precipitaciones pluviales	112
Figura N° 44	Vertedor triangular de 90°	114
Figura N° 45	Pueblo de Taray,	116
Figura N° 46	Afectación en el zona de Ccochahuasi	117
Figura N° 47	Generación de caudales del río Kallarayan	120
Figura N° 48	Generación de caudales del río Huancalle	123
Figura N° 49	Generación de caudales del río Quesermayo	126
Figura N° 50	Caudales proyectados	128
Figura N° 51	Plan de contingencia - Caudales proyectados	129
Figura N° 52	Generación de caudales del río Quesermayo	130
Figura N° 53	Canal tributario Kallarayan	134
Figura N° 54	Canal encuentro Quesermayo - Kallarayan	136
Figura N° 55	Mantaro (junio – 1974) momento inicial	138
Figura N° 56	Desembalse rio Mantaro – momento de máxima descarga	139
Figura N° 57	Hidrograma de desembalse en Huancalle	140
Figura N° 58	Reservorio Kelhuacoha máximo nivel de embalse	142
Figura N° 59	Vertedor de descarga de máximas- nótese el estado del concreto de la represa	143
Figura N° 60	Deterioro del concreto intemperizada (foto mayo de 1999)	143
Figura N° 61	Proyecto de encausamiento	145
Figura N° 62	Pendientes del río Quesermayo	146
Figura N° 63	Caudales máximas avenidas Taray	148
Figura N° 64	Desarenados de Coya	148
Figura N° 65	Desarenador en plena función	149
Figura N° 66	Descarga de aguas a la salida del desarenador.	149
Figura N° 67	Canal de descarga	150
Figura N° 68	Diseño de sección promedio para el río Quesermayo	163

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1	Ubicación de la microcuenca	13
Cuadro N° 2	Factores de zonas en el Perú	44
Cuadro N° 3	Registro de los sismos ocurridos en la región en los últimos 50 años	45
Cuadro N° 4	Registro de los sismos ocurridos en la región en los últimos 50 años	49
Cuadro N° 5	Tipo de procesos de remoción en masa por actividad sísmica	50
Cuadro N° 6	Cuadro de codificación	58
Cuadro N° 7	Tipo de fenómenos geodinámicos	59
Cuadro N° 8	Número de fenómenos geodinámicos	68
Cuadro N° 9	Peligros en la microcuenca Quesermayo	
Cuadro N° 10	Cuadro de Contrastación de estaciones	101
Cuadro N° 11	Cuadro de Información Meteorológica	103
Cuadro N° 12	Cuadro de Información Meteorológica comparativo - enero	105
Cuadro N° 13	Lluvias puntuales registradas de 1970 - 1985	110
Cuadro N° 14	Precipitaciones Pluviales	113
Cuadro N° 15	Calendarios con anotación de precipitaciones medidas en mm/día	118
Cuadro N° 16	Cálculos proyectados Com. Chitapampa	144
Cuadro N° 17	Pendientes cauce del río Quesermayo	145
Cuadro N° 18	Coordenadas de puntos de control	161



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



	<h1>Cap1</h1>	<h2>GENERALIDADES</h2>
--	---------------	------------------------

1.1.- INTRODUCCION:

Por encargo del Centro de Estudios y Prevención de Desastres (**PREDES**), se ha suscrito un contrato para el estudio de la “**Estudio de Peligros de origen geológico e hidrometeorológico en la microcuenca Quesermayo, distrito Taray y medidas para reducir el riesgo de desastres**”, el mismo que durante el mes de Marzo del año (2010), sufrió los efectos de una riada, ocurrida precisamente en los días que van desde 18 al 26 del mes de enero, (2010) en un primer evento y luego entre los días que van desde el 19 al 24 de febrero del mismo año como consecuencia de extraordinarias precipitaciones pluviales con graves consecuencias en la cuenca.

Los mayores daños registrados en la Población de Taray, en la provincia Calca, por efecto del desborde del río Quesermayo (Pinchicmayo), habiendo inundado la población, arrasando cultivos, anegando y causando el derrumbe de viviendas, causando la muerte de 7 personas. Es de anotar que en el tiempo siempre han ocurrido riadas en la cuenca del río Quesermayo, muchas de ella con una gran intensidad como se pudo observar en la segunda mitad del siglo pasado, muchas de ellas igualmente con la pérdida de seres humanos, y desde luego la pérdida de casas, cultivos y animales.

1.2.- UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio (micro cuenca de Quesermayo), políticamente, se ubica en el distrito de Taray Provincia de Calca y en la región Cusco: Geográficamente, está ubicado entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84.

Cuadro N° 1 ubicación de la microcuenca

UBICACION	COORDENADA
Laguna Queullacocha (NO de la microcuenca)	177 500 E y 8 512 125 N
Ccorao (parte central de la microcuenca)	183 550 E y 8 507 925 N
Huancalli (NE de la microcuenca)	188 650 E y 8 511 175 N
Taray (NE de la microcuenca)	189 500 E y 8 513 600 N

El acceso a partir de la ciudad del Cusco (km 15), se da por la carretera asfaltada, Cusco – Písaq - Urubamba. El acceso hacia las quebradas Queser Grande, Matinga, Kallarayan, Huancalle, etc. se puede realizar mediante caminos de herradura y carreteras secundarias.



Figura N° 01 zonas de Corao y Taray

1.3.- OBJETIVO Y FINALIDAD DEL ESTUDIO

- Localizar, identificar, analizar y evaluar los fenómenos de geodinámica externa existentes en la microcuenca Quesermayo, desencadenados por lluvias intensas y flujos rápidos e inundaciones.
- Caracterización geológica general de la microcuenca Quesermayo
- Caracterización geológica del deslizamiento Huancalle, su comportamiento ante lluvias intensas, establecimiento del nivel de amenaza que representa por sus dimensiones, las características y desplazamiento.
- Identificación de las áreas potenciales de ser afectadas por flujos y deslizamientos en la microcuenca Quesermayo, así como elementos expuestos (centros poblados, infraestructura, cultivos, etc.).
- Zonificación de peligros de origen geológico y de origen hidrometeorológico,
- Formular medidas para monitorear el deslizamiento Huancalle, para controlarlo y mitigar su potencial y para reducir el riesgo para la población que está expuesta en la microcuenca
- Evaluar y calificar las condiciones naturales del terreno (rocas y suelos) donde se emplaza la cuenca
- Dar la información técnica pertinente para que se desarrollen proyectos de ingeniería que permita ejecutar las obras bajo condiciones de seguridad y economía.
- Estudio del comportamiento de las Precipitaciones Pluviales y determinación del caudal correspondiente a la máxima avenida de proyecto.
- Ubicación, zonificación y demarcación de las áreas potencialmente expuestas a los flujos hidráulicos y deslizamientos en la microcuenca del Quesermayo, comprendiendo dentro del acápite los centros poblados, infraestructura, cultivos etc.

- Proponer medidas de monitoreo, con respecto al probable deslizamiento de Huancalle, para establecer medidas de control y mitigación, con el objeto de reducir el riesgo de las poblaciones involucradas.

1.4.- CONDICIONES CLIMÁTICAS

El área de estudio, está marcada por dos estaciones, una de estiaje entre los meses de mayo y noviembre, y otra lluviosa entre los meses de diciembre a abril. Según la clasificación de Pulgar Vidal (1987), en la microcuenca del Quesermayo y alrededores tenemos regiones naturales de:

Quechua: (2300 y 3500) en Taray-Huancalle, el clima dominante es templado, con notable diferencia de temperatura entre el día y la noche. La temperatura media anual fluctúa entre 11 y 16 °C; las máximas entre 22 y 29 °C y las mínimas entre 7 y - 4 °C durante el invierno, es decir, de mayo a agosto. Las lluvias caen con regularidad durante el verano (diciembre a marzo). La vegetación típica está conformada por: aliso, maíz, calabaza, caigua, tomate, trigo, árboles frutales, ciruelo, almendro, peral, manzano, membrillo, durazno, etc.



Figura N° 02 zonas de Taray y Huancalle

Suni (3500 y 4000 m.s.n.m.) en Queser Grande, Queser Chico, Ccorao, Rayacniyoc, Matinga, Kallarayan, Huatta, el clima es seco y frío. La temperatura media anual fluctúa entre 7 y 10 °C, con máximas superiores a 20 °C y mínimas invernales de -1 a - 6 °C (Mayo-Agosto). La precipitación promedio es de 800 mm por año. La vegetación está compuesta por plantas silvestres, como el Quinual, Quishuar, Sauco, Cantuta, Motuy, Carhuacasha, Wiñayhuayna, Suni, la papa, año, Quinoa, Cañihua, Achis, Tarwi, Haba, Oca y Olluco.



Poblado De Quesermayo

Poblado De Quecayoc

Figura N° 03 zonas de Quesermayo y Quecayoc

Puna, en menor área (4000 y 4800 m.s.n.m.) en Queullacocha, Coricocha, parte alta de Quecayoc, el clima es frígido, con una temperatura media anual superior a 0 °C e inferior a 7 °C. La precipitación fluctúa entre 400 y 100 mm al año. La vegetación está compuesta de pajonales, Ocsha, Ichu, berro, Totorá, Llacho, los Bofedales, arbustos de Culli, árboles como la titánica, junco y cunco. Los productos alimenticios son la papa, cebada, maca.



Figura N° 04 zonas de Areniscas y Carcavas

1.5.- MÉTODO DE TRABAJO

El estudio geológico - Geodinámico de la Microcuenca de Quesermayo, se ha desarrollado en tres grandes etapas, que se indican a continuación:

Recopilación de información existente: Consistió en la recopilación planos topográficos, imágenes satelitales, información contenida en estudios, antecedentes y/o similares, relacionada básicamente a geología, geodinámica, hidrología, y otros dentro del área de interés y sus alrededores más cercanos.

Investigaciones de campo: trabajos que se desarrollaron en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa "in situ" referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geodinámicos e hidrológicos, que permitieron desarrollar los estudios básicos correspondientes. Este trabajo se desarrolló tomando como base el plano topográfico a escala 1:25 000 proporcionado por PREDES, así como levantamiento de sección geológica con Brújula y Wincha, así como un registro fotográfico toda la zona de estudio.

Se realizó un cartografiado geológico-geodinámico a detalle en la zona de Huancalle, teniendo como base el levantamiento topográfico a escala 1:1000

- **Trabajos de gabinete:** Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases de campo, permitieron determinar los estudios básicos correspondientes y finalmente la preparación del informe preliminar y final.

Para cumplir con estos objetivos se cumplieron las siguientes acciones:

- Un adecuado y eficiente posicionamiento geo-referenciado de las estructuras geomorfológicas, estratigráficas, geodinámicas.
- El trabajo de campo en función a las cotas y parámetros establecidos en los planos topográficos base, el que sirvió como referencia para la ubicación y descripción del total de las estructuras geológicas encontradas
- Igualmente dentro de este contexto, se realizó una evaluación sísmológica, para conocer la historia sísmica regional y deducir la frecuencia sísmica para la región.
- Cartografiado geológico y geodinámico, de uso de suelos, hidrológico de la micro cuenca Quesermayo a la escala 1: 25 000
- Mapeo de los deslizamientos en la microcuenca tributaria de Huancalle
- Se elaboró planos compuestos en SIG, (geodinámico-Geológico; geodinámico-pendientes; geodinámico-uso de suelos), que permiten generar planos que indiquen los peligros en la microcuenca.

1.6.- TRABAJOS ANTERIORES

Para el estudio geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional - INGEMMET (Hojas 27r y 27s). Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R. (1996).
- Cartografiado geológico estructural de la hoja 27s, por Victor Carlotto, Willy Gil, Jòseè Cárdenas, Richard Chávez, Juan C. Ascue, Herbert rosas, 1996.
- Geología, Estratigrafía y tectónica de la Región de Calca-Urubamba. Tesis Título Profesional UNSAAC. Chávez, R. (1995).
- Estudio geológico de la Zona Huambutio-Lamay. Tesis Título Profesional UNSAAC. Candia, F; Carlotto, C. (1985).
- Recursos Naturales y Manejo de Cuencas en los distritos de Taray, Pisac y San Salvador. CEDEP AYLLU. Octubre de 1995
- Ordenamiento Territorial del Distrito de Taray. Diplomado en Facilitación del Desarrollo Local, Gestión Sostenible de los Recursos Naturales. Abril 2006
- Evaluación Geodinámica Micro cuenca del Río Quesermayo-Taray. Ing. R. Benavente V. Ing. H. Boza M. junio 2010

1.7.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CUENCA QUESERMAYO

Delimitación Orográfica: La cuenca del Río Quesermayo, tiene en su entorno la siguiente conformación; iniciando el recorrido a partir del sector *Nor Oeste*, en su límite con la cuenca de la laguna de Piuray, con una altura que va desde los 4250 msnm. y hasta los 4350 msnm en el límite conformado por la laguna de Kellhuacocha, ya dentro de la colindancia con la laguna de Koricocha, la misma que se encuentra a una altura de 4067 msnm. Siguiendo es dirección la cuenca en una dirección del Oeste al Este, colinda con la cuenca del Río Vilcanota, en las alturas de de la comunidad de Patabamba, Paulo Grande y hasta llegar a la desembocadura del Río Quesermayo en el Río Vilcanota.

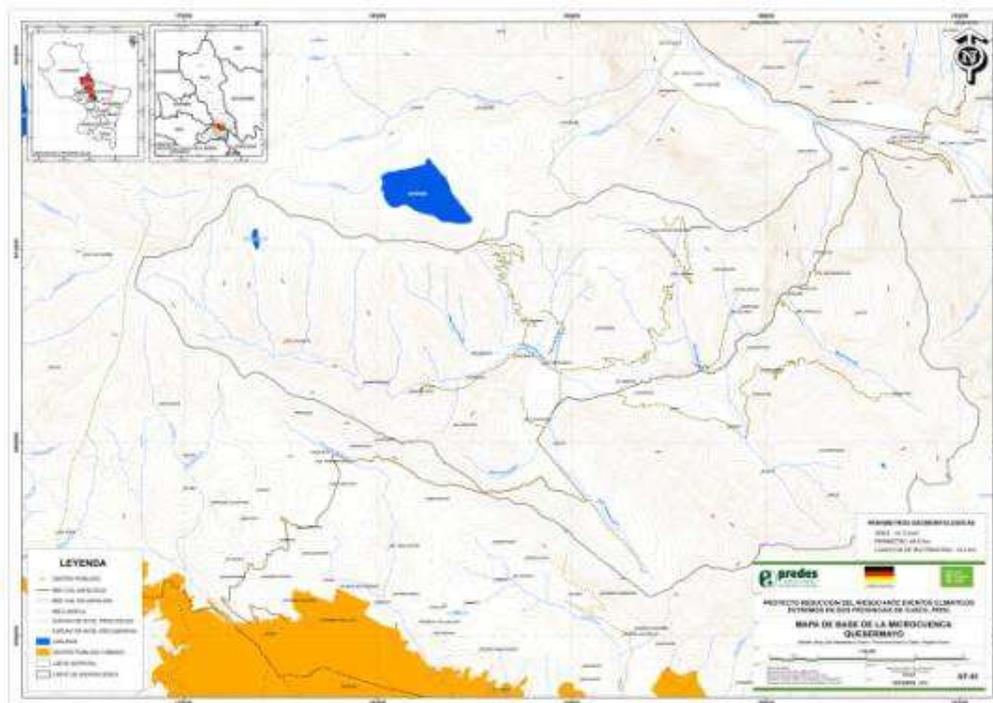


Figura N° 05 Mapa base de la microcuenca Quesermayo

Continuando el recorrido de la colindancia de la cuenca, sube por la narigada de Taray, en el límite con la cuenca del río Vilcanota frente a la Hacienda Huandar continuando por el extremo de la formación de la cadena del cerro Pachatusan, concluyendo en las lagunillas temporales de Totoracocha Y Tambillococha, de ese punto continúa en dirección *Sur*, siguiendo la divisoria del Cerro Picol con la cuenca del Huatanay, concluyendo en el Abra de Corao. A partir de ese punto la divisoria continúa con la dirección *Sur Oeste* limitando con las poblaciones de Yuncaypata, Tambomachay y fortaleza, y hasta las faldas del cerro Sencca. Las alturas de esta divisoria de aguas está comprendida entre los 2980 msnm. En la desembocadura del Quesermayo con el Río Vilcanota, y los 4525 msnm, del cerro Pachatusan. Es

pertinente mencionar, que estas colindancias están consideradas las estaciones Meteorológicas de Pisac, Kayra y Cusco, y dentro de esta las estaciones de PERAYOC la estación privada de la Av. manzanares, cuyos datos se han considerado en el presente estudio por las razones que se demostrarán más adelante.

Hidrografía: El río principal de la cuenca es el Quesermayo, con origen en la Laguna y reservorio de Kellhuacocha, confluyendo algunos pequeños tributarios constituidos por una considerable cantidad de manantiales, tales como el Huillcacocha, Queser, Sequeraccay, y uno de regular caudal que es el de Mandurani, luego a la cuenca se unen las aguas del sector de Ccorao con origen temporal en el Abra de Ccorao con San Sebastian, este tributario tiene una suave pendiente y por ello su contribución al caudal principal es pequeño, otro tributario, en la margen derecha y de regular consideración es el Río Pinchicmayo, con orígenes el cerro Picol, y comprendiendo en su recorrido a las comunidades de Picol y Matinga, siempre por la margen derecha del río principal Quesermayo, está el tributario de Huancalle, con origen en el Pachatusan y continuando por la comunidad de Quecayoc, hasta desembocar en Huancalle, este tributario cobra importancia, dado a que en su último tramo se encuentra ubicado el deslizamiento de Huancalle y que reviste una situación de riesgo. Por la Margen Izquierda del Quesermayo cuenta con el tributario de Kallarayan, el mismo que registro una considerable descarga en febrero del año 2010, causando el rebose del río principal causando daños en la vía asfaltada Cusco–Pisac, ese acontecimiento merecerá especial estudio más adelante. Finalmente el Río Quesermayo tiene otros tributarios menores, los mismos que no son significativos, por sus bajos caudales, casi siempre originados por manantiales.

Cobertura vegetal: La cuenca tiene una vegetación que varía de acuerdo a las alturas, tal es el caso de que en las zonas con alturas por encima de los 3900 msnm, predominan los pajonales (Estipa Ichu), y a medida que se desciende, se encuentra un mayor número de especies botánicas herbáceas y arbóreas entre las cuales se puede mencionar a la kykuyo, Chilca, Saylla, Marku, Lloque, entre los árboles se encuentra principalmente los bosques de Eucaliptos, Cipres, Pinos, Queñas, Quishuar, Pisonay y Capulies, entre los más numerosos. a ello se agregan las áreas destinadas a los cultivos, en primer término, las de pan llevar, constituida fundamentalmente por hortalizas, y cultivos mayores tales como Cebada, (pasto y para grano) papas, maíz y en menor cantidad que se refleja en áreas de cultivo, están: el tarwi, ollucos y quinua.

Acontecimientos hidrológicos observados: La más distante data del mes de febrero del año 1953, cuando se registraron 213,5 mm de lluvia para el mes de febrero, y como consecuencia directa se pudo observar el desborde de las aguas en la confluencia de los ríos Quesermayo y Kallarayan, el caudal pudo ser determinado por las marcas dejadas en las orillas y a partir de tres secciones del río espaciadas a 20 m, entre cada una ellas, habiéndose calculado, por métodos hidráulicos con el uso de las expresiones matemáticas de Manning aplicadas al caso particular, un caudal de 23,2 m³/s. Es de anotar que en esa época la vía era una carretera de segunda clase en

tierra de una sola vía y con un nivel menor al actual de un lado, y de otro, factor que causo el desborde, fue la gran cantidad de material sólido de arrastre que trajo consigo la riada del tributario de Kallarayan, este evento causo algunos daños de menor cuantía en la población de Taray, más adelante el año de 1967, se produjo otra riada de considerable magnitud, causando también el desborde del ambos ríos en su encuentro, el mismo que se ubica en el km 20 de la vía Cusco – Pisac. En ese entonces la vía se encontraba en plena ejecución de los trabajos de ampliación y asfaltado, la cusa fue que el contratista dejo en el cauce de los ríos una buena cantidad de material producto del movimiento de tierras que supone ese tipo de trabajo.



Figura N° 06 fotografía aérea Fap. Mayo de 1963- sector Pisac – Taray



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap2

GEOMORFOLOGIA

2.1.- GENERALIDADES

La característica en la evolución morfológica del territorio peruano se manifiestan por:

a.- Un relieve inmaduro desarrollado entre el mar, la región cordillerana y la región Sur - Andina oriental y características climáticas particulares a cada región.

b.- La ubicación geográfica del territorio peruano en la zona de convergencia de las placas de Nazca y Sudamérica, causantes de la actividad sísmica y volcánica.

Para el caso que nos ocupa, como corresponde a todo estudio geológico-geodinámico, primero debemos ubicar la zona dentro del contexto geomorfológico regional, para ver en que unidad se encuentra la zona de estudio. Como es de verse en la interpretación de los planos regionales, la zona de altas cumbres (4 000 m.s.n.m.), el tipo de roca, los sistemas estructurales, aunado a la presencia de agua superficial y sub superficial, juegan un papel importante y determinan el modelado del relieve de la zona de estudio.

2.2.- GEOMORFOLOGIA REGIONAL

En base a criterios morfológicos, litológicos y estructurales, la zona de estudio presenta las siguientes unidades geomorfológicas regionales (ver plano geomorfológico regional, se describe sólo las unidades geomorfológicas regionales limítrofes con la geoforma en la que se encuentra la zona de estudio)

2.2.1.- Pampa de Piuray- Maras.- Presenta un relieve algo plano, con altitudes que varían entre los 3600 y 3750 m.s.n.m. Limita al norte con el valle Vilcanota - Urubamba a través de una ladera escarpada en la parte oriental y una pendiente más suave en la parte occidental. Al este limita con las montañas del Cusco por intermedio de fallas norte sur, las mismas que muestran reactivaciones cuaternarias holocenas (recientes. Carlotto 1996). Al sur limita, de una manera progresiva con la depresión de Anta. Al oeste con las montañas de Huayanay, a través del valle del río Huarcocondo.

Esta geoforma está rellena por secuencias de la formación chincheros y por series fluvio lacustres de la formación San Sebastián, además afloran lutitas, calizas y evaporitas del grupo Yuncaypata. En esta unidad se ubican las lagunas de Piuray y Huaypo.

2.2.2.- Meseta de Saqsayhuamán.- Se ubica la SE de la pampa de Piuray-Maras y sur de la zona de estudio, entre los 3600 y 3 8000 msnm, presenta afloramientos de lutitas, yesos y calizas del grupo Yuncaypata y algunos cuerpo intrusivos pequeños terciarios. La presencia de sedimentos finos hace que tenga un relieve algo plano.

Limita al sur con la depresión del Cusco y al norte mediante la falla Tambomachay con las montañas del Cusco.

2.2.3.- Montañas del Cusco.- Se ubica al este de la pampa de Piuray - Maras. Es una cadena de cumbres altas, es separada de la cordillera oriental mediante la cuenca del valle del Vilcanota. Estas montañas se han desarrollado sobre las areniscas, lutitas, limonitas del grupo San Jerónimo, las que se hallan plegadas. Esta zona está conformada principalmente por montañas como: Sencca (4 423msnm), Hatunluicho (4 482msnm), Huaynapicol (4 480 msnm).

Dentro de esta geoforma regional, se ubica la microcuenca de Quesermayo (zona de estudio). Estas montañas constituyen la separación aguas entre la microcuenca de Quesermayo, Cusco al sur y Coricocha-Quenco al oeste, estos ríos y riachuelos permanentes y estacionarios, son los que han dado lugar a la formación de la microcuenca de Quesermayo, aunado al tipo de roca, intemperismo y grado de fracturamiento de las mismas. Son las que han dado origen al material aluvial fluvial existente en la microcuenca de Quesermayo

2.2.4.- Valle del Vilcanota-Urubamba.- Se ubica en el límite norte de la microcuenca de Quesermayo, es un valle interandino, porque delimita la cordillera oriental con la occidental, corre en forma paralela a estas. Está dividido en dos segmentos:

El primer segmento, que va desde San Salvador hasta Pachar, que constituye el límite entre las altiplanicies y la cordillera oriental, presenta una dirección preferencial SE-NO, con altitudes promedio de 3 000 metros, presenta terrazas amplias (margen izquierda) como las de Písac, Lamay, Huarán, Guayllabamba, Yucay. Es un valle ancho, en algunos sectores sobrepasa los 1 000 metros, mostrando una evolución madura. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas, en los bordes se muestran importantes conos aluviales como los de Calca, Urubamba, Pumahuanca, Huayllabamba y Taray.

El segundo segmento.- Va de Pachar a Machupicchu. A partir de la localidad de Chilca hasta Santa Teresa, se desarrolla el cañón de Urubamba, el río atraviesa por rocas muy resistentes de la formación Ollantaytambo y el batolito de Machupicchu, aquí las paredes del valle son muy empinadas.

2.2.5.- Cordillera Oriental.

Es una zona estructural fuertemente individualizada que ocupa la parte sur oriental del Perú. En el oriente, está bordeada por fallas NO-SE, las partes más elevadas frecuentemente se hallan con glaciares, los que muestran signos de retroceso y evidencias de anteriores glaciaciones. Las rocas que afloran en esta geoforma son metamórficas del paleozoico inferior y volcánico del grupo Mitu del permo-triásico, las

que se hallan atravesadas por rocas intrusivas del Permiano inferior, como el intrusito de Machupicchu

REGIONALMENTE LA MICRO CUENCA DE QUESERMAYO SE SITÚA DENTRO DE LA GEOFORMA REGIONAL MONTAÑAS DEL CUSCO.

2.3.- GEOMORFOLOGIA LOCAL

A nivel local la microcuenca del Quesermayo se encuentra mayormente sobre depósitos aluviales y depósitos fluviales. El piso está cortado por el río Quesermayo.

Las laderas de los cerros están conformadas principalmente por depósitos coluviales o por afloramientos de rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias en muchos casos muy fracturados que debido a las pendientes muy empinadas y el intemperismo, forman conos aluviales y movimientos de suelos y rocas. Se puede diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas.

2.3.1.- Llanura aluvial

Es una superficie más o menos plana, conformada por material inconsolidado de diferente composición y granulometría, originada por el acarreo y deposición de todo el material, proveniente de las partes altas de la micro cuenca, aprovechando el cambio de pendiente. El ancho de esta llanura está determinado por la litología de la zona, es más amplia en zonas donde el río atraviesa rocas menos competentes (rocas del grupo San Jerónimo, Yuncaypata, zona de Corao-CCochahuasi) y se angosta o encañona en lugares donde la roca es más dura (rocas del grupo Mitu, Formación Huancanè, zona Rajchi-Taray) esta geoforma se puede dividir en las siguientes zonas:

La primera, comprendida desde las nacientes de la microcuenca, quebrada Queullacocha, hasta Qesere chico, formada en rocas del grupo San Jerónimo. Se caracteriza por tener taludes abruptos, en muchos lugares se hacen verticales, la pendiente del río es pronunciada la llanura aluvial en algunos lugares es amplia, en otros se hace más angosta y a veces no existe, el material fluvo aluvial es de granulometría media a gruesa, con predominancia de grava, los clastos son de areniscas de la formación Kayra (grupo San Jerónimo).

Entre las coordenadas: 179 266 E y 8 509 535 N, existe un dique reconstruido como disipador, en donde existe material grueso (bloques hasta de 0.60 m), producto de la destrucción del antiguo dique; este es un material disponible para ser acarreado. Por la pendiente, es una zona dinámicamente activa.



Figura N° 07 llanuras aluviales

La segunda, comprendida desde Quesere Chico hasta Rayanniyoc, es una llanura amplia de baja pendiente, el material es predominantemente grava media a gruesa, los clastos son de areniscas del grupo San Jerónimo. Se emplaza predominantemente en rocas del grupo Yuncaypata y Quilque Chilca. En muchos lugares forma terrenos saturados y fangosos, en donde asientan viviendas que han sufrido hundimientos. Es una zona predominante de deposición debido a la poca pendiente de la llanura.



Corao, nótese la pendiente suave



Casa en proceso de hundimiento,

Figura N° 08 zonas de pendiente suave y zonas de asentamiento

La tercera, comprendida entre Rayanniyoc y Kallarayan, la llanura se hace más angosta, la pendiente más pronunciada, el material sigue siendo predominantemente grava media a fina.

La cuarta, comprendida entre Ccalla Rayan y Huancalle, la llanura es angosta, el material aluvial es grueso se nota la presencia de bloques gigantes de roca volcánica y areniscas cuarzosas de la formación Huancané y Mitu. Esta zona se caracteriza por

presentar material más grueso proveniente de la quebrada CcallaRayan (clastos de areniscas y andesitas)



Figura N° 09 Curso de la quebrada en la parte alta

La quinta, entre Huancalle y Taray, el valle se encañona, no existiendo en consecuencia en muchos lugares llanura aluvial, el material aluvial es grueso con presencia de grandes bloques la pendiente es pronunciada. Atravieza rocas del grupo Mitu y Copacabana (areniscas, conglomerdos, andesita basáltica y calizas silíceas de la formación Copacabana).



Figura N° 10 encañonamiento en la cuenca media a la altura de Huancalle

2.3.2.- Quebradas

Atraviesan las colinas transversalmente, que al final van a desembocar en la micro cuenca del Quesermayo, la mayoría de estas tienen cursos estacionarios de aguas superficiales, que contribuyen a desestabilizar el terreno. Entre las quebradas tenemos: Quellacococha, Queser, Jatunpuquio, Matinga, Ccalla Rayan, Tiohuayco, Hancalle.

2.3.3.- Conos aluviales

Se hallan cubriendo el pie de las pequeñas quebradas formados por materiales de las formaciones Kayra, Quilque Chilca, Huancané, Mitu. Sobre estos conos se asientan pueblos y comunidades como: Queser Grande, Queser Chico, Matinga, Kallarayán, Cochahuasi, Quecayoc, Huancalle, Taray, etc

A lo largo de la cuenca se observa una serie de conos aluviales. A continuación se detallan los principales. Por su pendiente muy baja a baja, son áreas donde se produce la deposición de los materiales acarreados por el río, en consecuencia son propensas a las inundaciones, caso Corao, Cochahuasi, Taray.

2.3.3.1. Cono aluvial Pícol

Desciende del cerro Pícol, por donde discurre un riachuelo Jatumpuquio, desemboca antes de llegar al poblado de Corao. Es de pequeña extensión y baja pendiente. El piso está conformado por material inconsolidado, de granulometría media a fina (gravas, limos, arenas, esporádicamente pequeños cantos rodados) con clastos de areniscas y volcánicos del grupo San Jerónimo y Mitu respectivamente. Se extiende desde la cota aproximada de 3 850, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros (3 500 m.s.n.m.)

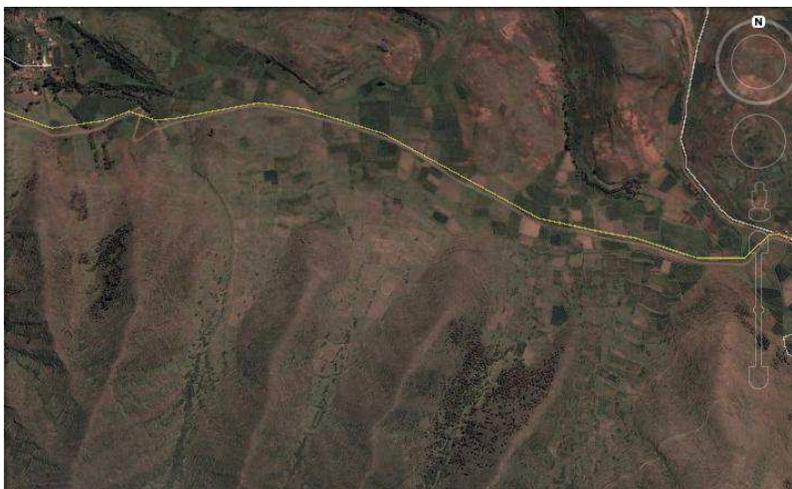


Figura N° 11 Cono aluvial de Pícol

2.3.3.2.- Cono Aluvial de Corao

Es de amplia extensión y baja pendiente. El piso está conformado por material inconsolidado con clastos de areniscas del grupo San Jerónimo, procedente de las partes altas de Quesere Chico. Sobre este amplio cono aluvial, se asienta la ciudad de

Corao. Se extiende desde la cota aproximada de 3 650, hasta la cota promedio de 3500 m.s.n.m. Por su baja pendiente, baja velocidad del río Quesermayo, es una zona que sirve de deposición de los materiales fluvio aluviales provenientes de la formación San Jerónimo



Figura N° 12 Cono aluvial de corao

2.3.3.3.- Cono aluvial de Matinga Rayanniyoc

Es de amplia extensión y baja pendiente. El piso está conformado por material inconsolidado con clastos de areniscas del grupo San Jerónimo, lutitas y lodolitas del grupo Yuncaypata. Sobre este amplio cono aluvial, se asientan los poblados de Matinga y Rayanniyoc entre otros. Se extiende desde la cota aproximada de 3 800, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros, hasta la cota promedio de 3500 m.s.n.m.



Figura N° 13 Cono aluvial de Matinga Rayanniyoc

2.3.3.4.- Cono Aluvial de Huancalle

De amplia extensión y baja pendiente. Conformado por material inconsolidado con bloques y clastos de rocas volcánicas andesíticas de la formación Pachatusan (grupo Mitu) y en menos proporción areniscas de la formación Huancané. Unidos por una matriz areno-limosa. Sobre este cono se asienta la población de huancalle. Se extiende desde la cota aproximada de 3 600, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros, hasta la cota promedio de 3500 m.s.n.m.



Figura N° 14 Cono Aluvial de Huancalle

2.3.3.5.- Cono Aluvial de Taray.

De amplia extensión y baja pendiente. Conformado por material inconsolidado con cantos rodados y clastos de rocas volcánicas andesíticas del grupo Mitu, Areniscas cuarzosas de la formación Huancané, Areniscas feldespáticas del grupo San Jerónimo, Calizas de la formación Ayavacas, Copacabana, en una matriz areno-limosa-arcillosa. Sobre este cono se asienta la población de Taray. Se extiende desde la cota aproximada de 3 000, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros, hasta la cota promedio de 2 900 m.s.n.m.



Figura N° 15 Cono Aluvial de Taray

2.3.4.-Pendientes

Uno de los aspectos condicionantes de la inestabilidad de taludes, consideramos es la morfología del terreno, es decir la inclinación del terreno, para distinguir el grado de actividad que presenta y el grado de susceptibilidad a determinados procesos geodinámicos. Por lo que se ha establecido un mapa de pendiente de la micro cuenca (ver plano N° 06), que sirve para comparar con los otros factores condicionantes.

En los procesos de vertiente se pretende establecer la relación causa efecto entre el nivel de inclinación del terreno y los fenómenos geodinámicos. Son procesos que necesariamente necesitan una inclinación del terreno para producirse como por ejemplo caídas o derrumbes, flujo de detritos. Así pues la pendiente del talud es decisiva, ya que los terrenos escarpados favorecen los arrastres, posibilitando que se renueve la superficie expuesta a los agentes meteóricos; sin embargo, dificultan la concentración de humedad e impiden la estabilidad necesaria para la meteorización química. A continuación, se detalla los tipos de pendientes existentes en la zona de estudio.

2.3.4.1.- Zona de pendiente muy baja.

Se ha considerado como zonas de muy baja pendiente a las que tienen entre 0.00° y 10.9° de inclinación dentro de las que tenemos: en el límite oeste de la cuenca, la zona de puna, en los alrededores de las lagunas Qoricocha y Quellhuacocha, parte alta de Kallarayán, Sequeracay, Corao, Quebrada Jatumpuquio, Huamampata, Matinga, poblado de Huancalle, Taray. La característica de esta zona es la deposición, la acción erosiva es casi nula.

2.3.4.2.- Zona de pendiente baja.

Se ha considerado como zonas pendiente baja a las que tienen entre 10.9° y 22.2° , se puede observar en el plano que la mayor concentración de estas pendientes se ubica en los alrededores de Huillcarpata, Sequeracay, Chitapampa, Kallarayán, Queccayoc, Huatta, poblado de Huancalle, etc. (ver plano de pendientes). Existe una erosión incipiente. Si bien es cierto no generan procesos geodinámicos que revistan peligro o amenazas, sin embargo si son susceptibles de ser afectados directamente por estos procesos con mayor grado de peligrosidad.

2.3.4.3.- Zona de pendiente media

Se ha considerado como zonas de pendiente mediana a las que tienen entre 22.2° y 38.6° de inclinación. Las laderas de baja y mediana pendiente, principalmente son ocupadas por depósitos cuaternarios, es decir por morrenas, depósitos fluvioglaciares, deslizamientos antiguos, deslizamientos activos, depósitos coluviales y depósitos

mixtos. Estos depósitos han sufrido procesos geodinámicos, de meteorización, erosión o la conjugación de de dos o más procesos que han producido estas laderas, los que actualmente son utilizadas como terrenos de cultivo, es decir han alcanzado un estado de estabilidad que han permitido la formación de suelos edáficos importantes.

2.3.4.4.- Zona de pendiente alta

Se ha considerado como zonas de pendiente alta a las que tienen entre 38.6° y 46.8° de inclinación. Está relacionada directamente a la litología de esta micro cuencas, que presentan rocas volcánicas y sedimentarias de fuerte resistencia a la compresión y que tienen mucha inclinación de sus estratos. Las rocas de esta zona se encuentran fracturadas y diaclasadas, producto de los ciclos tectónicos (de deformación) Hercínico y Andino con todas sus fases, en consecuencia son susceptibles al intemperismo físico, siendo fuente del material coluvial, que posteriormente es acarreado pendiente abajo, constituyendo el material de origen de los movimientos de suelos y masas existentes en la zona. (Ver plano de pendientes)

Las comunidades de Ccallarayan, Huatta, Queccayoc, parte de Huancalle, se ubican en laderas con esta pendiente, de tal modo que los terrenos de cultivo son proclives a fuertes procesos erosivos que resultan siendo negativos para su estabilidad en el tiempo, considerando estos efectos negativos es que las culturas antecesoras han tratado estas laderas de pendientes pronunciadas con andenes.

Los procesos geodinámicos que generan estas laderas son principalmente procesos gravitacionales que actúa como agente primario, participa en el transporte y moviliza fragmentos de escombros y detritos que se van acumulando progresivamente hasta formar los conos coluviales, en algunos casos activos y en otros casos en estado estabilizado. (Ver plano de pendientes)

2.3.4.5.- Zona de pendiente muy alta.

Se ha considerado como zonas de pendiente muy alta, a las que tienen mayor 46.8° de inclinación. Esta reducida a las zonas que delimitan la micro cuenca, en el que se presentan los acantilados de los cerros con evidencias de glaciaciones y los que recientemente han sido descubiertos de glaciares.

Cabe resaltar que las actividades artificiales o antrópicas, como ampliación de frontera agrícola (cultivos en plena ladera e inadecuado sistema de riego) generan zona de pendientes pronunciadas inestables, las laderas de los cortes de carreteras, cortes de plataforma de canales hidráulicos que se encuentran a lo largo de estas obras de infraestructura civil, en estos casos los cortes se han realizado en rocas de las formaciones paleozoicas, cretácicas y cuaternarias.

En el caso de las rocas Paleozoicas dependiendo de la dirección de estratificación y litología, éstas se convierten en laderas inestables en cuanto los factores desencadenantes como es el agua intervienen, principalmente en temporadas de lluvias. Este proceso se puede evidenciar en los alrededores de Queccayoc, Ccaccacollo, este de Matinga. En las zonas donde las rocas son del Grupo Mitu las laderas de fuerte pendiente no presentan procesos importantes de deslizamientos sino de desprendimientos por el grado de intemperismo. (Ver plano de pendientes).

2.3.5.- Terrazas

Se encuentran a ambas márgenes del río Quesermayo, con relieves suaves, corresponde a antiguos paleocausas, presentan taludes con bancos de uno a dos metros de potencia con relieve plano, los cuales pertenecen a depósitos aluviales anteriores, compuesto por arcillas, arenas y cantos rodados. Estas geoformas se notan en la comunidad de Huatta, donde vienen a constituir los frentes, a partir de los cuales se asientan los terrenos de cultivo.



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap3

ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL

De acuerdo a las observaciones y estudios de campo realizadas por el suscrito, la cartografía geológica elaborada y publicada por el INGEMMET en el boletín No. 65 "Geología de los cuadrángulos Urubamba y Calca a la escala de 1: 100 000, el cartografiado Geológico de la hoja de calca (27s) de la cual el suscrito es coautor, se describe los grupos y/o formaciones geológicas a nivel regional y local del área circundante a la micro cuenca Quesermayo, motivo del presente estudio. Cabe indicar que toda la estratigrafía que se describe, está presente en la zona de estudio.

3.1- FORMACIÓN PAUCARTAMBO. (SILURO-DEVONIANO)

Con este nombre se conoce a una secuencia estratigráfica bastante uniforme constituida por pizarras y esquistos, grises a negros, sin estratificación visible, con intercalaciones con escasos bancos de cuarcita. En la zona de estudio, se observa un afloramiento que representa aproximadamente 01% del total, tiene un relieve de laderas moderadas fuertes, bastante deformadas, hacia la parte superior se encuentran bancos de areniscas y areniscas cuarcíticas de colores blanquesinos, que se confunden con la estratigrafía de la formación zapla. Por ser rocas antiguas (paleozoico inferior a medio) y por haber sido afectadas por 02 ciclos tectónicos (Hercinico y Andino), las rocas de esta formación, se encuentran bastante deformadas (fracturadas y diaclasadas), lo que hace que den origen a movimientos de suelos y rocas (deslizamientos, asentamientos, reptación de suelos, caída de bloques, etc), y sean fuente de material disponible para ser acarreado. Como cuestión favorable, se tiene que, se tiene un sólo afloramiento que se encuentra en una zona que geodinámicamente no es muy activa.

3.2. - GRUPO COPACABANA (PÉRMICO INFERIOR)

El Grupo Copacabana (Newell et al, 1949) aflora ampliamente en el Anticlinal de Vilcanota y más específicamente cerca de la ciudad de Písaq al pie de carretera que va hacia Calca. Aflora también en la margen derecha e izquierda Taray donde forma el núcleo del Anticlinal de Vilcanota, igualmente, encontramos pequeños afloramientos al norte y noreste de Matinga. Representa aproximadamente un 15% del total de afloramientos.

El Grupo Copacabana está compuesto principalmente por calizas y lutitas de origen marino. Las calizas son de varios tipos, de grano fino, oolíticas o nodulosas, de color gris blanquecino a negro. Estas rocas se caracterizan por presentar fósiles silicificados de fusulinas, braquiópodos, corales, etc. Las lutitas son negras y carbonosas, conteniendo restos de plantas. Además entre Písaq y San Salvador (Morro Blanco) cerca a la base de los afloramientos, aparecen bancos de areniscas cuarzosas blancas con laminaciones oblicuas, posiblemente de medios litorales, intercaladas con lutitas y calizas fosilíferas.

En el Anticlinal de Vilcanota, se le tiene un espesor de 600 a 700 metros para este grupo. A este grupo se le asigna una edad Pérmico inferior. Desde el punto de vista mecánico las calizas son rocas estables, sin embargo, las lutitas pueden desarrollar deslizamientos. En la parte baja (cuenca), donde se inicia el cono de Taray, se nota material proveniente de esta formación.

3.3.- GRUPO MITU (PERMO-TRIÁSICO)

El Grupo Mitu (Mc Laughlin, 1924) sobreyace en discordancia erosional al Grupo Copacabana. Aflora en la zona de estudio (este y oeste de Taray), en Huancalle y Huatta (conforma los depósitos aluviales) al este de Matinga, en Queccayoc, a lo largo del Anticlinal de Vilcanota, desde Písaq hasta Calca. En el Grupo Mitu se diferencian dos unidades litoestratigráficas, denominadas formaciones Písaq y Pachatusan (Candia&Carlotto, 1985; Carlotto et al, 1988).

Litológicamente está constituido por brechas, aglomerados y coladas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas, se intercalan con rocas sedimentarias (conglomerados y areniscas cuarzosas), caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo

Las rocas, en general están muy fracturadas por lo que constituyen buenos acuíferos fisurados. Las rocas volcánicas pueden ser utilizadas como materiales de construcción. Están alteradas y muy fracturadas por acción del intemperismo físico, lo que hace que en las partes altas, con taludes abruptos, de origen a desprendimientos de rocas y depósitos coluviales y den origen a deslizamientos (zona de Huatta, Queccayoc, Huancalle, Taray). Este grupo está conformado por dos formaciones: Písaq y Pachatusan. Aproximadamente representa un 35% del área total de afloramientos en la zona.

3.3.1. Formación Písaq

La Formación Písaq (Gabelman&Jordan, 1964), aflora en al Anticlinal de Vilcanota, descansando en discordancia sobre el Grupo Copacabana (mirador de Taray), por intermedio, o no, de un nivel volcánico. Posteriormente se tienen secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados, intercalados con areniscas y limolitas rojas. Los conglomerados contienen clastos de calizas, volcánicos y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales. Entre Huancalle y Taray, se encuentran diaclasadas, lo que da lugar a la caída de grandes bloques como el que encontramos en la parte baja de Huancalle (lecho de río).



Figura N° 16 Zona de Huancalle-Taray, nótese el diaclasma Norte-Sur, con inclinación en el sentido de la pendiente. Foto mirando al Norte.

3.3.2.- Formación Pachatusan

La Formación Pachatusan (Gregory, 1916) está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Las rocas volcánicas, y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos. Los afloramientos de rocas volcánicas de esta formación, se observan ampliamente en la zona de Huancalle hasta Taray, en ambas márgenes de la quebrada Quesermayo. Las rocas están intemperizadas, fracturadas, formando relieves muy abruptos, son fuente de formación de depósitos coluviales, dan origen a desprendimiento de rocas. En la zona de Huancalle, se encuentran conformando los depósitos aluviales sobre los que se asientan los poblados de Quecayoc, Huatta y Huancalle. Forma parte del material disponible para ser acarreado en los huaycos, que desembocan en la quebrada Quesermayo.



Figura N° 17 Afloramiento de Volcánico Mitú, en la parte superior de Huatta

3.4.- FORMACION HUANCANE (Cretácico inferior)

La Formación Huancané (Newell, 1949) reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu. Está compuesta por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco de origen fluvial (Carlotto, 1992). La edad asignada indica el Cretácico inferior. Sus afloramientos constituyen un nivel guía en el cartografiado tanto por el color, así como formar acantilados. El espesor es pequeño y varía entre 30 y 150 metros.

Las areniscas cuarzosas, por ser bastante porosas y permeables, la hacen muy buenos acuíferos. Pueden ser utilizados como materiales de construcción. Un interés económico puede ser la explotación de los granos de cuarzo que son muy redondeados y homogéneos. La encontramos en los alrededores de Huancalle, Quecayoc y parte alta de Taray. Representa aproximadamente un 5% del área total de afloramientos.



Figura N° 18 Formación Huancané, carretera Cusco - Písaq. 01 km antes de Huancalle, nótese el fracturamiento

3.5.- GRUPO YUNCAYPATA (Cretácico superior)

Anteriormente definido como Formación Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), esta unidad no presenta una columna completa, debido a que comporta varios niveles de despegue. Desde el punto de vista mecánico las rocas de este grupo son inestables, muy especialmente los yesos. Está constituido por las siguientes formaciones: Paucarbamba, Ayavacas, Maras y Puquín. Todas las formaciones de este grupo, afloran en la zona de estudio, representan aproximadamente un 15% del área total de afloramientos.

3.5.1.- Formación Paucarbamba

La Formación Paucarbamba (sedimentación marina poco profunda areno-pelítica) reposa concordantemente sobre la Formación Huancané y aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza. Esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, de plataforma litoral. El espesor puede variar desde los 50 metros, hasta los 300 metros. Las rocas de esta formación, las encontramos en la parte alta de Huancalle (margen izquierda), en Huancalle, Matinga. Es un material inestable, da origen a flujos de barro en los lugares donde aflora.

3.5.2.- Formación Maras

Estos depósitos sobreyacen concordantemente a la Formación Paucarbamba. Aflora al Suroeste de la ciudad de Písaq en el cerro Quehwar. La Formación Maras se presenta de manera caótica, es decir una mezcla de yesos, lutitas rojas y verdes en menor proporción y escasamente calizas.

El espesor total de esta unidad, puede variar de 100 a 200 metros, aunque en algunos lugares pueden sobrepasar los 400 metros debido a efectos diapíricos y tectónicos. Se le asigna una edad Albiana media, en base a su posición estratigráfica y por correlaciones. En la zona de estudio, aflora en Kallarayan, Ccaccacollo, donde encontramos afloramientos de yeso, donde actúa con mayor intensidad el inetemperismo químico, que hace que la zona sea inestable y muy susceptible a generar movimientos de masas de suelos y rocas.

La diferencia de espesores, la presencia de fallas normales sinsedimentarias y los niveles de brecha, sugieren que el relieve era ligeramente accidentado y que durante la sedimentación ocurrían deslizamientos importantes. Esto sería una de las explicaciones porque las calizas se hallan concentradas en algunos lugares.

3.6.- FORMACIÓN PUQUÍN.

Sobreyace a la formación Ayavacas. Aflora al oeste de la zona de estudio, zona de Ccalla Rayan, Matinga. Está constituida por lutitas rojas, yesos laminados, nodulosos y por brechas con elementos pelíticos. Por estar conformada por rocas finas y por la presencia de yesos, esta formación es fácilmente erosionable y alterable químicamente, por lo que da lugar a fenómenos de movimientos de masas de suelos y rocas.



Figura N° 19 Formación Puquin, frente al zoológico de Cochahuasi, pista Cusco-Pisac,

3.7.- FORMACIÓN CHILCA QUILQUE (Terciario Inferior-Medio).-

Ambas formaciones afloran en los mismos lugares, se encuentran al noroeste de la zona de estudio (alrededores de Ccallarayan) y en la zona de Matinga (pista Cusco-Pisac), la formación Quilque está formada por lutitas, areniscas y conglomerados de color rojo, estos últimos formados por la erosión de costras calcáreas. La evolución vertical indica que las facies pelíticas lacustres y llanuras de inundación, pasan gradualmente a las facies areno-conglomerádicas de un sistema fluvial.

La formación Chilca, está constituida por lutitas rojas con láminas de yeso, margas y areniscas calcáreas de medios lacustres. Ambas formaciones tienen el mismo contenido fosilífero. Aflora en la zona de Ccallarayan y Matinga. Representa un 10% del área total de afloramientos.

3.8.- GRUPO SAN JERÓNIMO

Es una gruesa serie roja de origen continental. Aflora al este y sur oeste de la zona de estudio. Está constituido por tres formaciones: Kayra, Soncco y Punacancha, conformado por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas y algunos bancos de conglomerados, todos de origen fluvial. En esta zona sólo aflora las formaciones Kayra y Soncco. Se presentan a partir de la falla Tambomachay hasta el suroeste de la zona de estudio, al borde de la pista asfaltada Cusco-Urubamba, donde están constituidas por areniscas feldespáticas intercaladas con niveles de lutitas rojas, la parte media superior está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos. Este material se puede utilizar como material de relleno, lastreado, sub base, etc. Se observa al sur y suroeste de la zona de estudio, las laderas de los cerros

tienen una fuerte pendiente, es la fuente de origen a las gravas y bloques que conforma la mayor parte de la llanura aluvial de la micro cuenca Quesermayo.

3.9.- DEPÓSITOS CUATERNARIOS.

3.9.1- Formación Rumicolca

Un pequeño cuerpo volcánico de dirección Norte-Sur, afloran al oeste de Taray, otro al sur oeste de Huancalle (cerro Rajchi), encontramos también otros cuerpos; uno en el extremo nor este de la zona de estudio (Huacoto) y otro en el extremo nor oeste de la misma.

Este volcanismo está caracterizado por coladas de lavas de dimensiones pequeñas y raros conos de escorias. Estos cuerpos volcánicos han sido descritos como andesitas, siendo su litología muy similar de un afloramiento a otro. Sin embargo, por la geoquímica han sido clasificadas como shoshonitas. Son consideradas de edad Plio-Cuaternaria en base a criterios estratigráficos y dataciones radiométricas. Estas rocas tienen buenas condiciones ingenieriles para ser utilizados. Las encontramos en el cerro racchi, donde por estar diaclasadas dan origen a caída de grandes bloques, que al llegar a la cuenca, forman gran cantidad de material suelto disponible para ser acarreado.

3.9.2.- Depósitos Coluviales.

Son depósitos originados por la descomposición in situ de las rocas que se forman por gravedad, al pie de las laderas de pendientes fuertes de los cerros circundantes a la cuenca del río Quesermayo. Están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado de bloques, gravas en una matriz limo-arenosa. Dentro de estos depósitos, también se consideran los depósitos de deslizamientos, conos coluviales y flujo, alternados con los depósitos fluviales. Se observan a lo largo de la zona de estudio, debido al intenso fracturamiento, el tipo de roca, la gravedad y el agua de lluvia.

3.9.3.- Depósitos Aluviales

Dentro de estos depósitos, hemos considerado los conos aluviales. Estos conos están adosados a la desembocadura de las quebradas adyacentes a la microcuenca Quesermayo, como Queser Grande, Queser Chico, Corimarca, Ccalla Rayan, Huancalle, Taray, etc. Es importante el cono aluvial de Taray, de Huancalle y Ccalla Rayan, donde están conformados por grandes bloques de rocas volcánicas, envueltos por una matriz areno-arcillosa. Su comportamiento mecánico es aceptable a bueno.

Estos depósitos se reconocen también a lo largo de las quebradas, donde mayormente se emplazan asentamientos humanos y áreas agropecuarias.

3.10.- DEPÓSITOS FLUVIALES.

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de la microcuenca. Generalmente son poco consolidados y tienen alta permeabilidad, están constituidos por bancos de arena, gravas y cantos rodados, formando una o varias terrazas. Sobre estos depósitos fluviales se ubican algunos asentamientos humanos, en algunos casos han sufrido hundimientos con el destrozamiento respectivo de viviendas.

3.11 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

En la zona de estudio y alrededores predomina el Anticlinal de Vilcanota que tiene una dirección NO-SE afectando las rocas paleozoicas y mesozoicas. En la parte Noreste se tienen varios sistemas de fallas inversas de dirección NO-SE paralelo al anticlinal pero con inclinación hacia el Noreste. Estos cabalgamientos hacen repetir al Grupo Mitu sobre la Formación Paucarbamba y la Formación Huancané sobre el Grupo Mitu.

El anticlinal del Vilcanota es la estructura plegada de mayor dominio en el área, el flanco noreste tiene un buzamiento de 35° NE en promedio y en el flanco suroeste tiene un buzamiento promedio de 40° SW, ambos con rumbo noroeste, es decir, tiene una tendencia de la dirección andina (noroeste-sureste). El eje del anticlinal atraviesa la zona de Taray.

El grado de fracturamiento de las rocas, a nivel de la subcuenca es alto, habiéndose establecido varios sistemas, siendo los más importantes:

Sistema norte sur.

Este sistema de fracturamiento se evidencia en las rocas del grupo Mitu y las areniscas de la formación Huancané, estas fracturas son verticales y sub verticales atravesando casi perpendicularmente a la estratificación (zona de Huancalle-Taray), este fracturamiento muestra una alta intensidad, con una separación entre juntas de hasta 05 cm.

Sistema este oeste

Se evidencia en las areniscas cuarzosas de la formación Huancané, este fracturamiento forma un enrejado a manera de rombos. Se observa en la zona de Huancalle (pista Cusco-Pisac).

Falla de Tambomachay:

Esta es la estructura de mayor dimensión que se orienta en dirección NW-SE inicialmente se ha comportado como falla inversa poniendo en contacto el grupo San Jerónimo (piso) con la formación Yuncaypata (techo) posteriormente (fines del terciario y cuaternario) ha rejugado en una falla transcurrente (falla de rumbo) dando lugar a la abertura de la cuenca del Cusco, el comportamiento actual al parecer es de falla normal.

La microcuenca Quesermayo, está rodeada por varias fallas activas dentro de las cuales las que poseen una actividad comprobada son las de Tambomachay (sur de la zona de estudio) y Qoricocha (oeste de la zona de estudios) que parecen haber sido activadas durante el sismo del 05 de abril de 1986. La falla Tambomachay (Sebrier et al. 1982) se localiza a unos 4 Km (promedio) al norte de la ciudad del Cusco, tiene una dirección N 110° a N 130° con buzamientos que varían entre 70°E y 80°E hacia el sur, afecta esencialmente las Capas Rojas y la formación Yuncaypata y recorta la topografía actual con planos normales.

El estudio de sus estriamientos indica movimientos inversos, transcurrentes y normales.

Las fallas del sistema Qoricocha-Patabamba, están localizadas a 15 Km. al noreste de la ciudad del Cusco, bordean la parte oriental y septentrional de la laguna de Qoricocha. La primera denominada "Falla Huanacaure", tiene orientación NW-SE, aflora en unos 3 Km. es una falla normal con buzamiento entre 70° y 80° hacia el sur, está acompañada de un movimiento dextral. Por otro lado la "Falla Qoricocha" no muestra muchas evidencias morfológicas de actividad anterior, pero sí actualmente.

Toda esta dinámica estructural de la zona de la cuenca de Quesermayo, ha dado lugar a un intenso fracturamiento de las rocas, especialmente de la formación Huancané y grupo Mitu, aunado a las laderas abruptas que conforman estas rocas; han dado lugar a un intenso intemperismo físico, proceso geodinámico externo que ha ocasionado depósitos coluviales y aluviales, que se han depositado en las partes bajas de la micro cuenca.

Cap4

GEODINAMICA

4.1.- GEODINAMICA INTERNA

Relacionada con la actividad sísmica, como temblores y terremotos ocurridos en el territorio. Esta actividad está relacionada con la placa de Nazca y la actividad volcánica.

4.1.1.-- Sismicidad

El entorno tectónico del Perú, está encuadrado dentro de lo que se denomina “La Tectónica de placas” que pone a la placa de Nazca frente a la placa continental o sudamericana con colisión y subducción de la primera sobre a la segunda. Este desplazamiento convergente de placas explica la formación de la Cordillera de los Andes y la deformación continental, así como las grandes depresiones del fondo marino.

La amenaza de terremotos en nuestro territorio, lo somete a un factor externo que es el “riesgo sísmico”, por lo que los daños consecuentes estarán en relación directa con la magnitud del evento (peligro natural de origen sismológico) a la capacidad de respuesta de las estructuras (infraestructura o edificaciones en general) y a los diferentes valores de aceleración a las que están sometidas cuando ocurre un sismo.

El mayor conocimiento de los eventos sísmicos, permitirá planificar obras que con éxito, enfrenten las consecuencias sísmicas. Es oportuno precisar que las condiciones geológicas-geodinámicas locales juegan un papel importante para atenuar o incrementar las aceleraciones sísmicas y en consecuencia los efectos sobre las obras.

La norma E-030, del Reglamento Nacional de Edificaciones, establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con la filosofía y principios del diseño sismoresistente, como evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad, de acuerdo a esta norma el territorio nacional se considera dividido en tres zonas, basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentro así como en información neotectónica. A cada zona se le asigna un factor Z, tal como se indica en la tabla No. 01, este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Cuadro N° 2 Factores de zonas en el Perú

FACTORES DE ZONA		
ZONA	Z	AREA
3	0,4	Cordillera occidental, llanura pre andina, cordillera de la costa
2	0,3	Depresiones inter andinas, cordillera oriental, faja subandina
1	0,15	Llano amazónico

Cuadro N° 3 Registro de los sismos ocurridos en la región en los últimos 50 años

Zona	Año	Día/mes	Hora	Intensidad	Descripción
Cusco	1952	03-jun	10:00am	V	movimiento sísmico se situó en paruro Anta e Izcuchaca
Cusco	1952	06-jul	2:00pm	II-IV	Sismo
Cusco	1952	26-agot			
Cusco	1953	30-mar			
Cusco	1954	16-mar	10:10 am	IV	sismo percibido hasta Tambobamba en Apurímac
Cusco	1954	05-may	3:40 am	II	Sismo
Marcpata	1954	7-agot	3:10pm	III-IV	Sismo al este del Cusco
Yanaoca	1955	07-ene	9:00pm	III-IV	sismo al SE del Cusco
Yanaoca		08-ene	2:00am	II	sismo al SE del Cusco
Yanaoca		20-feb	7:20am	II-IV	sismo al SE del Cusco
Anta	1955	19-jun	9:00pm	IV-V	sismo al oeste del Cusco
Acos	1961	08-nov	2:30pm	VI	Sismo fuerte al SE del Cusco se produjo 20m movimientos posteriores con ruidos Subterráneos desprendimientos de rocas en los cerros.
Urcos	1965	08-may	5.23pm	V-VI	Sismo fuerte al Se del Cusco desprendimiento de rocas en cerros. Se sintió en Cusco y pueblos aledaños
Acomayo, Soraya	1971	14-oct	5:23pm	V-VI	Sismo fuerte al SW del Cusco desprendimiento de roca en el tramo carretero de Abancay Chalhuanca
Mollepata	1980	03-jun	2:17pm	VI	Sismo al Oeste del Cusco el Movimiento se sintió en Limatambo Izcuchaca Ollantaytambo Urubamba Calca Oropeza y Cusco donde alcanza el grado IV M:M
Cusco	1986	05-abr	3:14pm	VI-VII-VIII	sismo fuerte de 2.5 en la escala de Richer con 53 Km de profundidad, con epicentro en la laguna de Coricocha
Calca	2007	23/09		III	Sismo de regular intensidad, cuenca alta del río Ccochoc, 40 km de profundidad

Fuente PREDES

4.1.2.-Consideraciones Sísmicas

El sismo de 23 de septiembre del 2007, tuvo como epicentro el valle de Lares, contiguo al río Qochoq, con intensidades superiores a IV grados. Producto de la ocurrencia de este evento, actualmente, se está revalorando la importancia del efecto sísmico en la provincia de Calca, como fenómeno individual y/o asociado a otros, que debe ser tomado en cuenta en los mapas de peligros.

El mapa geológico regional muestra la existencia de fallas tectónicas como: Tambomachay (falla activa) al sur de la zona de estudio; Coricocha-Patabamba (activa, causante del sismo del 06 de abril de 1986), al oeste de la zona de estudio; Matinga-Quecayoc (falla inversa) al este de la zona de estudio. También se nota la presencia del anticlinal de Písaq, al nor oeste y sur este de Taray (eje del anticlinal cerca al mirador de taray).

Estos hechos hacen que la zona de estudio, esté en una zona tectónicamente activa, que evidencia haber estado sometida a grandes fuerzas internas (tectónica Hercínica y

Andina), las que han dado lugar a la deformación, fracturamiento y diaclasamiento de las rocas, las que a su vez, teniendo como factor desencadenante el agua de precipitaciones pluviales, riachuelos, manantes, han originado movimientos de suelos y rocas.

En la mayor parte de la zona central de la región Cusco, incluyendo la zona de estudio, la actividad sísmica regional está relacionada con la presencia de un sistema de fallas cuaternarias activas que separan las unidades morfoestructurales o altiplanicies y la Cordillera Oriental Andina en el Sur del Perú, en dirección SE a NO.

Según el IGP, En la región se esperan sismos destructores como en el pasado y recientemente, donde los daños afectaron principalmente a casas de adobe y afloramientos rocosos inestables, constituyendo, actualmente, una zona de moderada a alta vulnerabilidad física y socio-económica, que merece ser atendida. “Reúne los requisitos mínimos de significativa sismicidad histórica y reciente”. Para Calca, se espera intensidades de hasta VII en la escala de Mercalli Modificada. Ya se tiene historia reciente de sismos con epicentros mayores a 4 grados Richter y se estiman las aceleraciones sísmicas del orden de 0.24 g para Calca y alrededores.

4.1.3.- Peligrosidad Sísmica

La información más reciente referida a peligrosidad sísmica para la zona se encuentra en la ponencia “Peligrosidad Sísmica en el Sur del Perú” (D. López y J. Olarte - CISMID –UNI - 2001) en la que se realiza un análisis de la distribución espacial de la sismicidad tanto en planta como en profundidad así como un análisis estadístico que establece gráficas y ecuaciones de períodos de retorno para trabajos de predicción sísmica.

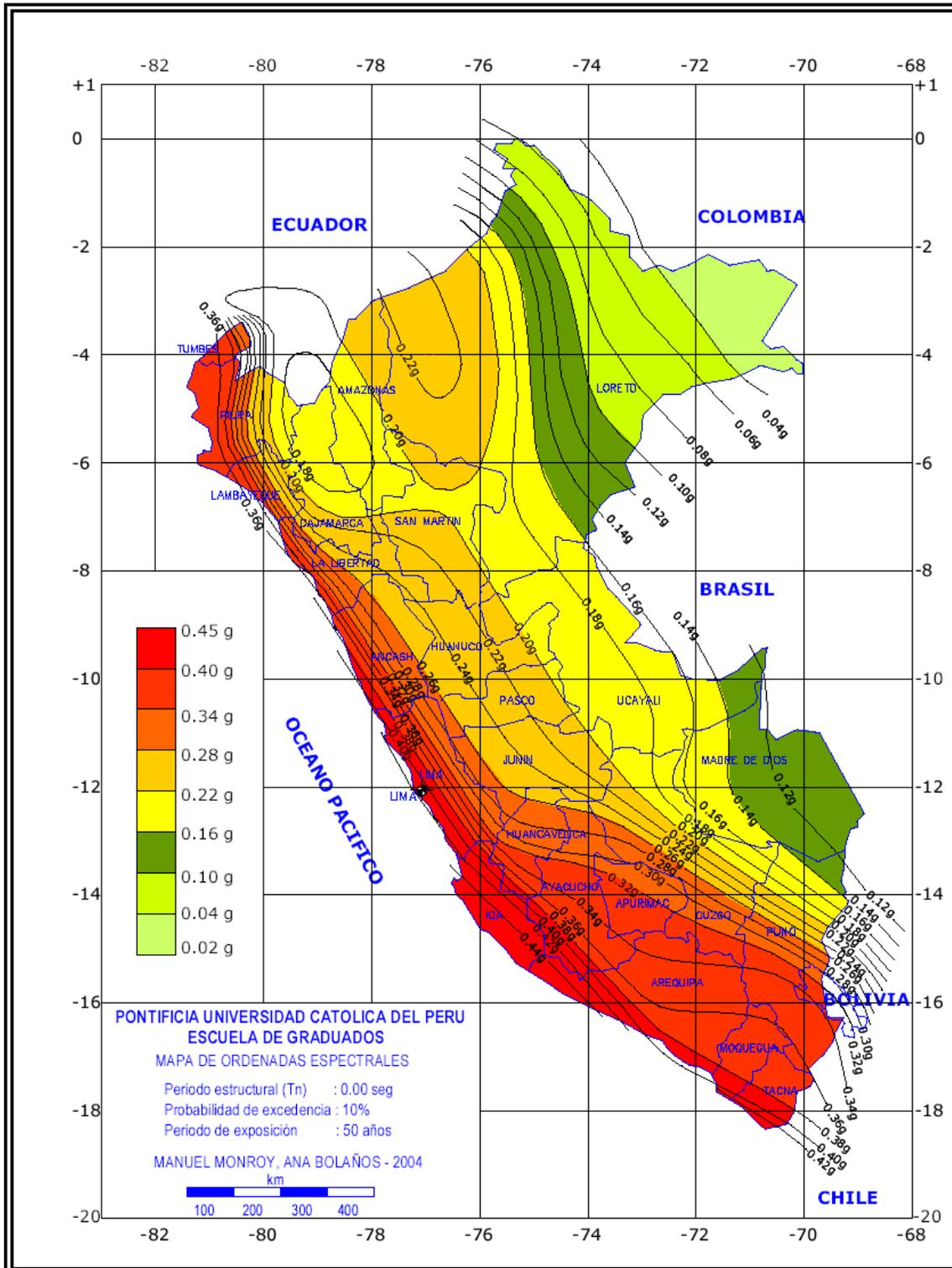


Figura N° 20 Mapa de orden espectrales

Para la zona en estudio se tiene una aceleración sísmica de 0.24g correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10%. Que equivale a un periodo de retorno de 500 años.

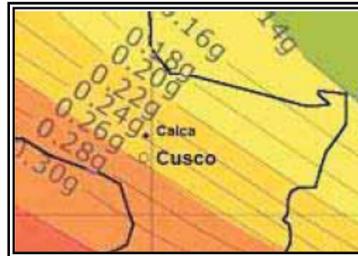


Figura N° 21 Mapa de orden espectrales de cusco

4.1.4.- Aceleraciones Máximas Normalizada

En el mapa de aceleraciones máximas normalizadas publicado por la Pontifica Universidad Católica del Perú, que se adjunta en la página siguiente, se observa que a la zona del proyecto le corresponde:

$$a_{MAX} = 0.16 \text{ g}$$

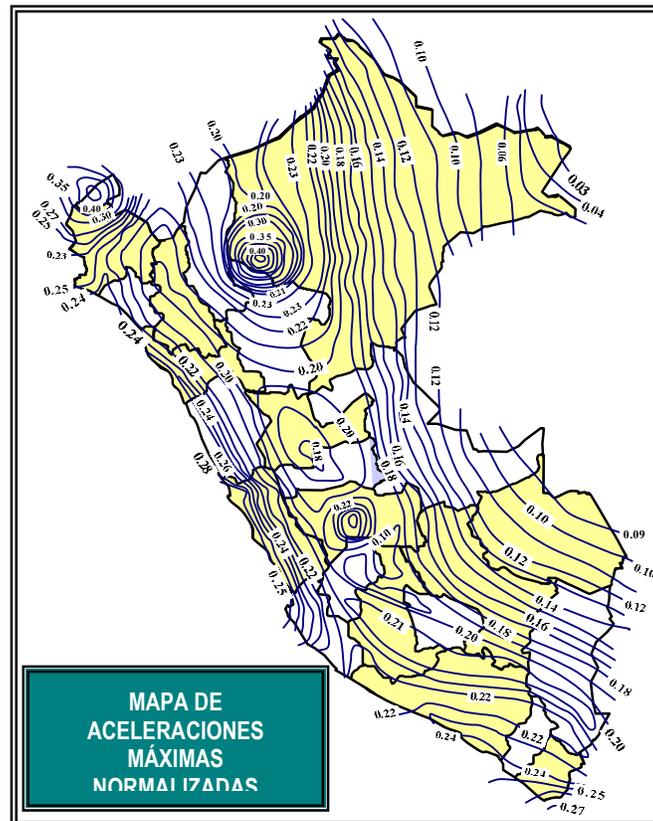


Figura N° 22 Mapa de aceleraciones maximas normalizadas

Este valor es algo inferior a los valores reportados por las otras fuentes de información y esto es debido a que este se refiere a los máximos valores registrados en la zona, mientras que los otros calculan la máxima aceleración que podría registrarse en el futuro en base a una proyección a diferentes periodos de tiempo.

4.1.5.--Riesgo Sísmico

Existe información referida a riesgo sísmico de la región, en el documento “Riesgo Sísmico en la Zona del Altiplano” (Vargas/Casaverde). Esta información está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno. Los parámetros correspondientes a la ubicación del proyecto son:

Cuadro N° 4 Registro de los sismos ocurridos en la región en los últimos 50 años

Periodo de retorno (años)	ACELERACIÓN			VELOCIDAD			DESPLAZAMIENTO		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

Nota: Aceleraciones expresadas en coeficientes de gravedad “g” velocidad en cm/seg y desplazamientos en cm

Prácticamente, toda la microcuenca de Quesermayo tiene Vulnerabilidad Alta y Media ante sismos, debido a las características de las edificaciones: adobe sin ningún tipo de refuerzo, mal o escaso asesoramiento técnico, mal estado de conservación, aunado a los fenómenos de movimientos de suelos y rocas. En la zona de estudio, con una aceleración de 0.165 g, con un periodo de retorno de 50 años, a una velocidad de 7.0 cm/seg. Se tendría un desplazamiento de 2.50 cm; si bien es cierto, este desplazamiento no es considerable geométricamente, pero, si es importante en el sentido que aumentaría el fracturamiento sobre todo de rocas del grupo Mitu y Huancané, los mismos que tienen altas pendientes, por lo tanto daría lugar a un gran aporte de material coluvial, en consecuencia material listo para ser acarreado en eventos de crisis climática, produciéndose por lo tanto grandes huaycos que afectarían a la zona.

La actividad sísmica en la región Cusco está relacionada a una zona de Fallas Cuaternarias activas que se emplazan separando en alguna medida la unidad morfoestructura del Altiplano y la Cordillera Oriental en el sur de Perú.

4.1.6.- Susceptibilidad Sísmica.

Las Rocas del grupo Mitu (volcánicas y sedimentarias) y las areniscas de la formación Huancané presentan un grado de fracturamiento alto, cuya fragilidad del sistema de discontinuidades tiende a desmoronarse en un evento sísmico, principalmente en

zonas de talud con pendiente alta y muy alta (Huatta, Quecayoc, Huancalle). Por tanto se consideran como susceptibles a estos eventos.

Están consideradas dentro de esta susceptibilidad las zonas de flujos de derrubios y desprendimiento de escombros, principalmente de la zonas de Quesermayo, Huatta, Quecayoc, Huancalle, Kallarayan.etc. Para tener una idea del efecto que producen diferentes magnitudes de sismo se adjunta una tabla tomada de Suárez Díaz.

Cuadro N° 5 Tipo de procesos de remoción en masa por actividad sísmica

Magnitud	Tipo de Movimiento
4.0	Caídas de rocas, suelo.
4.5	Deslizamientos de suelo o bloques de suelo
5.0	Deslizamientos de roca, bloques, flujos de suelo
6.0	Avalanchas de rocas
6.5	Avalanchas de suelo

Estimativos de la magnitud necesaria para que un sismo produzca deslizamientos de tierra (adaptado de keefer-1984)

4.1.7.- Fracturación Cosísmica.

Los sismos pueden generar agrietamiento o facturación de suelo y macizos rocosos, en la micro cuenca motivo de este estudio se tiene esas características de rocas. Su ocurrencia se suele dar en la corona de los taludes de alta pendiente y en los escarpes semi verticales de terrazas o cárcavas.

La magnitud de las grietas depende de la distancia del epicentro, de las características Morfológicas y de la estructura geológica de la ladera afectada. La orientación de los sistemas de las fracturas que originan los caídos de rocas o bloques o algunos detritos, que poco tiempo después de ocurrido el sismo, especialmente en periodos de lluvias, la escorrentía se infiltra en las fisuras ejerciendo presión de poros y desencadenando procesos geodinámicos peligrosos.

4.1.8.- Conclusiones sobre riesgo sísmico:

- La ubicación morfoestructural de la micro cuenca Quesermayo, hace que esté ligada a una actividad tectónica muy dinámica y actual.
- La existencia de fallas con actividad actual comprobadas (Tambomachay, Qoricocha, Patabamba), hace que la zona sea de riesgo sísmico alto.
- Los sismos históricos en la zona, indican que han ocurrido eventos sísmicos muy altos y severos (ceranos a magnitud 7.0° en al escala de Richter e intensidades superiores a 8 en MM.)
- Los estudios sobre distribuciones epicentrales y focales, así como los períodos de retorno y probabilidades de ocurrencia son muy importantes para tener una idea clara sobre el riesgo sísmico potencial. Por el momento podemos concluir que estamos sobre una zona de alto riesgo sísmico.

4.2.- GEODINAMICA EXTERNA

En esta parte se abordan todos los aspectos relacionados con las condiciones naturales del terreno y sus incidencias en la zona de estudio, sea desde el punto de vista de las rocas y material de cobertura, sea por los problemas de geodinámica externa (peligros naturales) que afecten su seguridad física, llámese sobrecargas de agua o desprendimientos del mismo material, igualmente comprende el análisis de la presencia de agua subterránea para deducir su incidencia en la estabilidad de la carretera.

Estos fenómenos se producen en zonas de laderas de moderadas a fuertes, como consecuencia de las precipitaciones, aguas sub superficiales, suelos aluvio-coluviales de escasa cohesión, intemperismo y fracturamiento de la roca, la sobrecarga, causando la pérdida de estabilidad que tenía el material, complementado con la gravedad, encargada de provocar el incremento de la ruptura y apertura de grietas.

4.2.1.- Principales Factores

4.2.1.1.- Grado de alteración por intemperismo.

De acuerdo a la alteración química, las rocas más susceptibles son las secuencias calcáreas y evaporíticas de la formación Yuncaypata, las secuencias cuaternarias y otros. Existe una creciente alteración química en zonas de saturación y constante flujo de aguas subterráneas. Son típicas las zonas de alteración química en los alrededores de la zona de Kallarayán y Ccaccacollo (sector oeste de la micro cuenca) (ver plano geológico). Existe una constante lixiviación, fruto de la descomposición de los minerales, por lo que buena parte de las aguas subterráneas sobre todo los procedentes de la formación Yuncaypata, son aguas duras, cargadas especialmente de soluciones carbonatadas.

La alteración mecánica está reflejada en el grado de fracturamiento existente en las rocas. Este fracturamiento se intensifica en las zonas cercanas a la deformación de Rocas (fallamiento, plegamiento, diaclasamiento), es así que en las zonas del sistema de Tambomachay-Qoricocha, se observa un intenso fracturamiento, existiendo zonas con cerca de 50 diaclasas por m². El sector de Huancalle-Queccayoc muestra igualmente un intenso diaclasamiento. A lo anterior se debe agregar la "fisilidad" natural de las lutitas (formación Puquín, Quilque Chielque, Paucarbamba) que en sus superficies intemperizadas son deleznable. Los sectores con mayor grado de fracturamiento son: Huatta, Queccayoc, Huancalle, alrededores de Tambomachay(zona sur de Quesermayo

4.2.1.2.- Contenido de humedad

Gran parte de los suelos de la microcuenca de Quesermayo se encuentran saturados, sobre todo en la llanura aluvial. Los niveles freáticos están superficiales a muy superficiales (entre 1.0 y 2.0 m.) especialmente en la zona de Ccorao - Rayanniyoc, estos niveles suben aún más en épocas de lluvias. Existen innumerables afloramientos de aguas (manantiales) que desaguan a la microcuenca.

Del plano del inventario de manantiales podemos deducir que el 50% de éstos se ubican en las cabeceras de los riachuelos especialmente en los sectores de Queser Grande, Queser Chico, Ccallarayan, Matinga, Quecayoc, Huata. Los diferentes manantiales dispuestos en los alrededores de la zona de estudio se encargan de saturar los suelos de los flancos del valle por lo que éstos se encuentran permanentemente con un alto grado de saturación, acrecentándose en las épocas de lluvias y luego se secan, produciendo efectos de alteración importantes en los suelos especialmente en las arcillas expansivas.

Los deslizamientos con actual movimiento (Huancalle por ejemplo), están en suelos arcillosos completamente saturados, debido a la alimentación permanente en su zona de coronación. En los alrededores de Huancalle (corte de la pista Cusco-Pisac) gran parte de los suelos se encuentran saturados y como se ha dicho éstos se incrementan en contenido de humedad en las épocas lluviosas.

4.2.1.3.- Desarrollo natural y modelado geomorfológico.

Los valles de las cabeceras de los ríos y riachuelos Quesermayo, Kallarayán, Quecayoc son juveniles en un franco desarrollo, por lo que sus perfiles tanto longitudinales como transversales son de fuertes pendientes. Además del plano geomorfológico se puede deducir la complejidad en los cambios de pendiente y la diversidad de éstos. Los ríos en su desarrollo natural tenderán a buscar de manera natural sus respectivos perfiles de equilibrio que aún no lo han alcanzado con la consiguiente dinámica que esto conlleva.

4.2.1.4.- Esfuerzos regionales y sismicidad

Los esfuerzos regionales según Cabrera 1984, son distensivos de norte a sur, por lo que preferentemente serán activados aquellos deslizamientos asociados a callamientos de direcciones este-oeste, aunque esto no es una regla pero existe alguna relación con muchos deslizamientos en toda la región de direcciones andinas. Los esfuerzos regionales hacen que el movimiento relativo de las fallas activas sea de deslizamientos (falla Tambomachay, Qoricocha) por lo creemos que éste factor acrecienta a la reactivación y creación de nuevos deslizamientos. Por otro lado, la

sismicidad natural de la región, si bien es cierto no produce aún un desenlace violento conocido, influirá en el movimiento de masas a deslizarse.

4.2.1.5.- Factores antrópicos.

La población en el afán de ocupar cada vez más territorio ya sea con la finalidad de ampliar su frontera agrícola o con fines de vivienda, constantemente se ubica en zonas de gran riesgo construyendo precarias edificaciones, grandemente vulnerables (Rayanniyoc, Cochahuasi, Huancalle, Taray). Esta población que generalmente es de escasos recursos por una falta de planificación y orientación y su propia necesidad va creando constantemente zonas de más riesgo y vulnerabilidad. Dentro de los factores antrópicos que coadyuvan al desencadenamiento de fenómenos de geodinámica externa debemos indicar por ejemplo, la deforestación masiva, la ampliación de terrenos al pie de taludes, el cierre de cauces naturales, canalizaciones forzadas y mal calculadas, erosión de suelos, sistemas de riego, . Los factores antes indicados se combinan constantemente, existiendo en muchas zonas todos los factores conocidos como zonas de mayor riesgo potencial.

4.2.1.6.- Estabilidad y factores de seguridad

Debido a los múltiples incidentes en los fenómenos de geodinámica externa, los cálculos sobre factores de seguridad de algunos deslizamientos son prácticamente referenciales (No se han realizado pruebas de estabilidad de taludes). Se estima valores pequeños de factores de seguridad por debajo de 1.0 (pista Cusco-Pisac, 500.00 m aproximadamente antes de llegar al puente Huancalle; parte baja de Huancalle).

4.2.1.7 Intemperismo - erosión

Las zonas de mayor intemperismo están relacionadas a las mayores cantidades de agua retenida, dentro de éstas tenemos las zonas de Kallarayan, Ccaccacollo, Huancalle, Huatta, Queccayoc. En cuanto a los procesos erosivos es mayor en las cabeceras de los ríos Kallarayan y Queccayoc por la actividad de sus aguas y fuertes pendientes.

4.2.1.8.- Erosión y acarreo de sedimentos

En las épocas de estiaje existe un marcado equilibrio entre grado erosivo y la capacidad hídrica transportadora, sin embargo en las épocas lluviosas constantemente se rompen los equilibrios, sobre todo cuando las cargas superan la capacidad de transporte de los flujos como consecuencia de esto se produce las sedimentaciones cerca de las cabeceras de los ríos afluentes del Quesermayo, para el control natural de éste desequilibrio existen las zonas de disipación de carga que cuando no son

descargadas periódicamente provocan otros fenómenos colaterales como son los desbordes y los desembalses que muchas veces son muy violentas, asimismo pueden producir retrocesos de los niveles de base, con la consiguiente subida de los niveles hidrostáticos y valores hidrodinámicos y el debilitamiento en taludes.

4.2.1.9.- Acarreo-Sedimentación

La disminución de pendiente relativamente brusca de los perfiles longitudinales, entre los torrenteras (más del 10%) y las zonas de conos aluviales (5%) provocan una pérdida de energía aproximadamente del 50%, siendo ésta la causa fundamental de la sedimentación permanente. Más allá del dominio de los conos, las zonas se hacen más llanas con pendientes muy suaves por debajo de los 5° a partir de las zonas de Cochahuasi hasta la desembocadura del río Quesermayo en la que el río pierde su capacidad de carga, sedimentando en el lecho de su cauce que debe ser descolmata permanentemente. La zonas potenciales de sedimentación son: El límite entre las torrenteras y los conos aluviales y el límite distal de los conos hasta la desembocadura del Quesermayo, propensos a flujos rápidos y a los desbordes.

4.2.2.- Movimientos en masa

Para efectos de nuestra zona de estudio consideraremos los siguientes tipos de movimientos de masas. CLASIFICACION.- (Varnes 1978)

4.2.2.1.- Deslizamientos.

Ruptura o desplazamiento pendiente abajo y hacia afuera, de pequeñas a grandes masas de suelo, rocas o combinación de ambos en un talud natural o artificial. Desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, pueden ser de una sola masa que se mueve o puede comprender varias zonas independientes obedeciendo a procesos naturales o de desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

Durante la etapa de exploración geológica, ayudado por fotografías digitales, aéreas e imágenes satelitales, se ha podido observar deslizamientos antiguos estables y deslizamientos activos, estos últimos son evidentes en el frente de los antiguos, como consecuencia del incremento de la pendiente, natural o artificialmente (corte de carretera, caso Huancalle).

Entre los tipos de deslizamientos tenemos:

4.2.2.2 Deslizamiento Rotacional.-

En la cabeza o cabecera del movimiento, se presenta un movimiento semi-vertical con muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en torno de la corona del talud aunque otros bloques giren en dirección opuesta. Siguiendo un plano semicircular en donde la masa desplazada se acumula al pie del deslizamiento.

4.2.2.3 Reptación.-

Consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado de suelos muy blandos y puede preceder a movimientos más rápidos como flujos o deslizamientos

4.2.2.4 Cárcavas.-

Los agentes de la naturaleza tales como el aire y el agua actúan en todo momento erosionando y desgastando las rocas existentes, el agua en especial cumple un rol fundamental en el modelamiento del terreno, al momento de precipitarse al suelo mediante lluvias estas producen una erosión laminar llevando consigo las partículas finas existentes en la superficie de la tierra.

Al mismo tiempo al encontrar puntos de debilidad esta escorrentía forma surcos, los cuales tienen un efecto erosivo vertical en el terreno llevando consigo cada vez mas material y de mayor diámetro, al juntarse varios surcos o que uno de estos erosione por espacios más largos una determinada área, en especial en suelos y rocas altamente alteradas se forman las cárcavas, las mismas que siguen erosionando el terreno en forma vertical logrando formar grandes cañones antes de pasar a formar las quebradas.

4.2.2.5 Flujos.-

Es un tipo de deslizamiento caracterizado por que están relacionadas a la saturación de los materiales sub superficiales. Algunos suelos adquieren agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo. Estos pueden ser lentos o rápidos, secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra.

4.2.2.6 Caída De Rocas (Derrumbes).-

Sucede al momento de desprenderse una masa rocosa por efecto del alto grado de fracturamiento, erosión, gravedad así como por la participación de los agentes de la naturaleza, tales como el agua, el viento e inclusive las plantas y microorganismos, los que hacen que una parte de la masa rocosa se desprenda pendiente abajo en grandes dimensiones. Para comprender mejor, se describe a continuación los deslizamientos de Kallarayan y Huanacalle.



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap5

PELIGROS POR GEODINAMICA EXTERNA

5.1 PELIGROS ASOCIADOS A FACTORES CLIMATOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA QUESERMAYO

5.1.1 Codificación de los eventos

Dentro del proceso de identificación y caracterización de los distintos procesos que se dan en la microcuenca se vio necesario realizar una codificación que ayude a ubicar de forma puntual todos los eventos, es en este sentido que se desarrollo la siguiente codificación.

Cuadro N° 6 Cuadro de codificación

LUGAR		EVENTO		DINAMICA		SECUENCIA		CODIGO
Quebrada	Q	Deslizamiento	D	Activo	A	Orden	01	Q-DA-01
Kallarayan	K	Flujo	F	Inactivo	I		02	K-FI-02
Huancalle	H	Cárcava	C				03	H-CI-03

5.1.2 Movimientos de remoción en masa en la microcuenca Quesermayo.-

Litológicamente atraviesa los Grupos San Jerónimo, Mitu y Copacabana las Formaciones Quilque – Chilca, Huancané, Paucarbamba, así como depósitos cuaternarios coluvio-aluviales. En esta micro cuenca se puede apreciar 3 sectores bastante marcados con características propias, a saber:

Hacia el Oeste en la Microcuenca tributaria de Queser Grande Queser Chico se tiene la presencia principalmente del Grupo San Jerónimo que se caracteriza por presentar pendientes bajas en las partes más altas principalmente hacia el Norte y Pendientes Altas-Muy altas, en los sectores por donde pasa el rio Quesermayo, por lo abrupto del terreno se considera esta zona como un Área sin uso antropico; para fines de nuestro estudio este sector no presenta mayores problemas de geodinámica externa, mas allá de algunas deposiciones de material coluvio-aluvial en la quebrada así como en el Sector de Sequeracay.

En el centro de toda la Cuenca del Quesermayo se puede apreciar Depósitos coluvio-aluviales y rocas pertenecientes a las formaciones Quilque –Chilca así como del Grupo San Jerónimo los cuales varían desde pendientes muy Bajas a Medias excepto hacia el Sur donde existen unas elevaciones que dividen las aguas entre las Quebradas de Jatunpujio y Matinga; todo este sector está destinado a labores de pastoreo en las partes altas y de cultivo de bajo riego; en tal sentido no se presentan mayores problemas geodinámicos excepto en algunos sectores pegados a la carretera.

A partir del **zoológico** Cochahuasi hasta Taray la situación es completamente distinta puesto que la pendiente cambia a Media-Muy Alta en promedio siendo las rocas del Grupo Mitu, Formaciones Huancane, Paucarbamba, Maras y Ayabacas las que presentan las mayores pendientes, el uso de suelos es variado en todo este sector, sin embargo la característica principal para nuestro estudio radica en los depósitos cuaternarios coluvio-aluviales que están por encima de las formaciones antes mencionadas, puesto que en estos es donde se deposita la mayor cantidad de movimientos de masas. (Ver planos Geológico Geodinámico, de Pendientes, de Uso de Suelos).

La cuenca de Kallarayan presenta una serie de movimientos de masas a lo largo de su recorrido, desde la cabecera de cuenca y en ambas márgenes, (Ver Plano Geodinámica geomorfológico) a saber:

Cuadro N° 7 Tipo de fenómenos geodinámicos

CANTIDAD	TIPO DE FENOMENO GEODINAMICO
11	Deslizamientos activos.
12	Deslizamientos inactivos
01	Flujos
07	Cárcavas
01	Derrumbe

5.1.2.1 Deslizamiento Q-DA-01

Ubicación.- Se encuentra a la margen derecha del río Quesermayo pegado a la carretera Llaullipata - Callarayan en el sector denominado Paucarpata, en la margen derecha del río, entre las cotas 3610 y 3700 m.s.n.m.
Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre rocas del Grupo San Jerónimo, compuestas por areniscas feldespáticas, lutitas y conglomerados, presenta un desplazamiento total de 100 metros con dirección hacia el NO (Ver Plano geológico-geodinámico).
El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de terrenos de cultivo en seco. (Ver Plano de Uso de Suelos)
Por otro lado este sector tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 25° y 35°, (Ver Plano de Pendientes)
Grado de peligro independiente.- de Alto a Muy Alto debido al tipo de material
Grado de peligro asociado.- Bajo.
Recomendaciones.- Reforestación con especies nativas y estabilización de taludes a travez de terrazas en banquetas

5.1.2.2 Deslizamiento Q-DI-03 y Q-DA-02

<p>Ubicación.- Se encuentra al sur de la CC de Cochahuasi (frente al zoológico Cochahuasi) en la margen izquierda del río Quesermayo, entre las cotas 3570 y 3600 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Se caracteriza por presentar dos sectores: uno de deslizamiento antiguo (inactivo) y otro (frente del deslizamiento, en el corte de la pista Cusco-Pisac), donde se muestra un deslizamiento activo, nótese la grieta de arranque en la parte superior. Se encuentra emplazado en lutitas, lodolotas, limolitas con yesos laminados (formación Puquín). (Ver Plano geológico-geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es cultivos bajo riego. (Ver Plano de Uso de Suelos) Este sector tiene una Pendiente de Baja a Media, en la zona inactiva y una pendiente alta, en el frente, lo que lo hace inestable. Este sector tiene: en su parte superior y posterior algunos terrenos de cultivo lo que genera filtración de agua. Otro factor es el tipo de roca, está muy fracturada.</p>	
<p>Grado de Peligro. Medio en la parte superior y posterior y alto a muy alto en el frente del deslizamiento (corte de pista Cusco-pisac) Se recomienda en la parte superior, evitar el riego por inundación y en la parte del deslizamiento activo, realizar un desquinche y para estabilizar el talud, realizar obras de estabilización (banquetas)</p>	<p><i>Se puede observar el deslizamiento inactivo en la parte posterior, pero en el corte de carretera es de peligro muy alto, nótese que un sector de la roca ha caído.</i></p>

5.1.2.3 Deslizamiento Q-DI-07

<p>Ubicación.- Se encuentra al Este del paradero de Huancalle, margen izquierda del río Quesermayo, entre las cotas 3200 y 3700 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre rocas pertenecientes al Grupo Mitu, brechas, aglomerados, coladas de basaltos, ignimbritas intercaladas con conglomerados y areniscas cuarzosas de color rojo violáceo y presenta un desplazamiento total de 920 metros con dirección hacia el Sur (Ver Plano Geológico - Geodinámico).</p>	<p><i>Se distingue el deslizamiento con los cuerpos que vienen deslizándose hacia el río Quesermayo.</i></p>
<p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona está considerada como una zona sin uso antropico esto debido a la pendiente abrupta y el tipo de roca. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	<p>Todo el material cuaternario existente en este sector viene siendo erosionado hacia la cuenca de Quesermayo, podemos distinguir 3 eventos dentro del mismo deslizamiento en los cuales el más estable es el que está ubicado en la parte superior, además de ello hacia la parte más baja existen deslizamientos que se activaron recientemente C-DA-06, C-DA-07 y C-DA-08, esto a causa de la erosión provocada por el río Quesermayo y el agua proveniente desde la parte más alta</p>
<p>Por otro lado este sector tiene una Pendiente que va de Media a Muy Alta por presentar entre 25° y 60°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	<p>Grado de peligro independiente.- Bajo a Alto Grado de peligro asociado: Medio. Recomendaciones.- La prohibición de construcciones civiles o terrenos agrícolas por debajo del deslizamiento, reforestación con especies nativas, mejoramiento del camino de herradura hacia Taray.</p>

5.1.2.4 Deslizamientos Q-DA-09, Q-DA-10, Q-DA-11, Q-DI-11

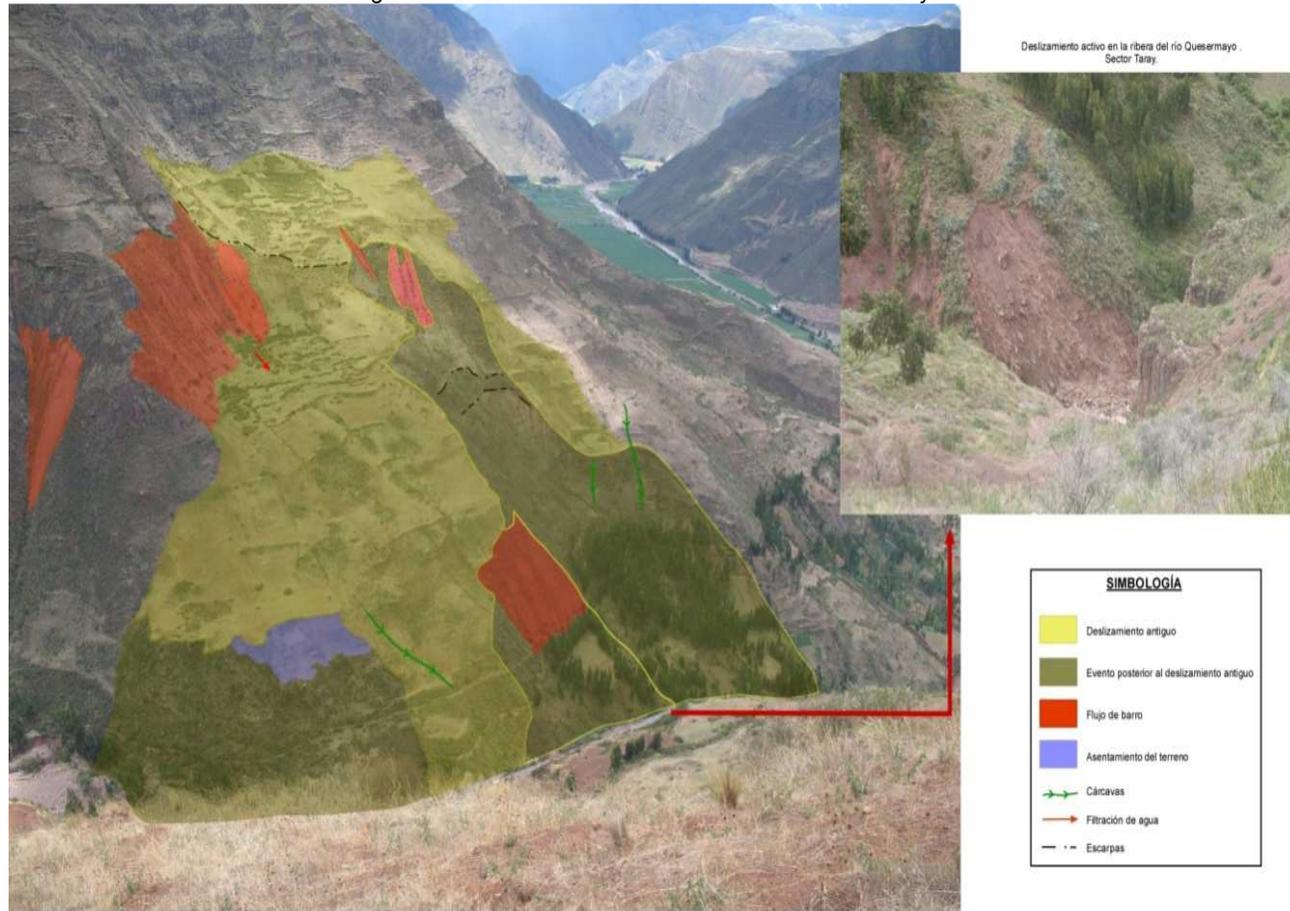
<p>Ubicación.- Se encuentra al Norte de Taray, en la margen izquierda del rio Quesermayo, estos desplazamientos se ubican entre las cotas 3050 y 3380 m.s.n.m.</p>	 <p><i>En esta foto se puede observar La población de Taray y en la parte superior al oeste los deslizamientos Q-DI-11 y el Q-DA-11.</i></p>
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre rocas del Grupo Mitu y Material cuaternario Coluvial-Aluvial y presenta desplazamientos variables que van desde 80 metros hasta los 750 metros con dirección hacia el SE (Ver Plano Geológico-Geodinamico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de area sin uso antropico y cultivos de bajo riego. (Ver Plano de Uso de Suelos) Por otro lado este sector tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 25° y 45°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p><i>Se observan los deslizamientos Q-DA-09, Q-DA-10</i></p> 	<p>Si bien es cierto que este deslizamiento (Q-DI-11) es considerado como inactivo debido a que llego a un punto de equilibrio, debido a las lluvias del 2010 se considera que actualmente está pasando por una etapa de reactivación, esto debido al material existente y a la formación de una cárcava en las bases de este. Hacia la zona más baja cerca a Taray se observa el reactivamiento de un deslizamiento esto se puede corroborar debido a las grietas en el suelo deslizamientos pequeños y flujos de tierra existentes en este sector. En cuanto a Q-DA-09, Q-DA-10 estos son deslizamientos activos de menor tamaño que están actuando principalmente en las bases my cerca al rio Quesermayo</p>
<p>Grado de peligro independiente.-Alto debido a la cantidad de material cuaternario existente y el reactivamiento de deslizamientos en la parte más baja</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Alto, pues estamos frente a un conjunto de fenómenos llámese: Deslizamientos activos, inactivos y formación de cárcavas, además de la erosión fluvial a causa del rio Quesermayo..</p>	
<p>Recomendaciones.- Reforestación con especies nativas, estabilización del talude, andenerías. Cambio de uso de suelos de terrenos de cultivo a árboles frutales.</p>	

Proyecto

“Reducción de riesgo ante eventos climáticos en dos provincia de Cusco, Perú” 2010 - 2011



Figura N° 23 Zonas de Deslizamientos activos en Kallarayan



ESTUDIO GEOLÓGICO, GEODINÁMICO DE LA MICROCUENCA QUESERMAYO - TARAY - CUSCO

5.1.2.5 Deslizamiento Q-DA-06-07-08

<p>Ubicación.- Se encuentra al sur oeste del Poblado de Taray, entre las cotas 3 225 y 3 325 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre la material coluvio - aluvial, de granulometría fina a media, procedente del grupo Mitu (Ver Plano geológico-geodinámico).</p> <p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de área sin uso antrópico (Ver Plano de Uso de Suelos)</p> <p>Tiene una Pendiente de Media a alta.</p>	
<p><i>En esta foto se observa la erosión existente por efecto de las aguas del río Quesermayo y la formación de Cárcavas</i></p>	
<p>Estos pequeños deslizamientos forman parte del frente de un deslizamiento mayor inactivo</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto considerando el material coluvio - aluvial existente así como el efecto erosivo de las aguas del río Quesermayo, al erosionar la base del talud</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Muy Alto Se recomienda hacer obras de defensa riverieña y de estabilización de taludes.</p>	

5.1.2.6 Deslizamiento Q-DI-01

<p>Ubicación.- Se encuentra al Este de la Hacienda Bandoran a la derecha de la pista Cusco Taray, entre las cotas 3375 y 3460 m.s.n.m.</p>	 <p><i>Deslizamiento Q-DI-01 estabilizado a la fecha.</i></p>
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre rocas del grupo San Jerónimo y presenta un desplazamiento total de 250 metros con dirección hacia el Sur (Ver Plano geológico-geodinámico).</p> <p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de cultivos en secano, presentándose también bosques exóticos. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p> <p>Se considera un deslizamiento inactivo estable en el que los bosques que crecen en este le dan la suficiente estabilidad como para controlar los flujos que pudieran presentarse.</p>	
<p>Por otro lado este sector tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 30° y 45°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Medio</p>	
<p>Grado de peligro asociado. Bajo</p>	
<p>Recomendaciones.- Mantener los bosques existentes o en su defecto hacer un cambio gradual con especies nativas.</p>	

5.1.2.7 Deslizamiento Q-DI-02

<p>Ubicación.- Se encuentra al oeste de la quebrada de Callarayan en la margen izquierda del río Quesermayo, entre las cotas 3 600 y 3 800 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre material cuaternario del tipo coluvial teniendo como lecho lutitas y lodolitas de la formación Quilque Chilque (Ver Plano geológico-geodinámico). La geodinámica externa se manifiesta por el tipo de suelo (coluvio aluvial, de granulometría fina), la saturación del mismo sobre todo en la época de lluvias El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es en la parte superior como sin uso antrópico y en la parte inferior como cultivos bajo riego. (Ver Plano Geodinámico- Uso de Suelos) Por otro lado este sector tiene una Pendiente media a alta (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Medio a alto por el tipo de material, la cantidad de agua existente, y la pendiente del lugar</p>	
<p>Por la presencia de una trocha carrozable de acceso a la CC de CCallarayan, se recomienda hacer un buen sistema de captación de aguas superficiales (cunetas revestidas)</p>	

Se observa la trocha carrozable de acceso a Kallarayan en la parte superior, terrenos de cultivo en la parte inferior

5.1.2.8 Deslizamiento Q-DI-04

<p>Ubicación.- Se encuentra al sur oeste de Huancalle, entre las cotas 3 650 y 3 750 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Se encuentra emplazado sobre material coluvio aluvial procedente del grupo Mitu. Se nota la presencia de agua, hecho que hace que en la parte inferior (frente del deslizamiento, corte de carretera Cusco-Pisaq) se tiene dos sectores muy activos y peligrosos, porque el agua ha saturado el suelo, el talud muy vertical, aunado a la gravedad y la presencia de grandes bloques de roca del volcánico Mitu (formación Pachatusan). (Ver Plano geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es cultivos bajo riego. (Ver Plano de Uso de Suelos) Tiene una Pendiente alta en la parte superior y muy alta en la zona de deslizamientos activos (corte de carretera Cusco-Pisaq) (Ver Plano de Pendientes). Grado de peligro independiente.- Medio en la parte superior, muy alto en los dos sectores del frente del deslizamiento (corte de Carretera asfaltada Cusco-Pisaq)</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- muy alto en sus sectores activos</p>	
<p>Se recomienda: En la parte superior (parte inactiva) mejorar el sistema de riego. Captar las aguas de pequeños manantes estacionarios (época de lluvias). Arrancar los bloques de roca existentes en el talud. Realizar obras de estabilidad de taludes</p>	

Deslizamiento activo en el corte de la pista Cusco-Pisaq. Aproximadamente 500 metros antes de Huancalle antiguo. El frente (depósitos coluvio aluviales, con bloques de rocas del grupo Mitu.

5.1.2.9 Deslizamientos Q-DI-06, Q-DI-08, Q-DI-09 y Q-DI-10

<p>Ubicación.- Se encuentra al Sur de Taray ,en la margen derecha del rio Quesermayo, entre las cotas 3000 y 3970 m.s.n.m.</p>	 <p><i>En esta foto se puede observar el deslizamiento inactivo Q-DI-06.</i></p>
<p>Características.- Se encuentra emplazado sobre rocas de los Grupos Mitu, Copacabana y depósitos cuaternarios coluvio - aluviales; el deslizamiento inactivo Q-DI-06 tiene un desplazamiento total de 1840 metros, el Deslizamiento Q-DI-08 320 metro, el Q-DI-09 tiene 1200 metros y el Q-DI-10 cuenta con 90 metros, todos ellos con dirección hacia el Oeste evacuando sus aguas al rio Quesermayo (Ver Plano Geológico-Geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de de área sin uso antrópico. (Ver Plano de Uso de Suelos) Tiene una Pendiente Media a Muy Alta</p>	
 <p><i>En esta foto se puede observar los deslizamientos inactivos Q-DI-08, Q-DI-09 y Q-DI-10</i></p>	<p>Estos deslizamientos tienen fueron reactivados en el pasado por la construcción de la carretera Cusco Písaq, actualmente no muestran señales de reactivamiento puesto que llegaron a un estado de equilibrio, sin embargo hacia el rio se pueden apreciar algunos flujos de lodos y formaciones de cárcavas. En el caso de Q-DI-06 este deslizamiento está limitado en ambas márgenes por dos cárcavas en formación las mismas que están aprovechando el agua de la parte superior para erosionar en forma vertical este terreno que está asentado en cuaternario coluvial-aluvial.</p>
<p>Grado de peligro independiente.-Medio, excepto Q-DI-08 que muestra un reactiva miento dentro de Q-DI-09 por lo que se le cataloga como un Peligro Alto</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Asumiendo la erosión fluvial por parte del rio Quesermayo estamos frente a un Peligro Medio.</p>	
<p>Recomendaciones.- Forestación con especies nativas en toda la margen derecha, construcción de muros secos.</p>	

5.1.2.10 Flujo Q-F-01

<p>Ubicación.- Se encuentra al oeste de la quebrada Kallarayán, entre las cotas 3 570 y 3 600 m.s.n.m.</p>
<p>Características.- Se encuentra emplazado sobre la formación Quilque Chilque (lutitas, lodolitas carbonatadas). (Ver Plano geológico-geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es cultivos bajo riego. (Ver Plano de Uso de Suelos) Tiene una Pendiente alta. (Ver Plano de Pendientes)</p>
<p>Grado de peligro independiente.- Alto</p>
<p>Grado de peligro asociado, alto, en la margen derecha del rio Quesermayo se encuentra el Zoológico Cochahuasi. Se recomienda hacer obras de estabilidad de taludes y reforestación.</p>

5.1.2.11 Cárcava Q-C-01

Ubicación.- Se encuentra al Sur de Queser Chico, en la margen derecha del rio Quesermayo, entre las cotas 3640 y 3780 m.s.n.m.
Características.- Litológicamente se encuentra emplazada sobre rocas del Grupo San Jerónimo, presenta un desplazamiento total de 500 metros con dirección hacia el Norte (Ver Plano Geológico-Geodinamico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona esta tipificado como zona sin uso antrópico. (Ver Plano de Uso de Suelos) Por otro lado este sector tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 30° y 40°, (Ver Plano de Pendientes)
Grado de peligro independiente.- Medio
Grado de peligro asociado.- Medio, tomando en cuenta el proceso erosivo de las aguas
Recomendaciones.- Reforestación, construcción de muros secos con materiales propios de la zona.

5.1.2.12 Cárcavas Q-C-02, Q-C- 03, Q-C-04, Q-C-05 y Q-C-06

<p>Ubicación.- Se encuentra en la margen derecha del rio Quesermayo al Norte de la CC de Pícol, al frente de la desembocadura del rio Ccallarayan y Q-C-05 dentro de la quebrada Tiohuayco, entre las cotas 3450 y 3575 m.s.n.m.</p> <p>Características.- Litologicamente se encuentra emplazada sobre rocas de las formaciones Puquín en la base y Quilque Chilca para la parte superior, es decir compuesto por lutitas rojas, yesos laminados, nodulosos con brechas, elementos polícticos y conglomerados; Q-C-02 presenta un desplazamiento total de 320 metros, Q-C-03 tiene 800 metros y Q-C-04 670 metros todos ellos con dirección hacia el Norte (Ver Plano geológico-geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de cultivos de bajo riego. (Ver Plano de Uso de Suelos) Tiene una Pendiente entre Muy Baja a Baja presentar entre 08° y 20°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	 <p><i>En esta foto se puede observar de derecha a izquierda las cárcavas Q-C-04, Q-C-03, Q-C-02</i></p>
<p>La cárcava Q-C-03 con una erosión lateral considerable que llega a unos 70 metros en algunos tramos, siendo la profundización vertical de 150 metros, nótese los flujos que se generan en su interior así como las paredes trabajadas principalmente por el agua en forma inclinada.</p>	
<p>La cárcava Q-C-02 se caracteriza por tener una erosión lateral de 60 metros en promedio, y la erosión vertical de 80 metros aproximadamente. Nótese la presencia de arboles de eucalipto que ayudan a que el terreno sea erosionado.</p>	
<p>Esta zona se caracteriza por la presencia de cárcavas que tuvieron como antecedente haberse formado por acción de la erosión propia del agua la misma que aprovecho el material cuaternario coluvio-aluvial bastante potente intensificando una erosión vertical con respecto a la horizontal, es importante mencionarlo puesto que el material transportado se deposita aguas abajo en la cuenca del rio Quesermayo y por ende transportado hasta el poblado de Taray.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy alto debido al tipo de erosión existente, la pendiente abrupta que se genera y el tipo de material</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Alto.</p>	
<p>Recomendaciones.- La construcción de muros secos, forestación intensiva con el uso de cercos vivos, zanjas de infiltración para evitar el arrastre de materiales finos, charlas de sensibilización y capacitación a la población para un adecuado uso del recurso agua, específicamente en cuanto a los sistemas de riego.</p>	

5.1.2.13 Cárcavas Q-C-07

<p>Ubicación.- Se encuentra al Norte de Taray, en la margen izquierda del río Quesermayo, entre las cotas 3100 y 3150 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Se encuentra emplazadas sobre rocas del Grupo Mitu y Material cuaternario Coluvial-Aluvial y presenta un desplazamiento total de 210 metros con dirección hacia el SE (Ver Plano Geológico-Geodinámico).</p>	
<p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de área sin uso antrópico y cultivos de bajo riego. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	
<p>Tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 25° y 40°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>El proceso erosivo en este sector es fuerte y se reactiva por la presencia de lluvias intensas el año 2010, llevando consigo material inconsolidados de tipo cuaternario, afectando el camino de herradura existente así como algunas chacras a su paso. La erosión vertical es de unos 8 metros y el proceso erosivo lateral llega a unos 25 metros en promedio. Todo este material forma un pequeño cono aluvial encima del cual se asientan actualmente algunas viviendas</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto por el tipo de material inconsolidados arrastrado.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Alto, tomando en cuenta los derrumbes que se pueden producir de la parte alta así como la erosión de las bases del cono aluvial por efecto de las aguas del río quesermayo.</p>	
<p>Recomendaciones.- Reforestación intensiva con especies nativas, reubicación de las viviendas que existan dentro de la zona de Alto riesgo, cambio de uso de suelo de cultivos de pan llevar con plantaciones frutales, limpieza de del cauce de la cárcava, así como el uso de muros secos</p>	

En esta foto se puede observar la formación de la cárcava y la correspondiente deposición del material formando un cono aluvial .

5.2 MICROCUENCA TRIBUTARIA DE KALLARAYAN

Ubicado al Oeste de la CC de Huancalle, se junta con el Río Quesermayo en las coordenadas: 186621 8509513 (Cochahuasi), ubicándose la cabecera de cuenca en el punto: 184686 8512791, todo este tributario tiene una dirección Norte sur siendo transversal al río Quesermayo.

Litológicamente está conformada por rocas del grupo San Jerónimo, Formaciones Quilque – Chilca, rocas volcánicas de la formación Rumicolca y Depósitos Cuaternarios coluvio aluviales. Estas unidades litológicas son altamente erosionables, por la presencia de yesos, carbonatos, en este caso la meteorización química es preponderante, en consecuencia la cantidad de material listo para ser acarreado es importante. A todo esto se suma como factor desencadenante la presencia de agua de lluvias, manantes, el riachuelo, etc.

La microcuenca tributaria de Kallarayan presenta una serie de deslizamientos menores a lo largo de su recorrido, desde la cabecera y en ambas márgenes, (Ver Plano Geodinámica geomorfológico) a saber:

Cuadro N° 8 Número de fenómenos geodinámicos

CANTIDAD	TIPO DE FENOMENO GEODINAMICO
8	Deslizamientos activo.
5	Deslizamientos inactivo
7	Flujos
5	Cárcavas

Las precipitaciones pluviales general material aluvional con clastos de hasta 15 cm. en promedio, por otro lado la pendiente aumenta la velocidad en las guas y el tipo de material, que es fácilmente erosionable, aunado el mal manejo de los recursos naturales por parte de los pobladores de la zona (sobrepastoreo, deforestación, mala ubicación de terrenos de cultivo, inadecuados sistemas de riego) convierte al tributario de Kallarayan en una zona proclive a constantes movimientos de remoción en masa.

5.2.1 Colapso del estadio en kallarayan

El 28 de diciembre de 2010, luego de precipitaciones constantes durante un día, se generò una avenida desde la quebrada de Canchayoc Huayco (línea verde en el grafico inferior) el mismo que inundò el Estadio de Kallarayan, a consecuencia de este fenomeno y debido a problemas tècnicos en su construccion tales como la sobrecarga en el muro de contencion de cerca de 9 metros con enrocado, hicieron que dicha construccion sufra un asentamiento.

Este punto es considerado una zona de Peligro Alto debido a que esta estructura seguirá asentandose pendiente abajo puesto que el suelo en el que fue construido es principalmente cuaternario del tipo coluvial - aluvial, ademas, la presencia de manantes cerca a este sector y el sobrepeso que genera la estructura ciclopea.

Es necesario mencionar también, que actualmente en las quebradas que se encuentran por encima de la CC de Cllarayan existen viviendas que reportan filtraciones de agua. En la actualidad se puede notar que sale agua del interior de sus viviendas Lo cual nos hace suponer que existen zonas de debilitamiento en las rocas pertenecientes a las Formaciones Quilque – Chilca, aflorando en los terrenos cuaternarios donde se asientan las viviendas. Otra evidencia del movimiento del suelo, constituye la presencia de grietas en el terreno y el colapso de los gabiones, los mismos que se encuentran muy cerca al estadio en mención.

Por todo lo anterior expuesto concluimos que esta zona esta declarada como Peligro Alto, que la estructura ciclopea seguira asentandose debido a las carcteristicas del

suelo coluvio- aluvial y de relleno este asentamiento se dara principalmente en epoca de lluvias y que el volumen que se desprendería sería igual a 89,910.00 m³ de tierra, los mismos que no llegarían mas allá de las coordenadas: 186216 8510775 (superficie de poca pendiente).

Figura N° 24 Panel fotografico del asentamiento del estadio de Kallarayan

<p>Asentamiento en la esquina al NE del estadio de Callarayan de un largo de 50 metros aproximadamente</p>	<p>Las grietas que se produjeron son de 20cm de ancho, con un asentamiento de 20cm.</p>
<p>Esta foto muestra el desplazamiento hacia el N de toda la construcción</p>	<p>Vista mostrando el asentamiento y ruptura de las bases del estadio</p>
<p>En la base del mismo se puede observar un desplazamiento de 30 a 40 cm hacia abajo.</p>	<p>El muro enrocado que soportaría el estadio es de 9 metros de alto, el mismo que por sus características produce una sobrecarga en el terreno que es principalmente del tipo coluvial.</p>

Proyecto

“Reducción de riesgo ante eventos climáticos en dos provincia de Cusco, Perú” 2010 - 2011



Figura N° 25 Principales eventos geodinamicos en la microcuenca de Kallarayan



ESTUDIO GEOLÓGICO, GEODINÁMICO DE LA MICROCUENCA DE QUESERMAYO - TARAY - CUSCO

ESTADIO DE CCALLARRAYAN

SIMBOLOGÍA

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| Deslizamiento activo | Filtración de agua |
| Zona próxima a deslizarse | Grietas |
| Cárcavas | |

5.2.2 Causas de los deslizamientos en Kallarayan

Infiltraciones De Agua

Estas infiltraciones de agua se dan principalmente por los manantes existentes en la zona así como por el uso inadecuado de las mangueras que se usan para hacer el riego por aspersión utilizado en la zona de estudio, esto sumado al tipo de material que es principalmente cuaternario del tipo coluvial y a la existencia de Yesos en la parte más baja de esta cuenca en la margen derecha por donde se infiltra el agua de escorrentía, hacen de esta zona muy proclive a flujos rápidos.

Existen reportes de agua de las viviendas en las que en temporadas de lluvia, el agua sale por el interior de sus domicilios lo que nos da un indicio más a cerca de la problemática en este sector.

Esquema geológico simplificado de los taludes en la micro cuenca de Kallarayan, se nota el mecanismo de infiltración y movimiento de las aguas subterráneas y de escurrimiento superficial.

Figura N° 26 Esquema de filtración de agua en laderas

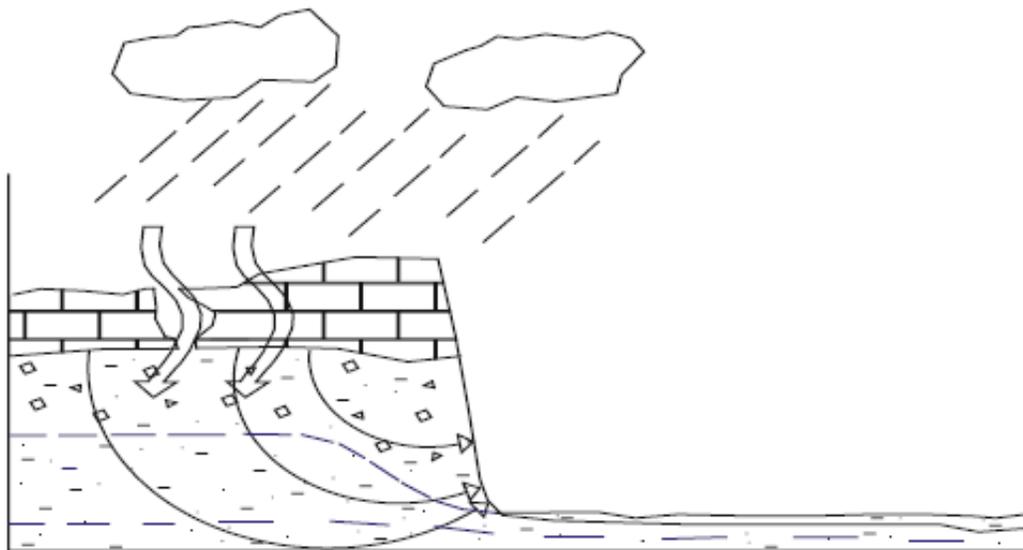


Figura N° 27 Panel fotográfico mostrando las causas de los deslizamientos en Kallarayan

	
<p>Coordenadas 186372 8509684 en el que se muestra una cavidad de 1.5 X 2 X4 mts en rocas compuestas principalmente por yesos</p>	<p>La inclinación de los arboles es un indicio propio de los deslizamientos de flujo lento, denominado reptación de suelos</p>
	
<p>Pozo de agua sin mantenimiento, que origina filtraciones de agua</p>	<p>Perdida de agua y consiguiente infiltracion de la misma cerca a la CC de Kallarayan</p>
	
<p>Reservorio de agua para riego sin mantenimiento.</p>	<p>Manante que originó el flujo de tierra en la quebrada de Canchayoc Huayco</p>

Lluvias Intensas

Por el tipo de litología, en este sector son propensos los flujos de lodo ya que el material existente es fácilmente deleznable, si a esto le sumamos la aparición de manantes producto de la recarga en los acuíferos tendremos varias zonas con flujos de barro y de detritos a lo largo de la cuenca.

Afloramientos de agua.

Existen manantes principalmente cerca a la cabecera de las cuencas, algunos de ellos en las viviendas existentes a lo largo del tributario, principalmente en la CC de Kallarayan, al Oeste de la Escuela.

Inclinación de los arboles

Se encuentra arboles inclinados en la margen derecha del rio Kallarayan exactamente en la comunidad misma

5.2.3 Movimientos de remoción en masa en la zona de Kallarayan

5.2.3.1.- Deslizamientos activos K-DA-01

Ubicación. - Se encuentra al Norte de CC de Ccallarayan, en la margen derecha del rio con el mismo nombre, entre las cotas 3800 y 3950 m.s.n.m.
Características. - se encuentra emplazado litológicamente sobre material coluvial con un desplazamiento de 300 metros con dirección hacia el NE, (Ver Plano geológico-geodinámico).
Este sector es un área sin uso entrópico en la parte presentándose cultivos de eucalipto en la parte baja. (Ver Plano de Uso de Suelos)
Además este sector presenta una pendiente de Baja a Media y se caracteriza por tener entre 15 y 25° (Ver Plano de Pendientes)
Grado de peligro independiente. - Muy Alto, por la filtración de aguas y el tipo de material existente en este sector
Grado de peligro asociado. -Alto principalmente por la acción antropica existente, sobrepastoreo y falta de un manejo adecuado de cuenca.
Recomendación. - La Forestación con especies nativas así como la utilización de muros de contención

5.2.3.2 Deslizamiento K-DA-02

<p>Ubicación.- Se encuentra al Oeste de la CC de Ccallarayan, detrás de la iglesia católica, entre las cotas 3825 y 3875 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- se encuentra emplazado litológicamente sobre material coluvial con un desplazamiento total de 80 metros con dirección hacia el SO. (Ver Plano geológico-geodinámico).</p>	
<p>Este sector está siendo usado como terreno de laymes (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	
<p>Además este sector presenta una pendiente de Media a Alta y se caracteriza por tener entre 25 y 40° (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Una característica en este sector lo constituyen las casas de Vidal Huaman y Tiburcio Maque, de quienes en época de lluvias salió agua desde el interior de sus casas, por más de 20 días, estas casas están ubicadas en el extremo occidental de la CC de CCallarayan y contiguas al deslizamiento en estudio</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto, por la filtración de aguas, el tipo de material, la cantidad de material existente en este sector</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Muy alto, tomando en cuenta la formación de flujos que actualmente ocurren en este Sector, los mismos que afectarían a la CC en su conjunto.</p>	
<p>Recomendación.- La Forestación con especies nativas así como la utilización de muros secos</p>	

Se observa la CC de Ccallarayan donde en su parte más alta, (extremo Occidental) se encuentra el deslizamiento en estudio

5.2.3.3 Deslizamiento K-DA-03

<p>Ubicación.- Se encuentra al Noreste de la CC de Kallarayan en la margen izquierda del río Kcallarayan, entre las cotas 3750 y 3775</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre material cuaternario del tipo coluvial y presenta un desplazamiento total de 100 metros con dirección hacia el SO (Ver Plano geológico-geodinámico).</p>	
<p>El suelo viene siendo aprovechado para plantaciones de eucaliptos así como para laynes, (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	
<p>Tiene una Pendiente de Baja a Media por presentar entre 15° y 25°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Este sector tiene en su interior algunos terrenos de cultivo y hacia el este se muestran algunas casas que podrían ser afectadas a futuro, otro factor determinante para la existencia de este deslizamiento se da debido a la erosión lateral que viene causando el Río Kallarayan, erosionando las bases de esta margen.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Muy Alto por el tipo de material, la cantidad de agua existente, y la pendiente del lugar</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Muy Alto debido al peligro generado por el río Ccallarayan que viene erosionando las bases de la margen izquierda</p>	
<p>Recomendación.- Cambiar el uso de suelos de los eucaliptos por especies nativas en forma permanente.</p>	

En esta foto se puede observar el deslizamiento activo que viene afectando a los terrenos de cultivo existentes en la zona

5.2.3.4 Deslizamiento K-DA-07

<p>Ubicación.- Se encuentra al Sur de la CC de Kallarayan, entre las cotas 3625 y 3725 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre la material coluvial y presenta un desplazamiento total de 50 metros con dirección hacia el SE (Ver Plano geológico-geodinámico).</p>	
<p>Esta área corresponde no tiene un uso antrópico debido a las condiciones del suelo el cual no tiene agua y no es apto para la agricultura. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	<p><i>Se puede observar la erosión existente por efecto de las aguas de la Cárcava Miskilloc</i></p>
<p>Por otro lado este sector tiene una Pendiente de Baja a Media por presentar entre 20° y 30°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Este sector si bien no presenta agua en forma permanente a través de manantes viene siendo erosionada por las aguas de la cárcava que tiene el nombre de Miskilloc, esto además del tipo de suelo aceleran el proceso erosivo.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto considerando el material coluvial existente así como el efecto de las aguas.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Muy Alto por el efecto erosivo de las aguas de la Quebrada Mikilloc existente en el lugar, además de la acción antrópica por la deforestación y sobrepastoreo.</p>	
<p>Recomendación.- Tratamiento con zanjas de infiltración y reforestación con especies nativas.</p>	

5.2.3.5 Deslizamiento K-DA-08

<p>Ubicación.- Se encuentra al Sur de la CC de Kallarayan cerca a la unión entre El río Kallarayan con el Río Quesermayo, en la margen derecha del río Kallarayan , entre las cotas 3675 y 3710 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre material cuaternario aluvial y presenta un desplazamiento total de 80 metros con dirección hacia el NE (Ver Plano geológico-geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de área sin uso antrópico y terrenos de cultivo en la parte más baja cerca al río. (Ver Plano de Uso de Suelos) Tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 30° y 45°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>En esta foto se puede observar cómo es que los pobladores hacen mal uso del sistema de riego por aspersión ayudando a la erosión de las laderas de la margen derecha del Río Kallarayan..</p>	

	<p>Podemos distinguir el camino de herradura que va hacia la CC de Ccallarayan a la derecha, y los terrenos de cultivo existentes en la zona.</p>
<p>En este deslizamiento está produciendo una aceleración en la erosión del mismo, debido al tipo de material así como al inadecuado sistema de irrigación empleado por la población que mantiene algunas zonas de cultivo pegado al camino de herradura que se dirige hacia la CC de Kallarayan.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto, principalmente por el uso inadecuado del suelo.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Alto, puesto que en la parte superior se tiene el deslizamiento inactivo C-DI-04 y la presencia de yesos en las partes mas altas</p>	
<p>Recomendaciones.- Reubicación de las zonas de cultivo existentes en este sector, reforestación, estabilización de taludes a través de muros secos y retrabajamiento de la pendiente con andenería y reforestación con especies nativas</p>	

5.2.3.6.- Deslizamientos inactivos K-DI-01

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado al Sur de la CC de Kallarayan a la margen izquierda del rio del mismo nombre, entre las cotas 3650 y 3800 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Se trata de un conjunto de tres deslizamientos inactivos que depositan sus materiales en el Rio Kallarayan, actualmente están estables, sin embargo se aprecia la presencia de agua en el sector la misma que aumenta en época de lluvias por la reactivación de los manantes, se encuentra emplazado litológicamente sobre material cuaternario en la base así como por areniscas y lutitas de las Formaciones Quilque y Chilca, siendo su orientación de desplazamiento de Este a Oeste y un desplazamiento total de 300 metros. (Ver Plano geológico).</p>	<p>En esta foto se puede observar los flujos mencionados cerca a la quebrada así como el uso que le da la población, principalmente para terrenos de agricultura pero sin un control adecuado produciendo la erosión del terreno a lo largo de toda la margen izquierda.</p>
<p>En la zona se puede apreciar que el suelo viene siendo aprovechado por el hombre como laymes y terrenos de cultivo. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	
<p>Además este sector presenta una pendiente Media a Alta y se caracteriza por tener entre 23° y 35° (Ver Plano de Pendientes")</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Peligro Alto, debido al tipo de roca y suelo existente, que es fácilmente erosionable por el agua, la falta de un adecuado manejo de la cuenca.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Es considerado como Alto debido a que las bases de la misma vienen siendo erosionadas constantemente, así como la acción antrópica que se constituye en un peligro antrópico.</p>	
<p>Recomendaciones.- Forestación con especies nativas, la construcción de muros secos para darle mayor estabilidad a las laderas y la limpieza del rio Kallarayan.</p>	

5.2.3.7 Deslizamiento K-DI-02

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado en el Cerro Patacasa al Sur de la CC de Kallarayan hacia la Margen derecha del río del mismo nombre, entre las cotas 3675y 3800m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- litológicamente esta sobre material coluvial hacia la base y areniscas y lutitas en la parte más alta, presenta una longitud total de 380 mts. (Ver Plano geológico). En la zona se puede apreciar que el suelo viene siendo aprovechado por el hombre como laymes. (Ver Plano de Uso de Suelos) Presenta una pendiente Media y se caracteriza por tener entre 25° y 37° (Ver Plano de pendientes)</p>	
<p>Se observa el hundimiento del terreno a nivel de flujos desde la parte superior, este proceso es aumentado por la actividad del hombre y la cantidad de agua existente.</p>	
<p>Algo distintivo de este sector es la presencia de un reservorio de agua que aprovecha las aguas de un manante existente, de allí la coloración verdosa de la zona, además por la existencia de vegetación se puede inferir la cantidad de humedad existente, esto por la filtración natural y por el inadecuado manejo en los sistemas de riego, los cuales en muchos casos desaprovechan este recurso hídrico, por otro lado podemos afirmar que el deslizamiento si bien es inactivo se está activando recientemente, pudiendo convertirse en un fenómeno de reptación a futuro.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Alto, existen evidencias de reactivación del deslizamiento.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Alto. Peligro antrópico por un manejo inadecuado de la cuenca.</p>	
<p>Recomendaciones.- Capacitación en temas relacionados al adecuado manejo y conservación del agua así como en sistemas de riego, plantación de arbustos nativos a manera de cercos vivos, un monitoreo permanente, colocando estacas para medir el movimiento del terreno.</p>	

5.2.3.8 Deslizamiento K-DI-03

<p>Ubicación.- Se encuentra al Sur de la CC de Ccallarayan en la margen derecha del río con el mismo nombre, entre las cotas 3700 y 3790</p>	
<p>Características.-Se emplazada sobre las formaciones Quilque Chilca (Lutitas, areniscas rojizas) y presenta un desplazamiento total de 250 metros con dirección hacia el SE (Ver Plano geológico-geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de Laymes y Área sin uso antrópico. Por otro lado este sector tiene una Pendiente Media a Alta por presentar entre 30° y 40°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Se observa el deslizamiento, además de flujos en la parte superior de este.</p>	
<p>El grado de erosión en este sector es alto, debido al sobrepastoreo la tala de árboles y la falta de un tratamiento a nivel de cuenca.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Alto por la inconsistencia del material, la erosión existente.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- .Alto, en la parte baja de este deslizamiento la cárcava Miskilloc viene socavando las bases de este deslizamiento, reactivándolo.</p>	
<p>Recomendaciones.- La Forestación con especies nativas así como el uso de zanjas de infiltración</p>	

5.2.3.9 Deslizamiento K-DI-04

<p>Ubicación.- Se encuentra al Sur de la CC de Kallarayan, en la margen derecha del rio con el mismo nombre, entre las cotas 3675 y 3810 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre material cuaternario del tipo aluvial y presenta un desplazamiento total de 90 metros con dirección hacia el NE (Ver Plano geológico-geodinámico).</p> <p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de área sin uso antrópico para la parte más alta y de terrenos de cultivo en la parte más baja. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p> <p>Tiene una Pendiente Media por presentar entre 35° y 35°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Actualmente se encuentra en estado inactivo, sin embargo se tienen indicios de la presencia de yesos cerca a este sector por lo que podría existir un reactivamiento por colapso en su interior, esto sumado al abundante arrastre que produce el agua en época de lluvias podría reactivar este deslizamiento en un futuro próximo.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Alto</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Muy Alto, principalmente por la acción antrópica deforestación, sobrepastoreo, manejo inadecuado del agua.</p>	
<p>Recomendaciones.- Forestación con especies nativas así como el Uso de zanjas de infiltración, el cambio de uso de suelos en las zonas más bajas, de terrenos de cultivo a zonas de forestación.</p>	

En esta foto se puede observar el deslizamiento inactivo así como los terrenos de cultivo en las partes bajas de este.

5.2.3.10 Deslizamiento K-DI-05

<p>Ubicación.- Se encuentra a la entrada del rio Ccallarayan en el Cerro Rajon al Sur de la CC de Ccallarayan, entre las cotas 3600 y 3700 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre las andesitas de la Formación Rumicolca y presenta un desplazamiento total de 220 metros con dirección hacia el SO (Ver Plano geológico-Geodinámico).</p> <p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona está tipificada como plantaciones forestales exóticas. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p> <p>Por otro lado este sector tiene una Pendiente Media a Muy Alta por presentar entre 30° y 50°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>La parte mas alta del Cerro Rajon esta compuesta por andesitas, las mismas que vienen siendo explotadas para el sector de Ccaccacollo, altamente fracturadas y diaclasadas, en este caso la existencia de forestación con arboles exóticos en un lugar con estas características es beneficioso para la estabilidad de este talud, sin embargo por las características de los flujos existentes en la parte baja convierten a la parte mas baja de este deslizamiento en una zona critica.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Muy alto por los flujos en la parte baja así como la erosión fluvial del rio Kallarayan, la explotación de los recursos, rocas, y el socavamiento de las bases por parte de los pobladores del sector.</p>	
<p>Recomendaciones.- La reubicación de las viviendas existentes por debajo del deslizamiento, el uso exclusivo de esta zona como zona de forestación.</p>	

En esta foto se puede observar el deslizamiento inactivo C-DI-05 en la parte superior y los flujos existentes en la parte más baja, así como las plantaciones de eucalipto existentes.

5.2.3.11 Flujos de lodo K-F-01

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado en la cabecera de cuenca de kallarayan al Oeste de la Laguna de Qoricocha en el Sector de Huacahuasi entre las cotas 3950 a 4000 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- se encuentra emplazado litológicamente sobre depósitos cuaternarios de tipo aluvial (arcillas, limos, arenas y gravas en menor proporción) con un sentido de desplazamiento que va de NO a SE siguiendo el sentido de la Quebrada que conduce a kallarayan, además presenta una longitud total de desplazamiento de 520 mts. (Ver Plano geológico - geodinámico). El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de zona de pastoreo (Ver plano de uso de suelos) Presenta una pendiente del tipo Bajo y se caracteriza por tener entre 11° y 20° (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Arriba, se observa el lugar del deslizamiento, debido a factores como las intensas precipitaciones pluviales que sobrecargaron los 3 manantes existentes en la zona, esto además de la pendiente y el tipo de suelos produjeron que esta cabecera de cuenca se viera afectada en época de lluvias. Abajo, El Presidente de la CC de kallarayan Emilio Huaman Mayta dándonos una idea de las dimensiones del deslizamiento</p>	
<p>Este punto al igual que los sectores de Huascahuaylla, Chacapampa, Canchayoc Huayco y Chospiyoc, fueron los que se saturaron de agua entre los meses de enero a marzo del 2011 produciéndose el desplazamiento de suelos llegando a afectar a 5 viviendas en los sectores de Panteompampa, Pampahuasi y Tomacucho. La erosión vertical en este sector tiene 10 metros de profundidad y un ancho de 30 metros, se observa hasta 3 manantes en la cabecera cuenca.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Peligro Muy Alto, debido a la existencia de manantes y el tipo de suelo</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Alto por factores como las lluvias, la pendiente.</p>	
<p>Recomendación.- Por ser cabecera de cuenca sugerimos la forestación con especies nativas arbustivas, construcción de disipadores para, reducir la velocidad del agua y el arrastre de materiales.</p>	

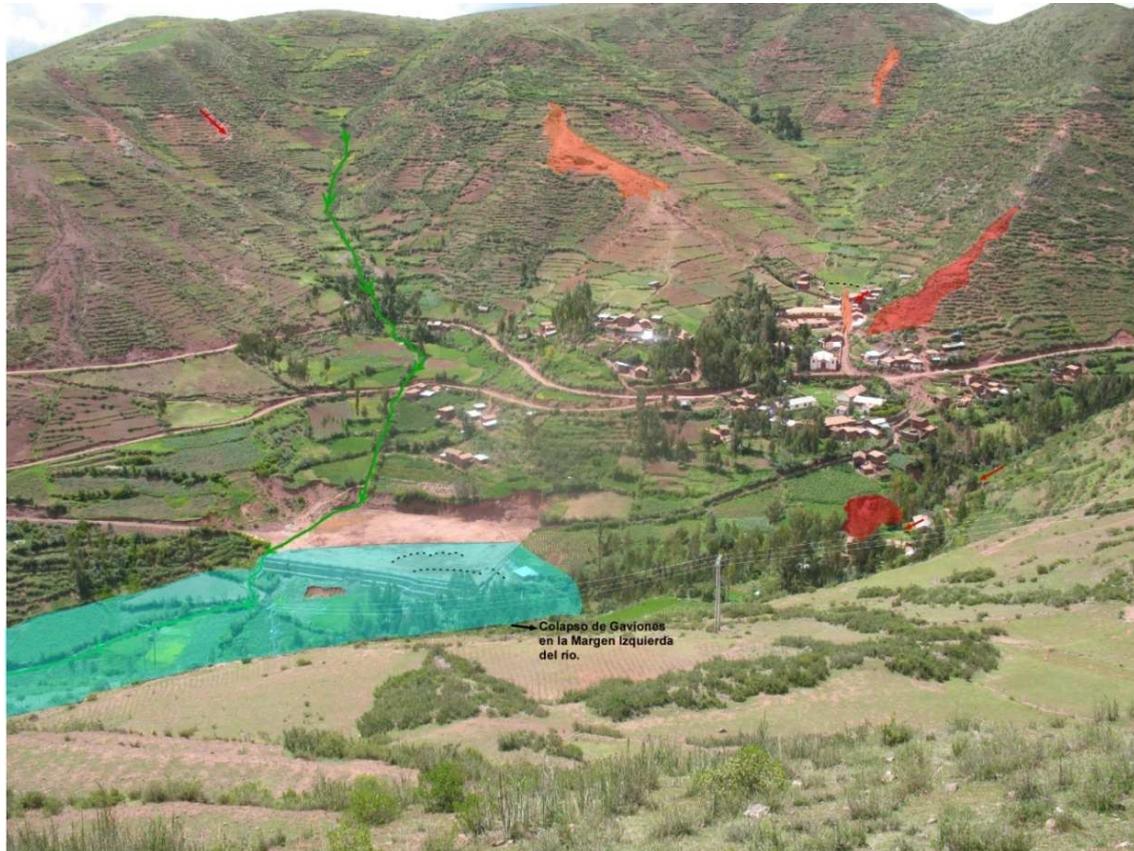
5.2.3.12 Flujos de lodo K-F-02

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado en la Margen Izquierda de la Quebrada de Huascahuaylla, al N de la CC de kallarayan, entre las cotas 3875 y 4000 m.s.n.m.</p>	 <p><i>Foto.- En la foto superior se muestra en forma panorámica el flujo y en la foto inferior se nota el desplazamiento en color rojo del material inconsolidado.</i></p>
<p>Características.- Litológicamente se encuentra dentro del grupo San Jerónimo (areniscas feldespáticas, y lutitas) presenta una longitud total de desplazamiento de 588 metros., consta de dos cuerpos uno alargado y angosto que se proyecta hacia el norte y el otro más pequeño y angosto, los mismos que se desplazan con sentido de N-S (Ver Plano geológico-geodinámico).</p>	
<p>En este sector se aprecian algunos Laymes por la existencia de manantes en este sector. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	
<p>Además este sector presenta una pendiente del tipo Bajo y se caracteriza por tener entre 11° y 22° (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Las causas para la existencia de este flujo son la presencia de manantes en la zona así como el tipo de roca altamente fracturada y meteorizada, fácilmente deleznable, así como la falta de una cobertura vegetal adecuada debido a la deforestación y falta de un adecuado manejo de cuencas</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Alto, para todas las construcciones y terrenos de cultivo que existan ladera abajo.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Alto puesto a que presenta abundante agua a través de manantes los mismos que cuentan con una mayor cantidad de agua en época de lluvias por la recarga de los acuíferos.</p>	
<p>Recomendación.- Sugerimos la forestación con especies nativas arbustivas, estabilidad de taludes.</p>	

Figura N° 28 Panel de fotos flujos sector CC de Kallarayan

	
<p>Foto panorámica en la que se muestra la CC de Kallarayan, en la parte baja el estadio, a la derecha arriba de este la Comunidad</p>	
	<p>Acercamiento de la Quebrada Canchayoc de donde se presenta la mayor cantidad de flujos en la zona C-F-05. y la cárcava C-C-02. Los mismos que afectan en forma directa al estadio en la parte mas baja casi llegando al rio Kallarayan.</p>
<p>La imagen de la izquierda muestra el manante ubicado en la Quebrada Canchayoc que aumento en su volumen en época de lluvias y arrastro material con dirección a Kallarayan. A la derecha el tipo de material arrastrado.</p>	
	
<p>Flujos de lodo y detritos transportados pendiente abajo en la quebrada de Canchayoc</p>	

Figura N° 29 Principales puntos de geodinámica externa en la CC de Kallarayan.



ESTUDIO GEOLÓGICO, GEODINÁMICO DE LA
MICROCUEENCA DE QUESERMAYO - TARAY -
CUSCO

ESTADIO DE CCALLARRAYAN

SIMBOLOGÍA

 Deslizamiento activo	 Filtración de agua
 Zona próxima a deslizarse	 Grietas
 Cárcavas	

5.2.3.13 Flujos de lodo y detritos K-F-05

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado en el Cerro Patacasa por donde baja la Quebrada Canchayoc, entre las cotas 3700 y 3885 m.s.n.m. al Oeste de la CC de Kallarayan</p>	 <p>En la foto superior se muestra el sentido de desplazamiento de los flujos, al fondo el estadio de la CC de Kallarayan, en la foto inferior se puede apreciar uno de los flujos de rocas que se precipitaron por el aumento de las lluvias</p>
<p>Características.- Litológicamente se trata del contacto roca suelo de las Formaciones Quilque Chilca y los depósitos aluviales superpuestos a estas, las mismas que por el aumento en la saturación del agua reactivaron flujos en la Quebrada de Canchayoc, llegando a ser transportados al estadio ubicado cerca al río Kallarayan. Tiene una longitud de desplazamiento total equivalente a 460 metros (Ver Plano geológico-geodinámico). El uso que se le da a las tierras en este sector es de Laymes y plantaciones de eucaliptos, (Ver plano de uso de suelos) Este sector presenta una pendiente de Media a Alta y se caracteriza por tener entre 25° y 35° (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>En este sentido esta zona se trata de una composición entre flujos de suelos y flujos de detritos debido a factores como el tipo de terreno, inconsolidados, la pendiente, y la cantidad de agua que apareció a través de afloramientos en época de lluvias, si bien existen especies arbustivas en la zona es evidente que la zona viene siendo erosionada con mayor facilidad por acciones antrópicas como el inadecuado uso de riego de los campos de cultivo y el sobrepastoreo.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Muy alto, debido a la cantidad de material por ser transportado, la pendiente, la deforestación y la presencia de aguas en este sector.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Las actividades antrópicas y la falta de un adecuado manejo de cuencas se convierten en un peligro que asociados a estos flujos convierten a este sector en una zona de peligro asociado Muy Alto.</p>	
<p>Recomendaciones.- consideramos que es necesario el tratamiento de esta quebrada al igual que la contigua hacia el norte, puesto que son las que de forma directa vierten sus aguas en la CC de Kallarayan y por consiguiente también el material que pueden traer consigo, sugerimos el cambio de uso de suelos convirtiéndolas en zonas forestales con especies nativas, para ello se deberán de forestarlas, así mismo la construcción de muros secos en las laderas, la limpieza del cauce de esta quebrada, puesto que llega hasta el estadio pasando por la población, reubicación de la población que este dentro de esta quebrada hacia una zona más segura y estable.</p>	

5.2.3.14 Flujo K-F-06

<p>Ubicación.- Se encuentra en el Cerro Rajon Al N de la desembocadura del Río Kallarayan y el Río Quesermayo, entre las cotas 3575 y 3650 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- se encuentra emplazado litológicamente en la base sobre las Formaciones Quilque Chilca (areniscas y lutitas) y Andesitas de la Formación Rumicolca en la parte más alta con una dirección de desplazamiento de NE-SO, se caracteriza por presentar dos deslizamientos menores contiguos el del Norte con 80 metros de desplazamiento y el del Sur de 70 metros, ambos vierten sus materiales en el río Kallarayan. (Ver Plano geológico geodinámico”).</p>	

<p>En la zona se puede apreciar que el terreno es un área sin uso antrópico con algunas zonas de bosques para la parte baja. (Ver Plano de Uso de Suelos) presenta una pendiente Alta a Muy alta (Ver Plano de Pendientes”)</p>	 <p>En estas fotos se pueden observar los deslizamientos activos en color blanco por debajo del Cerro Rajon cerca a la pista que conduce a Taray.</p>
<p>Grado de peligro independiente.- Muy alto, debido a factores como la pendiente y el tipo de material.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Alto a Muy Alto por el grado de fracturamiento de la andesita que origina una zona de derrumbes en la parte superior de los deslizamientos.</p>	
<p>Recomendaciones.- Limpieza del cause del rio Kallarayan, prohibir el uso de suelos tanto para agricultura como para construcción por debajo de este sector, forestación con especies arbustivas locales</p>	

5.2.3.15 Flujo K-F-07

<p>Ubicación.- Se encuentra al sur de la CC de Kallarayan, en la margen derecha de la cárcava Quisquilloq, entre las cotas 3725 y 3700 m.s.n.m.</p>	
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre cuaternario aluvial de color rojizo y presenta un desplazamiento total de 200 metros con dirección hacia el Norte (Ver Plano geológico-geodinámico).</p>	
<p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de un área sin uso antrópico. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	
<p>Por otro lado este sector tiene una Pendiente de Baja a Media por presentar entre 20° y 30°, (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Estos flujos se están acelerando su proceso debido al tipo de material, se puede observar material evaporítico además del material aluvial, la falta de una cobertura vegetal, y las lluvias intensas que se presentan entre diciembre y marzo.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto.</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Problemas antrópicos como la sobreexplotación del recurso suelo, el sobrepastoreo, y la falta de un adecuado manejo de cuencas convierten a este sector en una zona con un peligro Alto a Muy Alto</p>	
<p>Recomendaciones.- Reforestación intensiva con especies nativas, construcción de muros secos con material propio de la zona, limpieza del cauce de la cárcava Quisilloq.</p>	

5.2.3.16 Carcava K-C-01

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado dentro de C-F-05 entre las cotas 3725 a 3825 m.s.n.m. al Oeste de la CC de Kallarayan.</p>	
<p>Características.- Se trata de una Cárcava en formación, en donde la erosión vertical mide 5 metros de altura y la horizontal 2 metros, el material coluvial que se encuentra en la zona es muy deleznable por lo que es fácil de transportar y pese a no tener agua en forma permanente durante el año es suficiente con la temporada de lluvias para acarrear material hacia la CC antes mencionada. La longitud total que presenta esta cárcava es de 340 metros de longitud total. (Ver Plano Geológica - geodinámico). En la zona se puede apreciar que el suelo viene siendo aprovechado por el hombre como una zona de layme con forestación de eucaliptos en la base. (Ver Plano de Uso de Suelos) Además este sector presenta una pendiente Media a Alta y varía de 35^a a 40^a (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>El material transportado consiste principalmente en clastos angulosos areniscas rojizas de hasta 50 cm. de diámetro mayor, así como limos y arcillas.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Muy alto, no se realizó un tratamiento a toda la cuenca y el material viene siendo transportado sin control alguno</p>	
<p>Grado de peligro asociado.-Alto, si bien no tiene agua en forma permanente, factores como la gravedad y la acción antrópica son factores negativos a tomar en cuenta.</p>	
<p>Recomendaciones.- La construcción de diques con recursos de la zona para bajar la velocidad de las aguas y reducir el arrastre de materiales, arborización de toda la quebrada, limpieza del cauce y sensibilización de la población en temas referidos a conservación de suelos, sobrepastoreo.</p>	

En las dos primeras fotos se observa la cárcava con sus dimensiones, en la tercera foto la ubicación, dentro de la Quebrada Canchayoc.

5.2.3.17 Cárcava K-C-02

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado al Sur de la CC de Kallarayan a la margen derecha del río con el mismo nombre, entre las cotas 3675 a 3800 m.s.n.m. tiene una longitud de desplazamiento total de 350 metros y un ancho de 30 metros en la parte más baja de la cárcava.</p>	
<p>Características.- se encuentra emplazado litológicamente sobre material coluvial compuesto por arcillas y clastos de areniscas de color rojizos, en la parte superior se distinguen rocas de las formaciones Quilque Chilca, su desplazamiento total va de 380 metros. (Ver Plano Geológico - geodinámico).</p>	
<p>En la zona se puede apreciar que el suelo viene siendo aprovechado por el hombre como una zona de laymes. (Ver Plano de Uso de Suelos)</p>	<p>Foto.- En esta foto se puede observar la cárcava tipificada como C-C-02, así como el material coluvial por el que transita</p>
<p>Este sector presenta una pendiente Media y se caracteriza por tener entre 25° a 35° (Ver Plano de Pendientes)</p>	
<p>Si bien es cierto que no existe agua que discurra en forma permanente, las condiciones tanto de la pendiente como el tipo de material y la acción antrópica hacen que este sector sea fácilmente erosionable.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Muy Alto</p>	

<p>Grado de peligro asociado.-tomando en cuenta la acción Antrópica y la falta de un manejo de cuenca adecuado varia entre Alto a Muy Alto</p>
<p>Recomendaciones.- La construcción de diques con recursos de la zona para bajar la velocidad de las aguas y reducir el arrastre de materiales, arborización de toda la quebrada sensibilización de la población en temas referidos a conservación de suelos, sobrepastoreo.</p>

5.2.3.18 Cárcavas K-C-03 Y K-C-04

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado en el Cerro Rajon al SO de la CC de Ccaccacollo, entre las cotas 3650 y 3800</p>	
<p>Características.- Se encuentra sobre las formaciones Quilque – Chilca (Terciario Inferior – Medio) las cuales debido a agentes físicos se convierten fácilmente en suelos. A partir de la cuchilla en el Cerro Rajon , se presentan dos geoformas negativas, a saber: La cárcava C-C-03 que presenta un desplazamiento de Este a Oeste con un largo de 420 metros, erosionándose principalmente en forma vertical; la cárcava C-C-04 tiene un desplazamiento a ambas márgenes del Cerro transportando el material fino tanto a la Quebrada de Ccallarayan como a a la de Ccaccacollo, con un desplazamiento total de 930m. (Ver Plano Geologico-Geodinamico). Estas cárcavas pasan por tres aéreas de uso de suelos, Laymes, aéreas sin uso antropico en la parte más alta (Cerro Rajon) y cultivos de bajo riesgo. (Ver Plano de Uso de Suelos).</p>	
<p>Presenta una pendiente del de medio a alto y se caracteriza por tener entre 30° y 35° (Ver Plano de pendientes)</p>	<p><i>En la foto superior, la formación de dos cárcavas la de la derecha se proyecta hasta el Sector de Ccaccacollo. En foto inferior se nota la proyección de la cárcava C-C-04 que afecta la carretera de ingreso a la CC de CCcaccacollo.</i></p>
<p>En este Sector no se distinguen fuentes de agua, siendo el agente erosivo principal las aguas de lluvia.</p>	
<p>Grado de peligro independiente.- Muy alto, debido a la erosión vertical que cada vez se profundiza mas y el tipo de material que existe en el lugar, la lluvia y la pendiente actual como agentes muy activos en este lugar pudiendo afectar las construcciones y terrenos de cultivo en la parte baja de las carcavas</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- por su ubicación no existen otros peligros, sin embargo por los agentes que actúan en el consideramos un Peligro Medio a Alto</p>	
<p>Recomendaciones.- La construcción de diques con recursos de la zona para bajar la velocidad de las aguas y reducir el arrastre de materiales, arborización con especies nativas.</p>	

5.2.3.19 Cárcava K-C-05

<p>Ubicación.- Se encuentra ubicado en el sector denominado Miskilloq al Sur de la CC de Kallarayan, entre las cotas 3725 y 3800 m.s.n.m.</p>
<p>Características.- Se emplaza sobre material cuaternario aluvial areniscas y lutitas de la formación Quilque Chilca, y tiene un longitud de 920 metros de largo y un ancho de 5 metros con dirección hacia el E (Ver Plano geológico-geodinámico).</p>
<p>El tipo de uso de suelos tipificado para esta zona es de un área sin uso antrópico</p>
<p>Tiene una Pendiente Media por presentar 30°, (Ver Plano de Pendientes)</p>
<p>Estamos frente a una cárcava profunda que está en proceso de erosión vertical de gran longitud que aprovecha la temporada de lluvias para transportar material cuaternario hacia la cuenca del rio Kallarayan.</p>
<p>Grado de peligro independiente.-Muy alto.</p>
<p>Grado de peligro asociado.- Por el tipo de litología y la cantidad de material existente en las partes altas tiene un peligro Alto.</p>
<p>Recomendaciones.- Construcción de diques con recursos de la zona para bajar la velocidad de las aguas y reducir el arrastre de materiales..</p>

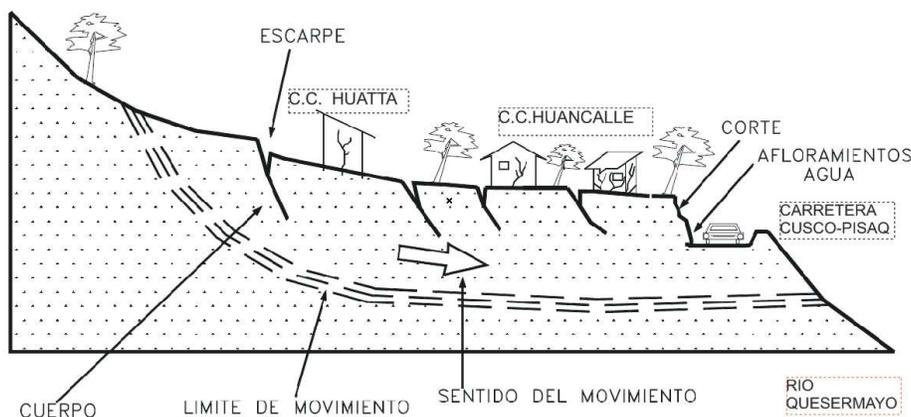
5.3 DESLIZAMIENTO DE HUANCALLE

5.3.1 Descripción del deslizamiento.-

El deslizamiento ocurrido en la parte baja de la CC de Huancalle y que afectó gravemente dicha Comunidad Campesina en especial el Sector ubicado debajo de la carretera Cusco Písaq, colindante con el río Quesermayo, es parte de uno mucho más grande y complejo, cuya corona y escarpa principal se encontrarían en el Cerro Ñustapata el cual se habría formado en tiempos geológicos anteriores, la pendiente en este sector es bastante pronunciada, constituida principalmente por rocas de la Formación Pachatusan (grupo Mitu).

Pendiente abajo, se encuentran los “escarpes secundarios” donde se estaría asentando actualmente la CC de Huata, se puede verificar en la actualidad una serie de escarpas menores a manera de terrazas de cultivo donde actualmente los pobladores de dicha Comunidad Campesina realizan sus labores agrícolas, este suelo cuaternario de tipo coluvial tiene una pendiente suave, actualmente estable, A partir de estos escarpes hasta el corte de carretera se encuentra el cuerpo del deslizamiento, en el que se deposita todo el material suelto en el que actualmente estarían asentados tanto la CC de Huata como la CC de Huancalle. La base del deslizamiento sería entonces el Sector más afectado actualmente, ubicado de la pista hacia la quebrada, lugar en donde hubo mayor movimiento de tierras.

Figura N° 29 Figura mostrando el Corte esquemático del deslizamiento en el Sector de Huancalle.



5.3.2 Partes y ubicación del deslizamiento de Huancalle.-

Corona.- Se ubica en la parte superior del Cerro Ñustapata, en esta zona se distinguen rocas características del Grupo Mitu, conformada por conglomerados y areniscas cuarzosas color blanquecino a rosado

Escarpe Principal.- Se encuentra por debajo de la corona contando con una altura aproximada a los 30 metros con una pendiente promedio de 80°, también conformada con rocas de la Grupo Mitu, este escarpe se proyecta principalmente hacia el Sur de

las Comunidades de Huata y Huancalle interceptando el río Queccayoc a la altura de la CC de Huancalle. Hacia el Norte termina su desplazamiento a la altura de la CC de Huata. (Ver Plano geodinámico - geomorfológico local)

Figura N° 30 Escarpe principal del Deslizamiento



Cabeza.- Este sector está conformado principalmente por una zona de derrumbes provenientes de la parte superior, propios del grupo Mitu.

Escarpe secundario.- Ubicado al Este de la CC de Huata y por debajo del cuerpo en la cual se formaron dos pequeños conos por donde se desprende el material de la cabeza, este material está conformado principalmente por rocas sedimentarias del Grupo Mitu así como material coluvial que se desprende pendiente abajo por la gravedad y las lluvias. Cabe destacar que tanto en la cabeza como en el escarpe secundario inclusive en la CC de Huata presenta afloramientos de agua

Cuerpo.- Limita desde el Escarpe Secundario hasta la terraza inferior, está conformado principalmente por material cuaternario del tipo coluvial con pendientes moderadas en las que se encuentran las cuatro terrazas que están dentro del deslizamiento principal, en este sector se encuentra asentados tanto la CC de Huata como la CC de Huancalle, incluyendo sus terrenos de cultivo.

Figura N° 31 Cuerpo del deslizamiento



Terrazas.- Dentro del deslizamiento de Huancalle desde el Cerro Ñustapata hasta la quebrada de los Rio Quecayoc y Quesermayo, se presentan cuatro (04) terrazas, paralelas al rio Quesermayo con dirección N-S dos por encima de la CC de Huata y otras dos por debajo de dicha comunidad, de los cuales las tres primeras son las más antiguas y de menos velocidad en su deslizamiento y que actualmente tienen una forma ondulada producto de la intensa actividad agrícola existente en la zona por los comuneros de la CC de Huata quienes producen hortalizas principalmente, la más baja de las terrazas se proyecta desde la CC de Huancalle hacia el Norte y tiene relación directa con el Volumen que estaría más propenso a deslizarse pendiente abajo “Base del deslizamiento”.

Además de las terrazas ya mencionadas existen dos más que se proyectan desde el límite Norte del Deslizamiento y por encima de la CC de Huata hacia el Norte. (Ver Plano Geológico - Geodinámico).

BASE.- (frente del deslizamiento).- se trata de todo el material ubicado en la zona de mayor peligro a deslizarse y se encuentra limitado por el Este desde la terraza inferior y se proyecta pendiente abajo hasta el rio Quesermayo, este sector es el más activo en cuanto a movimientos en masa, está caracterizado por la presencia de manantes, viviendas con fisuramiento en su construcción, arboles inclinados y grietas en el terreno y deslizamientos menores activos principalmente en la en los ríos Queccayoc y Quesermayo.

Figura N° 32 viviendas afectadas y manantes

 <p>Vivienda ubicada en el Sector de Huancalle la misma que sufre un fisuramiento considerable en su construcción y está alineada con otras casas con una dirección paralela a la pista Cusco-Pisac</p>	 <p>Presencia de manantes dentro del deslizamiento de Huancalle.</p>
	<p>Manante ubicado en la CC de Huata.</p>

PUNTA.- se considera como punta al Sector del rio Quesermayo donde limita el deslizamiento y se caracteriza por presentar un conjunto de deslizamientos activos, flujos de detritos, caídas de árboles, etc.

Figura N° 33 base del deslizamiento

	<p>Imágenes mostrando el límite del deslizamiento conocido como Punta el mismo que actualmente necesita limpieza dentro del cauce del rio Quesermayo.</p>
	<p>La cantidad de rocas de grandes dimensiones así como arboles de eucaliptos que cedieron junto con los deslizamientos menores quedaron atrapadas en este sector originando que se colmate el rio Quesermayo</p>

Los problemas de geodinámica externa ocurridos en el Sector de Huancalle específicamente a la altura del puente de Huancalle en la carretera Cusco – Písaq son parte de un gran deslizamiento actualmente inactivo en su límite superior “corona” en el Cerro Ñustapata, y en su interior presenta por debajo del Escarpe secundario terrazas en las cuales estaría asentada la CC de Huata y de Huancalle, toda la masa asentada en el cuerpo del deslizamiento está actuando pendiente abajo haciendo que la base del mismo tenga una sobrecarga.

Figura N° 34 empuje del cuerpo del deslizamiento afectando la cuneta existente en la carretera



Por otro lado el agua proveniente de la cuenca del rio Huancalle sumado a los manantes existentes en la base del deslizamiento incrementan la humedad de la masa sobresaturando el material cuaternario existen en este sector haciendo que su comportamiento sea más inestable, el proceso natural que se originaba en este sector era el de reptación de suelos, sin embargo en Marzo del año 2010 y con las precipitaciones milenarias esta reptación produjo una reactivación del deslizamiento con las consecuencias ya conocidas.

Proyecto

“Reducción de riesgo ante eventos climáticos en dos provincia de Cusco, Perú” 2010 - 2011



Figura N° 35 Deslizamiento de Huancalle



ESTUDIO GEOLÓGICO, GEODINÁMICO DE LA MICROCUENCA DE QUESERMAYO - TARAY - CUSCO

DESlizamiento HUANCALLE

SIMBOLOGÍA	
	Deslizamiento antiguo
	Evento posterior al deslizamiento antiguo
	Deslizamiento activo
	Asentamiento del terreno
	Cárcavas
	Filtración de agua
	Grietas
	Cambio de dirección de los árboles
	Viviendas con fractura
	Límite del deslizamiento en la localidad de Huancalle

En las dos fotografías anteriores se puede observar cortes en sentido E-W y N-S en el que muestra la base del deslizamiento activo de Huancalle delimitado por un color amarillo

5.3.3 Causas del deslizamiento de Huancalle.-

Precipitaciones pluviales extraordinarias.

Las lluvias ocurridas entre diciembre del 2009 y marzo del 2010, que produjeron que el suelo se saturara con el agua de manantes y del riego por aspersión que se utiliza por los pobladores de las CC de Huata y de Huancalle, esto hizo que el suelo se desplace pendiente abajo debido también en gran parte al tipo de material existente.

Corte en la carretera Cusco Písaq.

El mismo que generó inestabilidad en el talud natural de toda la zona de estudio principalmente al pie y en la base del desplazamiento.

Riego por aspersión.

Esta parte del valle es muy prolija en cuanto a productos de pan llevar, el tipo de riego que usan es el de Riego por aspersión, contando además para el traslado del agua mangueras de plástico que en muchos casos no son adecuadamente administradas, además de tener reservorios de agua para riego y para lavado de hortalizas, todas ellas ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento, esta agua se infiltra al interior del suelo aumentando la cantidad de humedad en el suelo.

Cantidad de material.

El volumen total del material que se encuentra en el cuerpo del deslizamiento es bastante considerable, el mismo que genera una sobrecarga al material que se encuentra en la parte inferior del deslizamiento.

Por lo antes mencionado, concluimos que este gran deslizamiento tiene un comportamiento mixto, siendo la parte superior de la cabeza, y el escarpe secundario los lugares más estables por tratarse de un "**deslizamiento inactivo**", el mismo que en todo este tiempo se estaba comportando como una reptación, de suelos, desplazamientos casi imperceptibles hacia el corte de carretera, pero que al haber habido un incremento en la cantidad del agua producto de las precipitaciones pluviales cambia su dinámica hacia la parte más baja desencadenando los deslizamientos principalmente en las construcciones cerca a la pista Cusco Písaq en el sector de Huancalle.

Se ha calculado el volumen del material deslizable, es decir el frente de Huancalle en la pista Cusco-Písaq. Mediante el programa Arc Gis, se ha delimitado el deslizamiento total, es decir desde proximidades de Huancalle - ver plano geodinámico local de Huancalle y fotos- hasta el río Quesermayo en el sector del puente (pista hacia Písaq). Como se ha descrito este gran deslizamiento, en su parte superior es estable,

pero, en la zona de la pista, es activo, es más, este bloque de masa, eminentemente tiene que deslizarse, por lo que se ha calculado el volumen en forma prioritaria.

Se ha confeccionado una sección geológica en este sector, la que nos ha permitido, calcular la altura promedio desde el río hasta el inicio del deslizamiento activo, altura que es de 60.00 m aproximadamente. Se ha considerado un espesor promedio del material deslizable de 12.00.

Área deslizamiento activo total : 128 927.00 m²
 Espesor promedio del material deslizable: 12.00 m

Volumen : área X altura
 128 927.00 m² X 12.00 m
 1 547 124.00 m³

Área frente de deslizamiento, zona de deslizamiento inminente: 26 437.00 m²
 Espesor promedio del material deslizable : 12.00m

Volumen : área X altura
 26 437.00 m² X 12.00 m
 321 516.00 m³

5.2.4.4 Deslizamiento inactivo Queccayoc

<p>Ubicación.- Se encuentra al nor oeste del poblado de Queccayoc, entre las cotas 3 800 y 4 000 m.s.n.m.</p>	 <p>En esta foto se puede observar el deslizamiento inactivo de Queccayoc, la roca de basamento son rocas del grupo Mitu y Huancané.</p>
<p>Características.- Litológicamente se encuentra emplazado sobre material coluvio-aluvial procedente del grupo Mitu y formación Huancané. (Ver Plano geológico-geodinámico). El tipo de uso de suelos: cultivos en secano y plantaciones forestales. Tiene una Pendiente Media-Alta</p>	
<p>Grado de peligro independiente.-Medio</p>	
<p>Grado de peligro asociado.- Medio-Alto, porque en la parte inferior se encuentra terrenos de cultivo. Se recomienda hacer obras de estabilización de taludes y forestación.</p>	

5.4 Mapa de Peligros Geodinámicos de la cuenca Quesermayo

El Mapa de Peligros fue confeccionado teniendo en cuenta los siguientes factores o criterios geodinámicos externos:

5.4.1 Factores de peligro

Factor litológico; es decir el tipo de roca. En el caso de la zona de estudio, los fenómenos geodinámicos de movimientos de masas de suelos y roca, en la zona de estudio, se dan fundamentalmente en terrenos inconsolidados (sedimentos) o en rocas fracturadas o agrietadas y/o intemperizada.

Factor topográfico.- Se refieren al relieve o topografía de la zona, en este caso estos fenómenos geodinámicos de movimientos de suelos y rocas, se dan en terrenos donde la topografía es accidentada, con taludes altos a muy altos. En terrenos con pendientes altas a muy altas, actúa la gravedad con mayor facilidad.

Factor Tectónico, es decir el grado de deformación de las rocas, como se ha indicado, en la zona tenemos rocas fracturadas, sobre todo diaclasadas, por efecto de encontrarse la zona entre fallas activas (Tambomachay, Ccoricocha, Patabamba) y el anticlinal del Vilcanota (zona de Taray), este hecho contribuye fundamentalmente a proporcionar material para ser acarreado (depósitos coluviales, aluviales y fluviales) y originar movimientos de remoción de suelos y rocas.

Factor Hidrológico, es decir, la presencia de ríos, riachuelos y manantes, que contribuyen a fenómenos de geodinámica externa.

Factor Climatológico, para el caso de la zona de estudio, en esta, la precipitación pluvial es acentuada lo que contribuye a saturar el suelo y rocas fracturadas, constituyendo un factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos de suelos y rocas.

Factor antrópico, referido a la participación de la mano del hombre, construcción de carreteras (corte de carretera, pista Cusco-Calca), uso de técnicas inadecuadas de riego, tala indiscriminada de árboles, ampliación de frontera agrícola, etc

Teniendo en cuenta estos factores, se ha clasificado a la zona de estudio en las siguientes zonas:

5.4.2 Clasificación de Peligros

Cuadro N° 09 Peligros en la microcuenca Quesermayo

DESCRIPCION DEL PELIGRO	CARACTERIZACION
1.- Zona de peligro muy alto, caracterizado por la presencia de deslizamientos activos, terrenos, terrenos amenazados por flujos repentinos de suelos y rocas. Terrenos en fondo de quebradas o cercanos a estas, terreno amenazados por inundaciones, ríos con fuerte pendiente con alto poder erosivo, suelos colapsables por estar en pendientes altas, con presencia de manantes con presencia de grandes bloques.	
2.- Zona de peligro alto, Sectores cercanos a la zona de peligro muy alto, sectores que son inundados a baja velocidad y permanencia bajo agua por varios días, ocurrencia parcial de licuefacción y suelos expansivos.	
3.- Zona de peligro medio, suelo de calidad intermedia, inundaciones muy esporádicas, con baja velocidad, pendiente moderadas a bajas	
4.- Zona de peligro bajo, terrenos planos con poca pendiente, suelo y roca compacta y seco con buena capacidad de carga.	



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap6

Meteorología

6.1 COMPATIBILIZACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS (CONTRASTES):

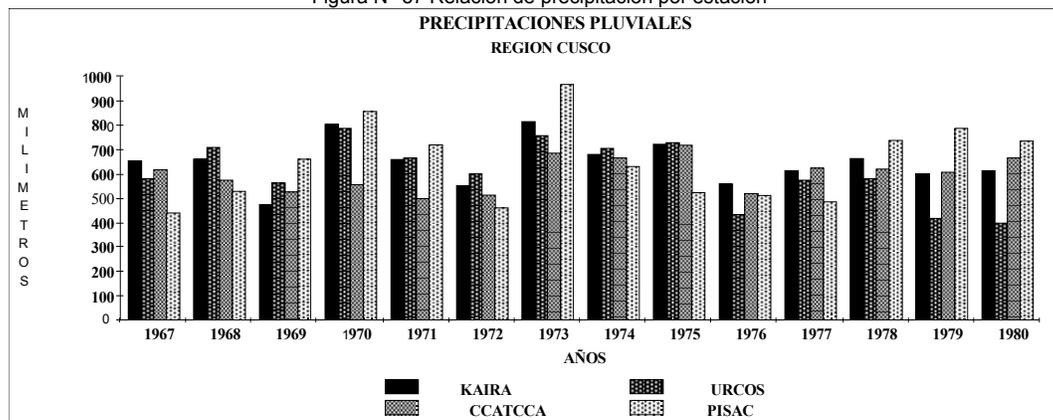
La información Meteorológica en el país es sumamente restringida, ya sea por la falta de estaciones de observación o en su defecto por la limitada información con que se dispone, de acuerdo a la categoría de las estaciones.

Como es el caso de tener que extrapolar los datos de la estación de Kayra y que sí tiene los registros de lluvias con los tiempos de duración y las cantidades de agua caída en los meteoros, se han considerado tomar en cuenta las estaciones del entorno tales como: Cusco, Pisac, Acomayo, Urcos, Kayra y Urcos, no se incluye la información de Calca, por cuanto de que se ha determinado que de forma totalmente el contraste de las estaciones con el objeto de su extrapolación.

Los cálculos efectuados en primer término, se ha referido a desarrollar el método del diagrama de doble masa, el objetivo de este primer estudio es el de establecer cuáles de las estaciones son CONTRASTABLES y por tanto utilizar la información de alguna de ellas, con mayor y mejor información, tanto en el detalle así como en la longitud de los registros, claro está con los correspondientes factores de corrección, por altura y/o microclima son aplicados oportunamente, es decir al momento de extrapolar las magnitudes de los eventos meteorológicos, al área de estudio, por presentar similares condiciones geográficas, de relieve, altitudes y orográficas

El gráfico N° 35 muestra los totales anuales de las estaciones que sí son contrastables, entre las que anotamos: Kayra, Urcos, Ccatcca y Pisac, cada una de ellas es importante por las razones que se anotan a continuación; la estación de Kayra, que es contrastable, porque va servir de base con los datos pluviométricos completos con que dispone.

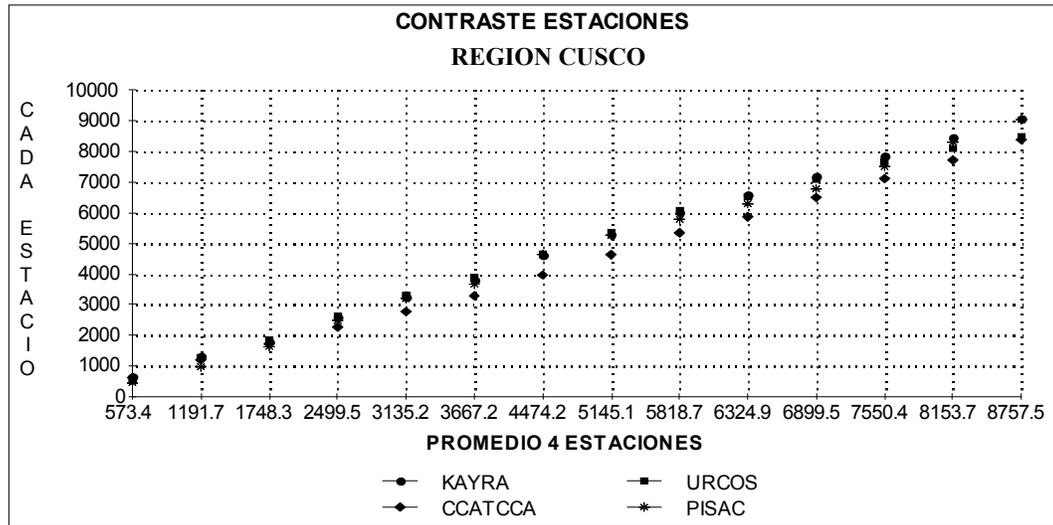
Figura N° 37 Relación de precipitación por estación



Las variaciones entre los máximos y mínimos son menos cuantiosas y por tanto se infiere que los regímenes pluviales son similares en cuanto a sus magnitudes con las correspondientes fluctuaciones por la orografía de la zona.

Con esta información se calculan los totales acumulados para cada una de las estaciones y además para el promedio de las mismas. De lo cual resulta en la figura N° 35, que muestra el alto índice de contrastabilidad que existe entre las estaciones seleccionadas.

Figura N° 38 Contraste de Estaciones



La interpretación de la figura N° 36 muestra que las estaciones tratadas son completamente contrastables, mantienen pendientes relativamente uniformes y sus proyecciones se encuentran, en gran medida, superpuestas, lo que marca fehacientemente la confiabilidad de sus usos, en primer término, por estar comprendidas dentro del rango de estudio de ellas, en la hoya del río Vilcanota y lo que es importante la estación de Kayra, que resulta contrastable como la que servir de base para la información más detallada que se requerir al desarrollar las bases para el estudio de la generación de caudales, fundamental para el siguiente paso que es el diseño de las obras para la mitigación de avenidas futuras sobre la población de Taray.

Adicionalmente y con información similar, para el mismo caso se ha tratado de una contrastación para tres estaciones: Kayra, Cusco y Pisac, cuyos resultados expresados en los cuadros y gráficos siguientes

En todos los casos es de mayor y mejor probabilidad determinar los parámetros inferidos en los cálculos hidrológicos que escoger el “número al azahar” o recurrir a las equivocadas y poco precisas extrapolaciones a partir de métodos como la media aritmética, polígonos de Thiessen, o el de las curvas de Isoyetas, pues estos métodos no consideran la influencia de la orografía, las altitudes, temperaturas medias, y finalmente los micro climas y las causas de sus comportamientos especiales que sí pueden ser incluidos al extrapolar valores reales medidos, en estaciones completas, caso de la estación de Kayra, para luego corregirlos con los factores de corrección; adecuados y que son perfectamente admitidos y de uso actual muy extendido en materia hidrológica, entre los que podemos mencionar los de altura, relieve,

vegetación, temperaturas medias, y relación con las hoyas vecinas, caso particular en cuanto a la divisoria de una cuenca, como es el caso presente, donde la cuenca del Quesermayo, con la cuenca del valle del río Huatanay, en cuya margen derecha se encuentra el observatorio de Kayra,

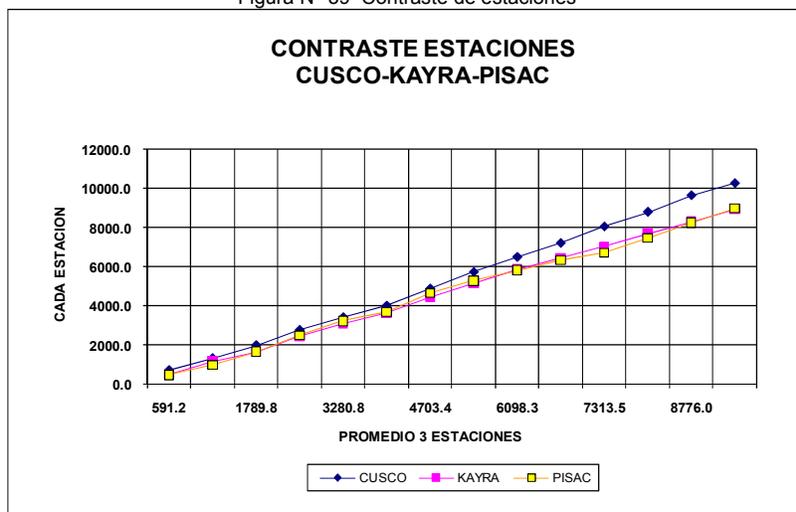
Separadas por la cadena del Picol, Pachatusan, que como agregado tienen altura similares.

Claro está que otra estación que ha conformado la contrastación de las estaciones ha sido la de Pisac que es la más próxima al área de estudio.

Cuadro N° 9 Cuadro de Contrastación de estaciones

ESTACIONES VARIAS					VALORES ACUMULADOS				
	CUSCO	KAYRA	PISAC	3 ESTACIONES		CUSCO	KAYRA	PISAC	PROMEDIO
AÑO/ALTURA	3361msnm	3219msnm	2950msnm	PROMEDIO	AÑO/ALTURA	3361msnm	3219msnm	2950msnm	3 ESTACIONES
1976	678.9	654.9	439.8	591.2	1976	678.9	474.8	439.8	591.2
1968	609.2	660.7	528.6	599.5	1968	1288.1	1135.5	968.4	1190.7
1969	661.2	474.8	661.3	599.1	1969	1949.3	1610.3	1629.7	1789.8
1970	786.9	806.3	855.3	816.2	1970	2736.2	2416.6	2485.0	2606.0
1971	645.9	659.1	719.4	674.8	1971	3382.1	3075.7	3204.4	3280.8
1972	587.4	553.6	461.9	534.3	1972	3969.5	3629.3	3666.3	3815.1
1973	879.7	816.8	968.5	888.3	1973	4849.2	4446.1	4634.8	4703.4
1974	852.1	682.1	632.0	722.1	1974	5701.3	5128.2	5266.8	5425.5
1975	772.1	721.8	524.5	672.8	1975	6473.4	5850.0	5791.3	6098.3
1976	709.3	560.3	511.1	593.6	1976	7182.7	6410.3	6302.4	6691.8
1977	846.2	613.1	405.7	621.7	1977	8028.9	7023.4	6708.1	7313.5
1978	749.6	664.1	737.1	716.9	1978	8778.5	7687.5	7445.2	8030.4
1979	849.5	600.8	786.5	745.6	1979	9628.0	8288.3	8231.7	8776.0
1980	620.9	614.6	734.8	656.8	1980	10248.9	8902.9	8966.5	9432.8
SUMA	10248.9	9083.0	8966.5	673.8					
PROMEDIO	732.1	648.8	640.5	673.8					

Figura N° 39 Contraste de estaciones



Toda la justificación e información líneas arriba anotadas, conducen a desarrollar los cálculos de manera más precisa dentro de lo relativo, y cuyos resultados se reflejarán a no dudarlo en el adecuado dimensionamiento de las obras hidráulicas y de drenaje, del Río Quesermayo en el sector de la población de Taray, evitando un sobre dimensionamiento o en su defecto un sub dimensionamiento de las mismas, y en ambos casos la consiguiente pérdida de las estructuras y sobre todo la mitigación de los riesgos de la población como es caso particular del presente estudio.

6.2 SELECCIÓN DE PRECIPITACIONES PUNTUALES POR TIEMPOS DE DURACION (Tr)

Dentro del tratamiento y diseño de las obras hidráulicas, tales como canales, para el encausamiento de ríos para mitigación de grandes eventos, es necesario determinar los regímenes pluviales de las cuencas, vale decir, determinar las cantidades de agua que se generan por efecto de una lluvia, y con esa información proceder al diseño i dimensionamiento de las obras, considerando los eventos extremos para periodos de retorno adecuados.

Es pertinente anotar que es de suma importancia diferenciar los períodos en los que tiene lugar el evento, tan es así que la intensidad de una lluvia con una duración de cinco minutos, será mayor, a una lluvia con una duración de más de una hora; por ejemplo una garúa puede durar hasta más de 6 días, pero con una intensidad pequeña, frente a un chaparrón o chubasco, con una duración de diez minutos pero con una gran intensidad, este efecto que relaciona a las precipitaciones- intensidad con las precipitaciones- duración, a lo que se suma el factor de área de cobertura del meteoro, dentro de una relación que se traduce en que: a mayor intensidad se tiene un menor tiempo de duración y con una cobertura también menor y vice versa, existen cuadros que relacionan los factores siguientes: área, duración e intensidad, en consecuencia es pertinente relacionar el tiempo en que demoran las aguas, desde el inicio del meteoro y hasta la máxima reunión de aguas en el punto de interés, que se conoce con el nombre técnico de tiempo de concentración, que está en función directa del área de la hoya tratada, sus pendientes y la cobertura vegetal que presenta, y que corresponde a la generación de caudales, que es nuestro objetivo, a ello se agrega el principio de los períodos de retorno o recurrencia, y que van desde las decenarias y hasta las milenarias.

Al concluir el presente epígrafe y como información actualizada se anotan las ocurrencias pluviales en los últimos años, siendo el presente año 2010, en el que han tenido lugar los eventos milenarios como se demostrará más adelante.

6.3 INFORMACION METEOROLÓGICA

Estación Privada Ing. Víctor Manuel Chávez Gonzales

Ubicación

Cuadro N° 10 Cuadro de Información Meteorológica

UTM	PSAD-56	19L	0180472E	8503290N	3350 msnm										
	WGS-84	19L	0180267E	8502922N	3350msnm										
	COORD.	S-13°31'47.2"		N-71°57'21.5"											
PRECIPITACIONES PLUVIALES - CUSCO -															
MESES	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	161.9	135.8	137.9	159.8	215.9	302.5	122.4	195.3	192.5	113.9	195.4	146.3	134.9	124.0	339.3
Febrero	79.4	108.4	158.9	96.2	99.0	130.5	186.4	182.4	149.7	124.3	113.7	75.0	148.6	104.9	194.1
Marzo	54.6	144.6	67.8	87.4	111.5	152.1	192.8	182.8	80.1	106.6	130.8	115.7	81.1	49.9	106.6
Abril	30.8	49.5	39.5	46.6	9.8	27.8	25.4	51.8	36.9	35.7	80.2	64.9	4.1	29.8	28.5
Mayo	2.1	3.5	3.9	15.4	3.4	5.3	8.6	3.4	4.3	0.9	2.3	11.5	10.7	0.0	10.7
Junio	1.0	0.0	2.7	4.8	2.7	0.0	0.1	6.3	22.9	0.4	6.6	0.0	2.6	0.0	0.6
Julio	0.0	0.0	0.0	0.3	1.9	20.5	0.0	0.0	14.0	2.4	0.0	5.0	4.1	0.1	1.6
Agosto	10.4	10.1	8.2	0.0	6.4	12.9	6.6	23.6	12.9	6.8	9.6	1.3	6.4	2.0	10.3
Setiembre	21.4	12.9	1.7	55.1	19.2	16.6	15.6	12.4	40.8	7.1	15.7	8.2	17.8	15.2	11
Octubre	61.0	41.5	86.2	15.6	49.3	66.5	69.7	21.1	35.7	35.8	86.9	71.4	72.9	25.9	105.3
Noviembre	53.2	147.2	54.0	56.0	44.7	80.4	150.4	55.7	59.4	73.8	81.8	97.9	67.1	180.5	32.6
Diciembre	153.0	171.2	66.4	124.6	77.6	121.6	130.7	116.3	103.7	80.5	154.0	11.4	156.8	124.8	204.2
Totales	628.8	824.7	627.2	661.8	641.4	936.7	908.7	851.1	752.9	588.2	877.0	608.6	707.1	657.1	1044.8
OBSERVATORIO		AVENIDA MANZANARES A- 5 - CUSCO					JORGE CHAVEZ CHACON								
PROMEDIO ANUAL		754.41				DESVIACION ESTANDAR ENEROS		65.86		Pro.Eneros=		178.5			
						DESVIACION ESTANDAR PROMEDIOS		142.57							

Figura N° 40 Histograma precipitaciones pluviales mensuales

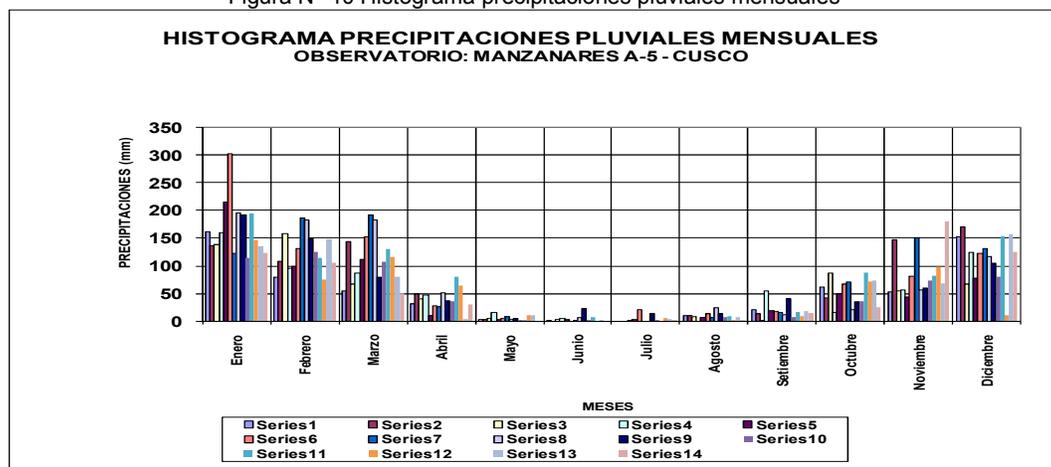
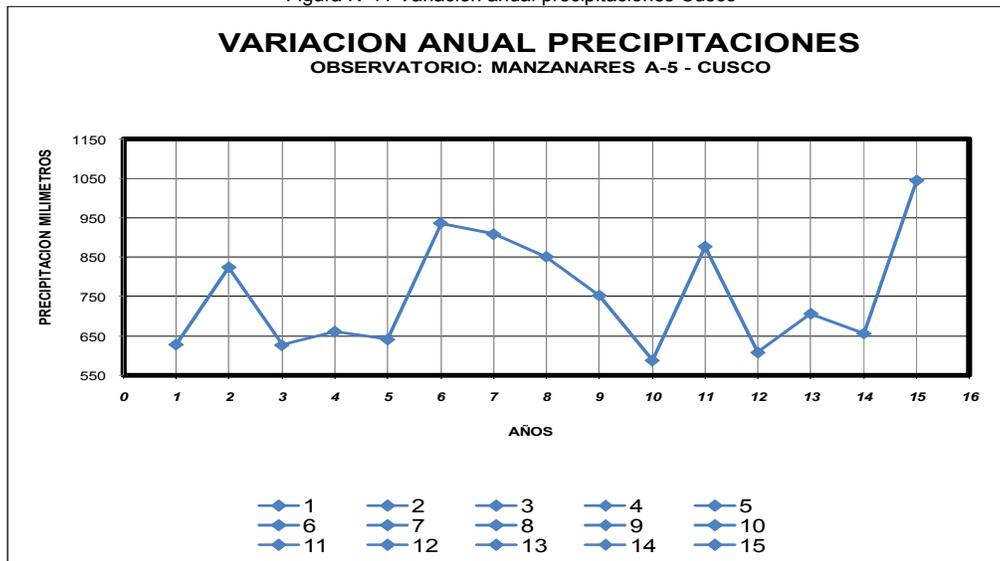


Figura N°41 Variación anual precipitaciones Cusco



6.4 OCURRENCIA MILENARIA ENERO 2010.

Dentro de los estudios de meteorología e hidrología, son sumamente importantes los registros históricos de varios años, por cierto para obtener algún valor estadístico significativo se debe contar con un mínimo de 10 años y cuanto mayor sea el horizonte en el tiempo, los resultados se ajustaran de mejor manera a una precisión mayor.

en el presente caso contamos con los registros meteorológicos de la estación privada, cuya dirección parece al inicio de la página, y contamos con ellos desde el año 2000, hasta el presente año 2010, en lo que van los meses de enero a marzo. Damos valor al presente año 2010, por cuanto de que las comparaciones se han desarrollado solamente para los meses de enero.

Los datos consignados corresponden únicamente al área de influencia en torno a la estación, sin embargo hay métodos que permiten extrapolar la información cuando las cuencas tiene similares comportamientos pluviales, tales como: temporadas de lluvia (diciembre a marzo), magnitudes similares de intensidades, colindancia de cuencas, altitudes próximas, entre otras, de tal modo que en base a las correlaciones entre los datos con dos variables, es posible encontrar valores que permitan ajustar los datos de una estación a otra cuenca, sin cometer errores groseros.

Es el caso de las cuencas del valle del cusco, con la cuenca vecina de Quesermayo, donde el valor de ajuste encontrado es el factor de corrección= 1,13 vale decir que los eventos en la cuenca de Quesermayo, son un 13% mayores con respecto a la cuenca del observatorio de la av. manzanares en la ciudad del cusco.

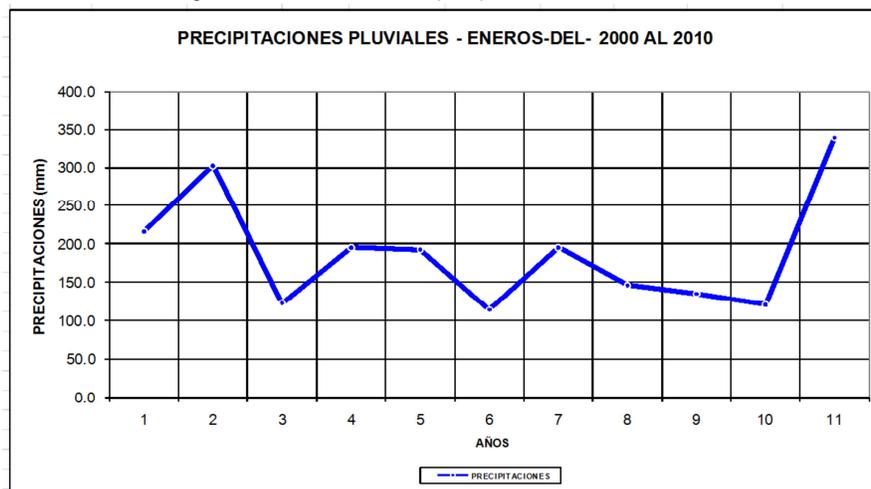
Los Cuadros que se adjuntan a las páginas siguientes muestran todos los datos de base que se han empleado para conseguir los resultados mostrados.



Cuadro N° 11 Cuadro de Información Meteorológica comparativo - enero

COMPARATIVO - PRECIPITACIONES PLUVIALES - ENEROS											
AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10
1	5.0	15.0	12.5	0.0	27.5	0.0	18.8	5.8	0.0	0.7	0.0
2	0.0	10.4	10.7	3.8	0.2	21.5	2.9	21.8	11.5	1.2	6.8
3	0.0	5.4	1.3	0.0	2.3	0.0	1.7	11.8	11.0	12.6	0.0
4	8.0	0.7	0.5	0.3	27.0	0.0	1.5	0.1	0.1	0.0	0.5
5	14.2	20.8	0.7	6.8	0.2	0.0	0.8	0.8	0.0	1.2	0.0
6	0.0	15.7	1.7	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	2.2
7	22.0	28.6	8.4	0.0	5.3	0.0	1.8	0.0	0.0	19.8	13.8
8	12.8	12.5	10.7	0.3	4.5	23.5	0.0	0.2	0.6	0.0	7.4
9	0.2	0.1	0.5	4.0	6.5	16.1	5.6	2.8	2.3	2.5	0.3
10	19.9	0.8	6.1	1.4	0.6	3.3	0.7	6.8	5.4	8.5	38.2
11	13.6	10.4	8.5	12.0	13.6	3.8	9.1	10.1	0.2	0.5	16.6
12	0.0	2.4	0.8	11.3	12.6	1.5	9.6	15.0	0.6	0.4	0.0
13	0.5	20.9	7.4	7.8	2.5	5.9	23.7	0.0	4.6	0.0	28.0
14	6.1	24.8	0.0	1.7	6.1	6.5	38.4	12.6	2.3	0.0	5.3
15	6.1	18.4	0.9	10.3	3.2	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	0.7
16	10.7	25.6	0.4	1.7	12.5	0.0	22.7	2.6	0.5	4.6	9.1
17	0.0	17.8	5.7	4.1	18.1	12.5	1.9	0.0	14.6	2.0	6.1
18	4.7	0.6	3.4	12.1	1.9	0.0	15.2	8.2	0.2	6.4	11.3
19	0.8	1.5	11.7	3.5	2.3	4.0	0.0	12.3	4.3	16.6	6.1
20	0.0	4.8	20.7	26.3	7.6	0.0	0.4	0.2	0.1	3.7	8.6
21	1.7	5.7	0.5	3.5	14.9	0.0	16.9	0.2	0.5	1.1	17.9
22	28.1	15.6	0.5	11.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.4	4.1	29.2
23	0.0	20.7	0.4	0.0	0.6	0.0	0.9	0.0	8.6	9.1	24.5
24	9.5	19.4	4.2	0.4	3.9	0.0	12.6	7.4	7.8	0.1	38.9
25	12.8	0.4	1.4	1.0	0.1	2.9	5.9	11.0	26.1	0.0	34.0
26	0.3	0.1	0.4	28.2	2.1	6.5	1.1	0.0	0.4	6.6	4.5
27	16.1	0.5	0.1	3.7	3.6	0.0	1.6	1.1	11.7	10.3	1.2
28	5.4	1.5	1.0	3.8	2.4	0.6	0.9	0.0	7.9	5.9	5.8
29	4.8	0.0	0.0	28.9	0.7	3.0	0.7	0.0	2.8	0.0	15.4
30	7.7	1.4	1.0	6.9	0.1	2.1	0.0	0.9	0.9	0.0	6.6
31	4.9	0.0	0.3	0.1	1.3	0.2	0.0	11.8	9.2	0.3	0.0
TOTAL	215.9	302.5	122.4	195.3	192.5	113.9	195.4	146.3	134.9	120.4	339.2
PRO MEDIO	7.0	9.8	3.9	6.3	6.2	3.7	6.3	4.7	4.4	3.9	10.9
MAX.	28.1	28.6	20.7	28.9	27.5	23.5	38.4	21.8	26.1	19.8	38.9
MIN.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOT. ANUAL	614.4	936.7	908.7	831	752.9	587.6	878.4	670.3	382		
RES. ENEROS											
MAX. ENE.	339.2	AÑO 2010	MAX. DIAR.	38.9	24-ene-10	PROM. MAX.	339.2	ene-10	11 DIAS EN ENERO-2010- EXTRA ORDINARIO		190.2
PROM. ENE.	189.0	11 AÑOS									

Figura N° 42 Variación anual precipitaciones varias estaciones





	<h1>Cap7</h1>	<h2>Hidrología</h2>
--	---------------	---------------------

En este capítulo se estudiarán las máximas avenidas probables, y los efectos que pueden causar en la población de Taray, por cierto con la utilización de la información meteorológica, desarrollada en el capítulo anterior teniendo en cuenta las consecuencias ocurridas por la riada del mes de febrero del presente año (2010), que sirve de base en el planteamiento de las soluciones propuestas a fin de mitigar los posibles daños a futuro.

7.1 DETERMINACION DEL PERÍODO DE RETORNO O RECURRENCIA:

Cuando se trata de establecer los periodos de retorno para los probables eventos futuros, que serán la base de los diseños de obras para la protección y defensa, se presentan difíciles alternativas para determinar la magnitud de sus obras dentro de un margen de seguridad, el mismo que siempre es muy relativo, respecto a las dimensiones y proyecciones de este frente a la ocurrencia de algún evento.

De modo tal que si la obra es pequeña, debió haber sido más grande, y si la obra es grande debió haber sido más pequeña, es este un hecho real, pero es el caso que se debe fijar la magnitud de la Obra, de acuerdo a factores técnicos, económicos y sociales.

7.1.1 Probabilidad para el periodo de retorno o recurrencia (Tr):

En el caso presente se deben considerar los siguientes parámetros:

a.- Riesgo de falla de las estructuras (J): Se determina en porcentaje y sus valores deben estar comprendidos dentro de los siguientes criterios:

Si las obras al fallar pueden causar únicamente la pérdida de las mismas, además de otros tales como pequeñas parcelas cultivadas etc.

$$J = (\text{ENTRE } 50 \text{ Y } 25 \%)$$

Si al fallar las obras causan pérdidas mayores además de las obras mismas, desplome de viviendas, campos de cultivo etc.

$$J = (\text{ENTRE } 25 \text{ Y } 05\%)$$

Si al fallar las obras ponen en riesgo la vida de personas:

$$J = (\text{ENTRE } 05 \text{ Y } 02\%)$$

Otra manera de expresar un equivalente al riesgo de falla, es el concepto de seguridad de las obras, que no son sino la diferencia entre el 100% menos el porcentaje del riesgo de falla, por ejemplo; si el riesgo de falla de una estructura es del 05%, la seguridad de obras será del 95%.

b.- Vida útil de las obras (n): Materia que se termina de acuerdo a la función que desempeñarán las obras, los materiales de las mismas y sus calidades.
n= (Pueden ser, 5, 10, 25, 50 años).

c.- Probabilidad de ocurrencia (P):

P= Incógnita esperada.

Fórmula Matemática:

$$J = (1-P)n$$

Y la determinación del período de retorno o recurrencia (Tr) del evento mayor se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$Tr = 1/P \text{ (Años).}$$

algunos autores prefieren colocar la fórmula en términos del porcentaje de seguridad, de las obras, en tal caso se asume el siguiente valor:

$$J = 1-(1-P)n$$

Donde el valor de de "J" representa el porcentaje de seguridad de obras.

El periodo de retorno (Tr) se refiere a la ocurrencia de la probabilidad de que un evento sea igualado o superado (una avenida, una lluvia o la crecida del caudal de un río) dentro de un determinado período de tiempo, también denominado como recurrencia del evento mayor, por lo general los valores del tr , están comprendidos para períodos de 1, 10, 25, 50, 100, 500, y 1000 años.

7.2 SELECCIÓN DE PRECIPITACIONES PLUVIALES POR TIEMPOS DE DURACIÓN:

Es importante considerar una selección de las precipitaciones pluviales de acuerdo a los tiempos de duración de los meteoros, la razón de ello está relacionada con los tiempos de concentración, que se define como: la cantidad de tiempo que transcurre en el recorrido de las aguas, desde el inicio de la lluvia sobre una cuenca, desde el punto hidráulicamente más alto (abra) hasta el momento en que la reunión de todas las aguas, cuando llegan al punto de interés, vale decir el tiempo en demoran en recorrer las aguas, desde el punto hidráulicamente más elevado al punto de interés, pues se supone que en ese tiempo se han reunido en el lugar de la descarga, punto de interés, la totalidad de aguas de la lluvia que caen sobre la cuenca, estos tiempos quedan determinados por las características propias de las cuencas hidrográficas, como son : el área de la cuenca, las pendientes de la misma, la longitud del cauce principal entre otros.

Lo antedicho, se puede explicar del modo siguiente, si una cuenca tiene tales dimensiones a través de las cuales se determina que las aguas se reúnen en 30 minutos, habrá que seleccionar aquellas lluvias con tiempos de duración comprendidos entre el 80% y el 120% de duración y que en el caso particular estarán comprendidas las lluvias con duraciones entre los 24 minutos y los 36 minutos.

Para la determinación del tiempo de concentración (T_c), hay un gran número de expresiones matemáticas, todas ellas son fórmulas empíricas, ensayadas en diversos lugares y adaptables a las cuencas para las cuales han sido formuladas, de todo ese conjunto de fórmulas, y por la experiencia en el desarrollo de diversos proyectos así como las medidas directas en cuencas pequeñas de nuestro país, como experiencias del laboratorio de hidráulica de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC, se ha encontrado que la fórmula que da mejores resultados es la propuesta por SNYDER a lo que se suma la sencillez de su aplicación:

$$T_c = Ct(L * L_c)^{0.3}$$

Donde:

T_c = Tiempo de Concentración (horas)

C_t = Coeficiente que varía entre 1,35 a 1,65 dependiente de la pendiente de la superficie de la Cuenca, con valores más bajos para las escorrentías más rápidas y los valores más altos a aquellas que tienen velocidades de flujo más lentas. A dimensional

L = Longitud del cauce principal de la Cuenca. (km)

L_c = Longitud tomada desde el centroide de la cuenca en una proyección perpendicular al cauce en ese punto y desde allí hasta el punto de interés de la cuenca. (km) 0.3; Exponente experimental.

Dentro de este concepto se han reunido un total de 40 precipitaciones pluviales con duraciones comprendidas entre 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 60 minutos, por cierto que se ha reducido una las variables, el tiempo a minutos, quedando como una sola variable que es la cantidad en milímetros.

El cuadro siguiente muestra los valores correspondientes a una longitud de registro de 15 años, (1970 a 1985) de la Estación meteorológica del SENAHU ubicada en la Granja Kayra

Cuadro N° 12 lluvias puntuales registradas de 1970 - 1985

LLUVIAS PUNTUALES REGISTRADAS de 1970 a 1985								
ESTACION KAYRA CO-607 - ALT- 3219 msnm.								
INTEN	(mm/hora)		(mm/Tn)	(Tn; tiempo Correspondiente a la duración del METEORO)				
N°	T=05 min	T=10 min	T=15 min.	T=20 min.	T=25 min.	T= 30 min.	T= 60 min.	OBSERVACIONES
P-001	1.7	2.0	2.7	2.7	9.0	6.4	13.2	
P-002	4.7	7.3	4.7	3.3	4.5	12.5	8.3	
P-003	1.5	2.5	5.9	4.6	9.0	10.6	5.7	
P-004	5.0	6.5	4.8	5.9	4.5	11.5	6.5	
P-005	3.7	5.0	5.3	4.6	9.8	22.4	6.4	
P-006	1.5	2.0	2.8	5.9	9.2	7.5	7.9	
P-007	5.0	2.1	5.7	5.3	5.4	8.3	7.1	
P-008	1.0	1.0	5.2	2.6	5.1	14.4	16.5	
P-009	2.0	4.0	1.3	6.1	10.6	7.6	5.5	
P-010	2.0	4.0	4.8	2.6	5.7	15.6	7.4	
P-011	3.0	3.7	5.2	6.1	4.6	6.3	11.4	
P-012	4.1	3.8	4.0	3.3	4.3	7.0	7.3	
P-013	3.0	7.3	3.5	3.0	11.5	21.6	6.7	
P-014	4.8	4.2	5.0	4.5	4.4	13.8	6.6	
P-015	4.0	3.4	3.0	4.4	5.0	10.8	5.9	
P-016	4.5	9.0	1.1	4.7	7.4	10.0	5.6	
P-017	4.1	4.9	3.0	5.2	6.1	7.2	10.6	
P-018	3.6	2.9	1.8	7.4	5.9	7.5	7.2	
P-019	4.8	5.1	7.8	3.1	10.8	11.5	5.9	
P-020	4.0	4.0	8.1	4.6	4.6	9.6	8.2	
P-021		2.5	3.3	3.7	10.0		8.9	
P-022		4.6	3.0	4.1	4.1		5.6	
P-023		3.0	9.0				6.4	
P-024		2.7	1.8				6.0	
P-025		2.5	9.0				6.5	
P-026			6.0				5.9	
P-027			8.0				6.4	
P-028							8.9	
P-029							5.8	
P-030							7.0	
P-031							6.8	
P-032							5.6	
P-033							8.5	
P-034							6.1	
P-035							13.2	
P-036							13.3	
P-037							6.0	
P-038							6.3	
P-039							12.1	
P-040							5.7	
SUMA	68.0	100.0	125.8	97.7	151.5	222.3	311.0	
PROM	3.40	4.00	4.66	4.44	6.89	11.12	7.78	
DES.E	1.34	1.92	2.28	1.32	2.56	4.62	2.67	

7.2.1 Extrapolación de lluvias en el tiempo

Para cada duración de meteoro, se desarrolla una EXTRAPOLACIÓN de magnitudes para períodos de tiempo que van desde los 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500 y hasta 1000 años, para ello se utiliza el método de los VALORES EXTREMOS DE GUMBEL, los mismos que además de ser sencillos, permiten encontrar valores reales validados con los resultados de la medición de eventos reales.

La expresión matemática de los valores extremos de Gumbel es la siguiente:

$$PTR = N + 1/\sigma * LnT$$

Donde:

$$N = x - 0,45005 * \sigma^{n-1}$$

$$Y = 1/\sigma = 6 * \exp.0.5/n-1$$

Fórmulas en las que:

PTR = Precipitación proyectada para un tiempo de retorno "T"

N = Valor Nodal.

Ln = Logaritmo Natural del Tiempo de retorno "T" considerado.

σ^{n-1} = Desviación estándar del conjunto de precipitaciones seleccionadas.

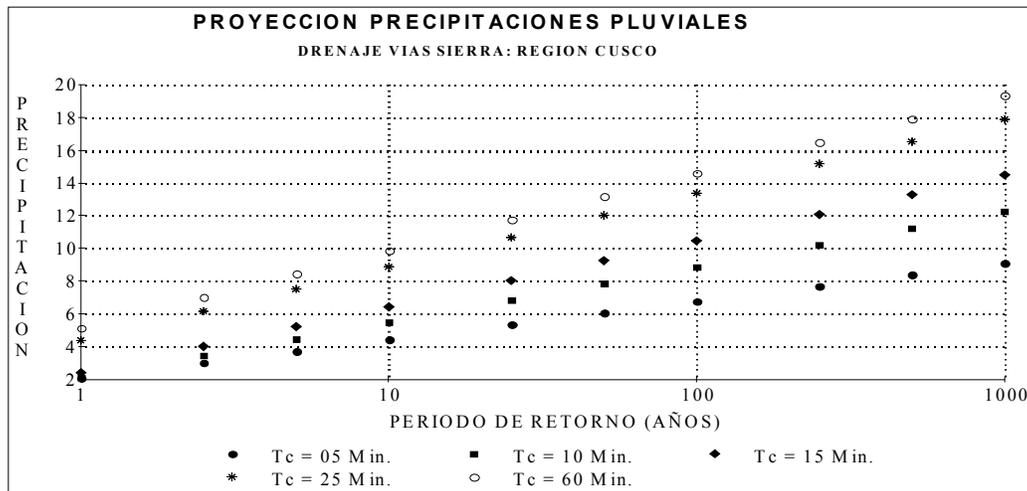
Es pertinente que la fórmula de los valores extremos de Gumbel es aplicable tanto a las precipitaciones pluviales seleccionadas, así como para a los caudales registrados en un río, siendo condición que los especímenes seleccionados sean como mínimo 10, con la aclaración de que números mayores de especímenes conducen a resultados más ajustados a la realidad.

A continuación se muestran los resultados de su aplicación para períodos de retorno o recurrencia, comprendidos entre 1 año y hasta 1000 años, todo ello para una altura de 3250 msnm, es decir correspondiente al observatorio de Kayra, para utilizar estos valores en otros lugares con estaciones contrastables, será pertinente adecuarlos los valores probables con sus respectivos coeficientes o factores de corrección, por altura.

Sin embargo en el caso presente, al ser dos cuencas aledañas, una al lado de la otra, de una parte, y de otra con características muy similares, caso de una altura promedio en la cuenca, 3300 msnm. Presentando una orografía común en su colindancia y muy similares en sus desarrollos norte para Quesermayo, valle sagrado de los incas, y sur para el Huatanay, sector de la cadena formada por el cerro Huanacauri.

Finalmente las condiciones de clima y microclima son muy similares y por lo tanto son también similares sus eventos climatológicos.

Figura N° 43 Proyección precipitaciones pluviales



Se anotan como ejemplos dos casos para los valores extremos de duración de lluvias; en primer término considerar una duración de 5 minutos, considerando un período de retorno de 10 años, la precipitación probable será de 4,3 mm, en cambio si se considera para el mismo tiempo, un período de retorno de 100 años, la precipitación probable será de 6,5 mm. Otro ejemplo que se muestra es el caso de una lluvia con duración de 60 minutos; en este caso la lluvia probable para un período de retorno de 10 años será de 9,5 mm, y para un período de retorno de 100 años, tendrá un valor probable de 14,80 mm. el gráfico anterior fue aplicado al diseño de drenaje de vías en la zona de estudio y es perfectamente aplicable al presente estudio, en vista que el diagrama de doble masa, se incluye a la estación de Urcos.

A continuación se presenta el cuadro N° 15, en el cual se han reunido 27 precipitaciones con duraciones que van desde lo 5,0 horas y hasta las 8,5 horas de duración para una longitud de registro que está comprendida entre el 10 de abril de 1970 y hasta el 3 de diciembre de 1984, siendo el número total de eventos de 27 oportunidades.

Es de anotar que se utiliza ese cuadro a partir de cuyos resultados será posible aplicarlos a la cuenca del Quesermayo, dado a que se conoce que el tiempo de concentración de las aguas, es de 6 horas.

Cuadro N° 13 Precipitaciones Pluviales

		PRECIPITACIONES		PLUVIALES			
		DURACION EN HORAS		5.5 á 6.5			
		FUENTE.		SENAMHI			
ESTACION:		KAYRA	LATITUD:	13°34'	DPTO:	CUSCO	
TIPO:		CP	LONGITUD:	71°51'	PROV.:	CUSCO	
CODIGO:		1006	ALTITUD:	3219	DIST:	SAN JERONIMO	
N°	FECHA	HOR.INICIO	HOR.FIN	TOT.HRS.	TOT. (mm)	INTENSIDAD	OBSERVACION
1	10/04/1970			6.50	9.20	1.42	
2	11/01/1971			5.90	23.40	3.97	
3	29/03/1971			5.00	9.60	1.92	
4	18/12/1971			6.08	29.80	4.90	
5	08/01/1972			8.08	35.60	4.41	
6	06/02/1972			6.58	21.10	3.21	
7	16/03/1973			6.08	17.70	2.91	
8	18/03/1973			5.67	14.70	2.59	
9	09/04/1973			5.00	11.20	2.24	
10	19/11/1973			5.00	14.70	2.94	
11	27/12/1973			8.50	14.40	1.69	
12	21/12/1974			5.75	19.30	3.36	
13	01/02/1975			6.75	14.00	2.07	
14	05/02/1975			6.00	11.50	1.92	
15	06/03/1975			5.67	17.40	3.07	
16	15/12/1975			6.42	14.20	2.21	
17	30/12/1975			6.17	13.30	2.16	
18	03/01/1977			6.25	31.00	4.96	MAXIMA
19	13/01/1981			5.42	18.20	3.36	
20	12/01/1981			5.92	22.80	3.85	
21	25/01/1981			5.33	14.90	2.80	
22	22/04/1981			5.75	19.60	3.41	
23	30/10/1981			6.58	24.50	3.72	
24	01/02/1982			5.83	5.30	0.91	MINIMA
25	03/01/1984			5.25	17.80	3.39	
26	04/04/1984			5.33	25.00	4.69	
27	03/12/1984			6.42	18.50	2.88	
RESULTADOS:							
N° DATOS:				27	27	27	
PROMEDIO:				6.045	18.100	2.998	
DESVIACIÓN ESTANDAR:				0.824	6.990	1.057	
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN : INGS. V.M.CHAVEZ G. Y U.ROMERO R.							

7.3 DETERMINACIÓN DE LAS MAXIMAS AVENIDAS:

Para ello se dispone de una hoja de cálculo, diseñada para determinar las máximas avenidas de cualesquiera cuencas hidrográficas, a cuyo efecto debe disponerse de una información básica y a la vez específica, conteniendo información de los parámetros tales como: Precipitación anual Promedio. Máximas precipitaciones pluviales proyectadas, características de la Cuenca materia de estudio, tal como "L" longitud del cauce," Lc", longitud tomada desde la línea formada a partir del Centroides de la figura de la cuenca y hasta la unión con el cauce principal, y desde ese punto hasta el punto de interés, cotas del punto más alto de la cuenca y cota del punto de interés, área de la cuenca, determinación de los períodos de recurrencia o de las precipitaciones, entre otros.

En el presente estudio se han seleccionado las cuencas de:

QUESERMAYO. (Total).

Tributario río Kallarayan. Causo en su unión con el río Quesermayo, el desborde de ambos a la Vía Asfaltada Cusco-Pisac (a la altura del Km, 20) días 25 al 28 de febrero del año 2010. Se ha registrado una nueva avenida, el día: 28 de diciembre del 2010.

Tributario Huncalle. Presenta la probabilidad de un deslizamiento, a cuyo efecto es pertinente conocer la magnitud de la máxima avenida.

7.3.1 Caudal base del río Quesermayo

Los registros que se utilizan para el presente estudio Durante el mes de julio del año 1963, mediante un vertedor triangular de 900, que atravesó el río en una sección de control, que cumplía con las condiciones adecuadas, tales como recorrido de las aguas en el cauce, aguas arriba de forma uniforme en cuanto a la pendiente de fondo y con una sección uniforme, el resultado del aforo promedio fue:

$$Q = 213.00 \text{ l/s. } \text{ ó } Q = 0.213 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Este valor es el caudal base o caudal mínimo en épocas de estiaje, y que fue el caudal de diseño para la central hidroeléctrica proyectada. de la misma manara se considera al mismo como "base" para el diseño del hidrograma unitario.

Figura N° 44 Vertedor triangular de 90°



7.3.2 Determinación del periodo de recurrencia (Tr)

Como se analizó líneas adelante los factores determinantes para seleccionar un período de recurrencia, se toma en cuenta de que la máxima avenida, registradas; una de ellas en el mes de enero del año 2010, y la otra que fue de mayor gravedad se registró en el mes de febrero del año 2010, habiendo ésta última causado varias víctimas en el pueblo de taray, al desplomarse sus viviendas a consecuencia de la inundación que comprendió el íntegro de la población.

En la fórmula propuesta para el cálculo de la PROBABILIDAD (P) es la siguiente:

$$J = (1-P)n$$

Y para el Período de Retorno (Tr):

$$Tr = 1/P \text{ (Años).}$$

De tal modo que aplicando un RIESGO DE FALLA del canal de encausamiento de 98 %, y otorgándole una VIDA ÚTIL a las estructuras de 20 años, se tiene el siguiente resultado.

$$J = 1.00962533 \quad \text{y} \quad Tr = 990.466 \text{ años}$$

Finalmente se adopta como periodo de retorno: Tr= 1000 Años.

7.3.3 Selección del tiempo de concentración

Para seleccionar los grupos de precipitaciones por tiempos de duración el procedimiento consiste en calcular previamente el tiempo de concentración, como se tiene ampliamente explicado líneas atrás, se logra en cada caso utilizando la fórmula de SNYDER, y sus valores numéricos están incluidos en las hojas de cálculos correspondientes.

7.3.4 Proyecciones en el tiempo de los grupos de precipitaciones pluviales

De acuerdo a los tiempos de concentración, como se tiene dicho anteriormente se han seleccionado las precipitaciones pluviales ocurridas dentro de los parámetros de tiempo correspondientes. para la cuenca del Quesermayo se han seleccionado las precipitaciones pluviales comprendidas entre las 4,8 a 7,2 horas, duración, y en forma parcial para las cuencas tributarias de Huancalle y kallarayan, se han seleccionado las que están dentro del rango de 3,5 a 4,5 horas. el método de los valores extremos de Gumbel, para los cálculos pertinentes.

7.3.5 Análisis de la máxima avenida en la cuenca del río Quesermayo

De acuerdo a los registros de precipitaciones pluviales, que han ocurrido dese el mes de enero del presente año (2010), y estableciendo los efectos con las proyecciones efectuadas en varios proyectos desarrollados por el autor, tanto en la cuenca del Quesermayo, al haber diseñado la parte hidrológica del puente colgante para taray sobre el río Vilcanota, y el diseño de obras de defensa riveraña sobre el mismo rio a la altura de la población de taray, se determinó que la avenida máxima milenaria para el indicado río fue de un gasto.

$$Q = 1058.00 \text{ m}^3/\text{S.}$$

El caso es que el hidrógrafo, instalado en la población de Pisac, exactamente junto al Estribo del Puente colapsado por la crecida del río, en la margen derecha del río

Vilcanota aguas abajo, al momento de desplomarse y ser arrasado, registró un caudal $Q = 1090 \text{ m}^3/\text{s}$.

Este último registro confirma adecuadamente los valores de los caudales milenarios calculados para las obras diseñadas anteriormente, es por esa razón que a ciencia cierta se puede asegurar que los eventos registrados en el presente año (2010) corresponden a un periodo de retorno milenario ($t_r = 1000$ años), cifra realmente extraordinaria y que servirá de base para el diseño de las obras de prevención y defensa riverañía en la población de Taray.

Figura N°45 Pueblo de Taray,



Nótese que el cauce del río Quesermayo, se encuentra pegado al cerro en la margen izquierda, plantea la idea de desarrollar un canal- cauce para el río, a partir de una avenida milenaria.

Se puede apreciar que aún no se habían desarrollado las tareas de encauzamiento del río Vilcanota, en el sector de aguas abajo del encuentro con el río Quesermayo, razón por la cual el Vilcanota aparece meándrico y trenzado, hecho que se puede constatar con la comparación de la fotografía anterior titula pueblo de Taray.

El encauzamiento además de ampliar las áreas seguras para los cultivos, se constituye naturalmente en elemento de efectiva protección a las riveras, tanto campos de cultivo, cuanto la Vía asfaltada, que va por la margen derecha, por cierto que se practica con regularidad la descolmatación del lecho, extrayendo los materiales depositados e industrializándolos, pues constituyen una vez "chancados" en agregados de buena calidad para las obras de concreto simple y concreto armado, en el valle sagrado de los incas y en la misma ciudad del Cusco, el caso constituye un buen ejemplo de que los materiales extraídos por la descolmatación de los cauces, pueden ser transformados y comercializados ventajosamente.

7.3.6 Descripción de las riadas ocurridas en la cuenca del río Quesermayo

Extraordinariamente durante el presente año del 2010, han ocurrido una serie de precipitaciones pluviales muy elevadas y a juzgar por los caudales generados y comparados con los registros recogidos de las observaciones de campo, tal el caso del limnigrafo, de SENAMHI instalado a un castado del puente de Pisac, tuvo como su último registro, antes de desplomarse, un caudal $q=1090 \text{ m}^3/\text{s}$. para el río Vilcanota, y en cálculos de años anteriores, como se demostrará , determinamos que el caudal milenario del río Vilcanota, en el puente de Pisac, sería de un $q = 1058,00 \text{ m}^3/\text{s}$. con un error de apenas 2,35 %.

Este hecho de manera fehaciente VALIDA, las teorías y cálculos empleados, así como las expresiones matemáticas utilizadas, por tanto nuestras proyecciones y valores resultantes cuentan con el aval técnico científico, más que suficientes para ser consideradas y aceptadas como reales.

Durante el presente año del año 2010, como consecuencia d de las máximas precipitaciones pluviales, se han registrado varios acontecimientos, entre los principales se anotan los siguientes

7.3.7 Santuario animal De Ccochahuasi

Ubicado a la altura del Km 22, de la vía asfaltada Cusco-Pisac: Se tomaron los datos en el terreno del la sección considerada adecuada y critica, de la forma y pendientes uniformes del cauce, en un tramo de alrededor de 30 m y la posibilidad de poder marcar y medir con precisión las marcas dejadas por la máxima riada, permitieron determinar el caudal del río Quesermayo en ese lugar.

Figura N°46 Afectación en el zona de Ccochahuasi



En esta sección se calculo un caudal producto de las señas y la velocidad que llego a $63,87 \text{ m}^3/\text{s}$

En estas instalaciones se produjeron varias riadas durante los meses de enero, febrero y marzo, en cada oportunidad se perdieron pequeños pontones de madera, los mismo que a cada mes fueron arrasados por las crecidas del Río Quesermayo, en tres ocasiones fueron repuestos, cada vez más altos y con mejores defensas en sus



estribos. Luego de la última riada, ya en el mes de junio dentro de las obras de su restauración se han construido dos pontones con estribos de concreto ciclópeo y con una mayor altura sobre el cauce del río, para permitir el paso de un Caudal $Q= 80,00 \text{ m}^3/\text{s}$. que puede ser el caudal de una nueva riada igual o superior a la milenaria calculada para la cuenca.

Las fotografías mostradas, constituyen un documento comparativo muy útil y elocuente de la magnitud de las ocurrencias durante el presente año, vale el dicho: “una imagen, vale más de mil palabras.

7.3.8 Desborde del río kallarayan

Durante los últimos días del mes de febrero, se registraron una serie continua de precipitaciones pluviales en la cuenca del Quesermayo, y con mayor incidencia en la cuenca tributaria del río kallarayan, denominación que se le otorga por estar comprendido dentro de la comunidad campesina que lleva ese nombre. Resumen de las precipitaciones pluviales puntuales mes de febrero del 2010:

Cuadro N° 14 calendarios con anotación de precipitaciones medidas en mm/día

Febrero 2010						
DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA
	1 - 0.7	2-0.0	3 - 0.0	4 - 13.2	5 - 7.1	6 - 4.7
7 -0.1	8-12.5	9-0.2	10 - 3.9	11 - 3.2	12 - 2.0	13 - 1.0
14 - 6.2	15-0.0	16-2.6	17 - 0.4	18 - 1.7	19 - 15.6	20 - 22.8
21 - 22.4	22-1.0	23-8.9	24 - 0.2	25 - 0.0	26 - 7.3	27 - 25.0
28 - 31.4	Marz-1 14.1					

Observatorio privado av. manzanares a-5 urb. m. prado – cusco

Causas de los Desbordes:

las precipitaciones pluviales acumuladas en la cuenca tributaria del Quesermayo, se presentan de manera significativa, en primer término entre los días: 19, 20 y 21 con un total de 60.8 l/m^2 . En tan solo tres días, sin embargo tal concentración de lluvias no llega a desbordar al río Kallarayan en su encuentro con el Río principal Quesermayo.

Luego de cinco días, es decir entre el 26 de febrero al 01 de marzo, se registran otro conjunto de lluvias muy intensas con pico el día 28 de febrero y con un total de; 31.4 l/m^2 , fecha en que ocurre un gran desborde en la unión del río Quesermayo y su tributario el río Quesermayo, llegando a fluir las aguas sobre la vía asfaltada Cusco – Pisac a la altura del Km 20 +500, frente al caserío de Ccochahuasi, el total de lluvias acumuladas en esos cuatro días alcanza la cifra de; 77.8 l/m^2 , con registro del meteoro en toda el área de la cuenca, vale decir en la principal Quesermayo y en su tributario, el río Kallarayan.

De otro lado se determinaron mediante hojas de cálculo que se acompañan, los caudales milenarios, correspondiendo al río tributario de Kallarayan, un valor que es el siguiente:

$Q_{kalla}=24,927 \text{ m}^3/\text{s}$

Al momento de estar redactando el presente informe (30 de diciembre del 2010) se tiene informe de la zona que en horas de la noche el día 27, y hasta la madrugada del 29 de los corrientes, se ha producido otra riada como consecuencia de la precipitación pluvial registrada los últimos días y cuyo detalle es el siguiente:

DIC. 2010 - DIA	23	24	25	26	27	28	29
PRECIPITACION (l/m2)	9.8	2.4	4.7	36.5	9.7	9.1	4.2

Como se desprende del Registro de lluvias, desde el día 23 y hasta el día de la riada, se suma un total de 53.40 l/m^2 , cifra extraordinaria, que si bien no ha llegado a desbordar en el encuentro con el río principal Quesermayo, al no haberse registrado la misma intensidad de lluvia en toda la cuenca, con una concentración de precipitaciones en la cuenca del Kallarayan.

Figura N°47 Generación de caudales del río Kallarayan

GENERACION DE CAUDALES

HOJA N° 01

KALLARAYAN-QUESERMAYO-TARAY

ING. V.M.CHAVEZ G./ U.ROMERO R.

1.00.00 DETERMINACION DEL "TIEMPO DE CONCENTRACION"

DEFINICIÓN: Tiempo que transcurre desde el inicio del meteoro y hasta la reunión de todas las aguas caídas simultáneamente dentro de la CUENCA estudiada. Es comparable al tiempo que demora en recorrer una gota de agua, desde el PUNTO HIDRÁULICAMENTE MAS ALTO, hasta el PUNTO DE INTERES. Tratándose de una intensidad constante para la lluvia a partir de ese momento se REGISTRARÁ el MÁXIMO CAUDAL.

FORMULA DE SNAYDER: (Tc) en horas:

$$Tc = Cc(L * Lc)^{0.3}$$

Donde: Cc; Coeficiente (De 1.35 a 1.65)
L; Longitud del cauce principal (km)
Lc; Longitud desde el Centro de Gravedad del perfil de la cuenca.

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
DATOS	L(km)	Lc(km)
CUENCA	6.25	3.67
$Tc = Cc(L * Lc)^{0.3}$		
Tc(Horas)= 3.455		
Tc(min)= 207		

SELECCIONAR E INTRODUCIR EN FORMULA		
Cc= 1.35	CLASE 1	FUERTE PENDIENTE
1.40	CLASE 2	
1.45	CLASE 3	
1.50	CLASE 4	PENDIENTE MEDIA
1.55	CLASE 5	
1.60	CLASE 6	
1.65	CLASE 7	LLANO



CUENCA KALLARAYAN

2.00.00 SELECCIÓN DE LA LLUVIA ADECUADA:
El TIEMPO DE CONCENTRACIÓN CALCULADO, SIRVE PARA SELECCIONAR TODAS LAS LLUVIAS, DENTRO DEL REGISTRO HISTÓRICO TRATADO, CON DURACIONES COMPRENDIDAS ENTRE EL 80% Y EL 120% DEL Tc
EN EL CASO DEL EJEMPLO SE SELECCIONARON TODAS LAS LLUVIAS CON DURACIONES COMPRENDIDAS ENTRE LAS 3.5 y 4.5 h. LA ESTACIÓN BASE SELECCIONADA FUE "UNSAAC-PERAYOC" POR SER LA ÚNICA CON REGISTROS HORARIOS (PLUVIOGRAFO) Y LUEGO SE PROCEDIÓ A EXTRAPOLAR LOS DATOS AL LUGAR DE INTERÉS. ESTACIONES Y LUGARES CONTRASTABLES. CONOCIDOS: EL NÚMERO DE MUESTRAS Y SUS VALORES, SE DETERMINARON LA DESVIACIÓN ESTANDAR Y EL PROMEDIO. MEDIANTE LA "DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL" SE PROYECTARON LAS INTENSIDADES PARA RETORNOS (Tr) DE 05, 10, 25, 50, 100, AÑOS, COMO SE APRECIA EN EL CUADRO SIGUIENTE:

PRECIPITACION PLUVIAL PROYECTADA (INTENSIDADES)						
PTR/AÑOS	5	10	25	50	100	1000
mm/hora	3.71	4.4	5.3	5.98	6.67	8.93

3.00.00 CALCULO DEL "COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA-Cc.Esc." - DATOS DE LA CUENCA.

PARA EL CALCULO DEL "Co.Esc." son necesarios los datos generales de la cuenca:

DATOS	H.MAXI	H.MIN	DIST	TEMPE.	PREC.PROM	AREA(Ha)
CUENCA	4075	3525	6250	5	780	710

PENDIENTE DEL CAUSE PRINCIPAL DE LA CUENCA (S=HMAX-H.MIN./DIST.)

S= 0.088

HOJA N° 02

PARA EL CALCULO DEL **COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA**, O DICHO DE OTRA MANERA " LA PARTE DE LA LLUVIA QUE LLEGA A FLUIR POR LA SUPERFICIE, YA SEA DE LAS CUENCAS PRINCIPALES O LAS CUENCAS TRIBUTARIAS", SE UTILIZA CON MUCHA VENTAJA LA FORMULA DE JUSTIN, DADO A QUE INTERVIENEN EN SU COMPOSICIÓN CASI TODOS LOS FACTORES PROPIOS DE HOYA, TALES COMO: LA **PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Smc)**, LA **TEMPERATURA MEDIA**, Y EL **PROMEDIO DE LLUVIAS ANUALES**

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Smc):

$$Smc = (H.MAX-HMIN) / (AREA DE LA CUENCA)^{1/2}$$

Smc= 0.206

APLICACIÓN DE LA FORMULA DE "JUSTIN":

$$Fe = 0.183 * Smc^{(0.155)} * (R^2) / (160 + T)$$

Fe= 528.37

Co.Esc= (Fe/R)

Co.Esc.= 0.677

Smc; PENDIENTE CUENCA

R; PROMD. DE LLUVIA ANUAL

T; TEMPERATURA MEDIA (°C)

NOTA COLORES DE ENTRADA

INTRODUCE DATOS

SELEC. E INTROD. EN FORMULA

RECIBE RESPUESTA

4.00.00 CLACULO DEL CAUDAL PROBABLE PARA UN RETORNO DE 50 AÑOS

SE RESUELVE APLICANDO LA FORMULA DE "MAC MATH"

$$Q = 2.3 * Ce * A^{(4/5)} * (s^{0.5}) * PTR / 1000$$

Q Caudal(m3/s.) **Ce** **A**(Has) **S**(Miles) **PTR** (INTENSIDAD DE LA LLUVIA PARA **TR** DE 1000 AÑOS)

Q= 24.927 m3/s.

MAXIMO CAUDAL CINCUENTENARIO PROBABLE

KALLARAYAN



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN : "CALCULOS COMPUTARIZADOS EN INGENIERIA"-ING.V.M. CHAVEZ G. e ING. U.ROMERO R.

7.3.9 Río Huancalle:

Otro escenario crítico se presenta en el encuentro del Río principal Quesermayo, con su tributario formado en la cuenca de Huancalle – Huatta, en este caso el Riesgo se presenta por la presencia de una falla geológica, la misma que se viene deslizando de pequeñas porciones, par el caso de un deslizamiento mayor, se han desarrollado los correspondientes estudios geológicos, donde se marcan los efectos mayores que podría causar un deslizamiento de mayores proporciones, el mismo que llegaría a represar la aguas de río en ese punto al interior del cauce que está conformado por una profunda quebrada y a una distancia de 2100 m a la cabecera de la población de TARAY, y con una fuerte pendiente que marca la ,diferencia de alturas entre los puntos y que es de: 292 m, y por tanto:

$$S=0.1390 \text{ (P=13.90 \%)}$$

Pendiente realmente alta para la quebrada y con una conformación en "V", la misma que sería favorable ante la contingencia de producirse un deslizamiento con embalsamiento del las aguas del río Quesermayo, dado que la probable represa a que se formaría no tendría una larga duración, en otros términos el desembalse se produciría sería en poco tiempo.

El caudal milenario para la cuenca de Huancalle es de:
Qhuancall= 21.60 m³/s.

Figura N°48 Generación de caudales del río Huancalle

GENERACION DE CAUDALES

HOJA N° 01

CUENCA DEL HUANCALLE- TARAY

ING. V.M.CHAVEZ G. CIP. N° 14992

1.00.0 DETERMINACION DEL "TIEMPO DE CONCENTRACION" 18-dic-10

DEFINICIÓN: Tiempo que transcurre desde el inicio del meteoro y hasta la reunión de todas las aguas caídas simultáneamente dentro de la CUENCA estudiada.
Es comparable al tiempo que demora en recorrer una gota de agua, desde el PUNTO HIDRÁULICAMENTE MAS ALTO, hasta el PUNTO DE INTERES.
Tratándose de una intensidad constante para la lluvia a partir de ese momento se REGISTRARÁ el MÁXIMO CAUDAL.
FORMULA DE SNAYDER: (Tc) en horas:

$$Tc = Cc(L+Lc)^{0.3}$$

Donde: Cc; Coeficiente (De 1.35 a 1.65)
L; Longitud del cauce principal (km)
Lc; Longitud desde el Centro de Gravedad del perfil de la cuenca.

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
DATOS	L(km)	Lc(km)
CUENCA	5.65	3.89
$Tc = Cc(L+Lc)^{0.3}$		
Tc(Horas)= 3.411		
Tc(min)= 205		

SELECCIONAR E INTRODUCIR EN FORMULA		
Cc= 1.35	CLASE 1	FUERTE PENDIENTE
1.40	CLASE 2	
1.45	CLASE 3	
1.50	CLASE 4	PENDIENTE MEDIA
1.55	CLASE 5	
1.60	CLASE 6	
1.65	CLASE 7	LLANO

CUENCA RIO HUANCALLE - TARAY- ZONA CRITICA

2.00.0 SELECCIÓN DE LA LLUVIA ADECUADA:
EI TIEMPO DE CONCENTRACIÓN CALCULADO, SIRVE PARA SELECCIONAR TODAS LAS LLUVIAS, DENTRO DEL REGISTRO HISTÓRICO TRATADO, CON DURACIONES COMPRENDIDAS ENTRE EL 80% Y EL 120% DEL Tc
EN EL CASO DEL EJEMPLO SE SELECCIONARON TODAS LAS LLUVIAS CON DURACIONES COMPRENDIDAS ENTRE LAS 3.5 Y 4.5 h.
LA ESTACIÓN BASE SELECCIONADA FUE "UNSAAC-PERAYOC" POR SER LA ÚNICA CON REGISTROS HORARIOS (PLUVIOGRAFO) Y LUEGO SE PROCEDIÓ A EXTRAPOLAR LOS DATOS AL LUGAR DE INTERÉS. ESTACIONES Y LUGARES CONTRASTABLES.
CONOCIDOS: EL NÚMERO DE MUESTRAS Y SUS VALORES, SE DETERMINARON LA DESVIACIÓN ESTANDAR Y EL PROMEDIO. MEDIANTE LA "DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL" SE PROYECTARON LAS INTENSIDADES PARA RETORNOS (Tr) DE 10,25,50, 100, 500 y 1000 AÑOS, COMO SE APRECIA EN EL CUADRO SIGUIENTE:

PRECIPITACION PLUVIAL PROYECTADA (INTENSIDADES)						
PTR/AÑOS	10	50	100	250	500	1000
mm/hora	4.4	5.3	6.67	7.57	8.25	8.93

PROYECCION GUMBEL

3.00.0 CALCULO DEL "COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA-Cc.Esc." - DATOS DE LA CUENCA.

PARA EL CALCULO DEL "Co.Esc." son necesarios los datos generales de la cuenca:

DATOS	H.MAXI	H.MIN	DIST	TEMPE.	PREC.PROM	AREA(Ha)
CUENCA	4075	3350	5650	5	820	690

PENDIENTE DEL CAUSE PRINCIPAL DE LA CUENCA (S=HMAX-H.MIN./DIST.)

AÑOS	PTR(mm)
1.0001	2.13
10	4.40
25	5.30
50	5.98
100	6.67
250	7.57
500	8.25
600	8.37
1000	8.93

S= 0.128319

HOJA N° 02

PARA EL CALCULO DEL **COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA**, O DICHO DE OTRA MANERA " LA PARTE DE LA LLUVIA QUE LLEGA A FLUIR POR LA SUPERFICIE, YA SEA DE LAS CUENCAS PRINCIPALES O LAS CUENCAS TRIBUTARIAS", SE UTILIZA CON MUCHA VENTAJA LA FORMULA DE JUSTIN, DADO A QUE INTERVIENEN EN SU COMPOSICIÓN CASI TODOS LOS FACTORES PROPIOS DE HOYA, TALES COMO: LA **PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Smc)**, LA **TEMPERATURA MEDIA**, Y EL **PROMEDIO DE LLUVIAS ANUALES**

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Smc):

$$Smc = (H.MAX - H.MIN) / (AREA DE LA CUENCA)^{1/2}$$

Smc = 0.276

APLICACIÓN DE LA FORMULA DE "JUSTIN":

$$Fe = 0.183 * Smc^{(0.155)} * (R^2) / (160 + T)$$

Fe = 408.42

$$Co.Esc = (Fe / R)$$

Co.Esc = 0.498

Smc; PENDIENTE CUENCA

R; PROMD. DE LLUVIA ANUAL

T°; TEMPERATURA MEDIA (°C)

NOTA COLORES DE ENTRADA

INTRODUCE DATOS

SELEC. E INTROD. EN FORMULA

RECIBE RESPUESTA

4.00.0 CALCULO DEL CAUDAL PROBABLE PARA UN RETORNO DE 1000 AÑOS (REGISTRADA EN ENERO DEL 2010)

SE RESUELVE APLICANDO LA FORMULA DE "MAC MATH"

$$Q = 2.3 * Ce * A^{(4/5)} * (s^{0.5}) * PTR / 1000$$

Q Caudal(m3/s) Ce A(Has) S(Miles) PTR (INTENSIDAD DE LA LLUVIA PARA TR DE 1000 AÑOS)

Q = 21.63 m3/s. MAXIMO CAUDAL PROBABLE (PTR:1000AÑOS)

CUENCA HUANCALLE-TARAY- CALCA



CUENCA HUANCALLE TARAY - CALCA

C-XII.2010

7.3.10 Caudal máximo milenario en Taray

Durante el mes de febrero del año 2010, las precipitaciones han continuado con la misma intensidad y tendencia de las ocurridas en el mes de enero del mismo año, tanto que durante los días que fueron entre el 23 al 29 de febrero y con una máxima el día 28 (31.4 mm, en doce horas)

El caudal total que se calcula a partir de la suma de estos tres tributarios, debe ser el caudal que llega a la población de Taray y es la suma de:

$$Q_{\text{Taray}} = Q_{\text{quesermayo}} + Q_{\text{kalla}} + Q_{\text{huancalle}}$$
$$Q_{\text{Taray}} = 110,397 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Desde el encuentro del río Quesermayo, con su tributario de Huancalle y hasta la población de Taray, no hay afluentes significativos y por ende, dentro del campo del cálculo probabilístico, es pertinente asegurar que la suma de esos tres caudales milenarios, y dentro de la posibilidad de una ocurrencia simultánea, como parece que ha ocurrido en enero del año 2010, muestra un caudal milenario determinado mediante la hoja de cálculo para la cuenca del río Quesermayo es de:

$$Q_{\text{Taray}} = 107,156 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Este valor se compara y contrasta con el obtenido mediante la suma los parciales mostrados, teniendo una diferencia del orden de apenas 3,00% que no es significativa dentro de la concepción probabilística.

Figura N°49 Generación de caudales del río Quesermayo

GENERACION DE CAUDALES

HOJA N° 01

CUENCA DEL QUESERMAYO- TARAY

ING. V.M.CHAVEZ G. CIP.N° 14992

1.00.0 DETERMINACION DEL "TIEMPO DE CONCENTRACION" 24-mar-10

DEFINICIÓN: Tiempo que transcurre desde el inicio del meteoro y hasta la reunión de todas las aguas caídas simultáneamente dentro de la CUENCA estudiada.

Es comparable al tiempo que demora en recorrer una gota de agua, desde el **PUNTO HIDRÁLICAMENTE MAS ALTO**, hasta el **PUNTO DE INTERES**.

Tratándose de una intensidad constante para la lluvia a partir de ese momento se **REGISTRARÁ el MÁXIMO CAUDAL**.

FORMULA DE SNAYDER: (Tc) en horas:

$$Tc = Cc(L * Lc)^{0.3}$$

Donde: **Cc**; Coeficiente (De 1.35 a 1.65)
L; Longitud del cauce principal (km)
Lc; Longitud desde el Centro de Gravedad del perfil de la cuenca.

CUENCA RIO QUESERMAYO - TARAY- CALCA. (IGP)

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
DATOS	L(km)	Lc(km)
CUENCA	19.5	9.5
$Tc = Cc(L * Lc)^{0.3}$		
Tc(Horas)= 6.466		
Tc(min)= 388		

SELECCIONAR E INTRODUCIR EN FORMULA		
1.35	CLASE 1	FUERTE PENDIENTE
1.40	CLASE 2	
1.45	CLASE 3	
1.50	CLASE 4	PENDIENTE MEDIA
1.55	CLASE 5	
1.60	CLASE 6	
1.65	CLASE 7	LLANO

2.00.0 SELECCIÓN DE LA LLUVIA ADECUADA:

El **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN** CALCULADO, SIRVE PARA SELECCIONAR **TODAS LAS LLUVIAS**, DENTRO DEL REGISTRO HISTÓRICO TRATADO, CON DURACIONES COMPRENDIDAS ENTRE EL 80% Y EL 120% DEL Tc

EN EL CASO DEL EJEMPLO SE SELECCIONARON TODAS LAS LLUVIAS CON DURACIONES COMPRENDIDAS ENTRE LAS 4.8 Y 7.2 h. LA ESTACIÓN BASE SELECCIONADA FUE "UNSAAC-PERAYOC" POR SER LA ÚNICA CON REGISTROS HORARIOS (PLUVIOGRAFO) Y LUEGO SE PROCEDIÓ A EXTRAPOLAR LOS DATOS AL LUGAR DE INTERÉS. ESTACIONES Y LUGARES CONTRASTABLES.

CONOCIDOS: EL NÚMERO DE MUESTRAS Y SUS VALORES, SE DETERMINARON LA **DESVIACIÓN ESTANDAR** Y EL **PROMEDIO**. MEDIANTE LA "**DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL**" SE PROYECTARON LAS INTENSIDADES PARA RETORNOS (Tr) DE 10,25,50, 100,500,600 y 1000 AÑOS, COMO SE APRECIA EN EL CUADRO SIGUIENTE:

PRECIPITACION PLUVIAL PROYECTADA (INTENSIDADES)						
PTR/AÑOS	10	50	100	500	600	1000
mm/hora	4.42	5.75	6.32	7.64	7.74	8.21

3.00.0 CALCULO DEL "COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA-Cc.Esc." - DATOS DE LA CUENCA.

PARA EL CALCULO DEL "Co.Esc." son necesarios los datos generales de la cuenca:

DATOS	H.MAXI	H.MIN	DIST	TEMPE.	PREC.PROM	AREA(Ha)
CUENCA	4325	3000	17110	7	820	8996

PENDIENTE DEL CAUSE PRINCIPAL DE LA CUENCA (S=(HMAX-H.MIN./DIST.)

S= 0.07744

PROYECCION GUMBEL	
AÑOS	PTR(mm)
1.0001	2.52
10	4.42
25	5.17
50	5.75
100	6.32
250	7.07
500	7.64
600	7.74
1000	8.21

HOJA N° 02

PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA, O DICHO DE OTRA MANERA " LA PARTE DE LA LLUVIA QUE LLEGA A FLUIR POR LA SUPERFICIE, YA SEA DE LAS CUENCAS PRINCIPALES O LAS CUENCAS TRIBUTARIAS", SE UTILIZA CON MUCHA VENTAJA LA FORMULA DE JUSTIN, DADO A QUE INTERVIENEN EN SU COMPOSICIÓN CASI TODOS LOS FACTORES PROPIOS DE HOYA, TALES COMO: LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Smc), LA TEMPERATURA MEDIA, Y EL PROMEDIO DE LLUVIAS ANUALES

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Smc):

$$Smc = (H.MAX - H.MIN) / (AREA DE LA CUENCA)^{1/2}$$

Smc = 0.140

APLICACIÓN DE LA FORMULA DE "JUSTIN":

Smc; PENDIENTE CUENCA

R; PROMD. DE LLUVIA ANUAL

T°; TEMPERATURA MEDIA (°C)

$$Fe = 0.183 * Smc^{0.155} * (R^2) / (160 + T)$$

Fe = 363.11

Co.Esc = (Fe/R)

Co.Esc. = 0.443

NOTA COLORES DE ENTRADA

INTRODUCE DATOS

SELEC. E INTROD. EN FORMULA

RECIBE RESPUESTA

4.00.0 CALCULO DEL CAUDAL PROBABLE PARA UN RETORNO DE 1000 AÑOS (REGISTRADA EN ENERO DEL 2010)

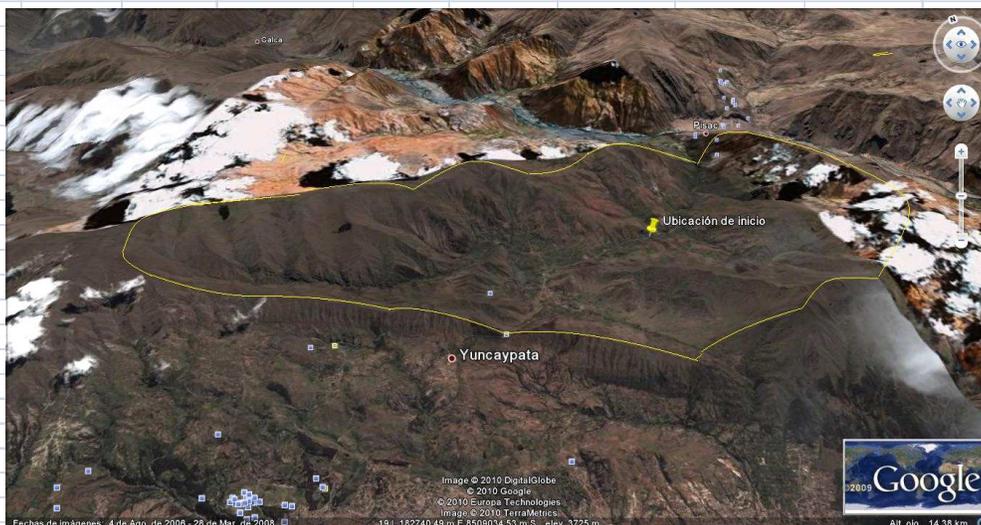
SE RESUELVE APLICANDO LA FORMULA DE "MAC MATH"

$$Q = 2.3 * Ce * A^{(4/5)} * (s^{0.5}) * PTR / 1000$$

Q Caudal(m3/s) Ce A(Has) S(Miles) PTR (INTENSIDAD DE LA LLUVIA PARA TR DE 1000 AÑOS)

Q = 107.156 m3/s. MAXIMO CAUDAL PROBABLE (PTR:1000AÑOS)

CUENCA QUESERMAYO-TARAY- CALCA



CUENCA QUESERMAYO TARAY - CALCA

C-xii.2010

Figura N°50 Caudales proyectados

CAUDALES PROYECTADOS						
FORMULA DE : GUMBEL						
	D(s-1)	X(Prom)	N	1/a	S(x1000)	
	155.18	292.06	222.2282	120.9931	4.5	
PROYECTO: RIO VILCANOTA			PUENTE COLGANTE "TARAY"			
AÑO(n)	CAUDAL(m3/s)	AREA (m2)	V (m/s)	COT. msnm.	OBSERVACIONES	
1.0001	222.24	114.00	1.949	2953.19	MAXIMA	ANUAL
10	500.83	187.80	2.667	2955.40		
25	611.69	221.42	2.763	2956.30		
50	695.56	226.80	3.067	2956.98		
100	779.42	248.87	3.132	2957.60	MAXIMA	CENTENERIA
250	890.29	284.00	3.135	2957.82		
500	974.15	296.43	3.286	2958.12		
1000	1058.02	302.23	3.501	2958.95	MAXIMA	MILENARIA
jun-01	MAC MATH-H4 -3DE4	SECCIÓN 1-1	Ings. URBANO ROMERO RIOS		Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES	
FORMULAS:	GUMBEL	$N=x - 0.45005 \cdot Ds(n-1)$		$1/a=(6)^{0.5} \cdot Ds(n-1)$	$Xn=N+1/a \cdot Ln(n)$	
PROYECTO DE INVESTIGACION						

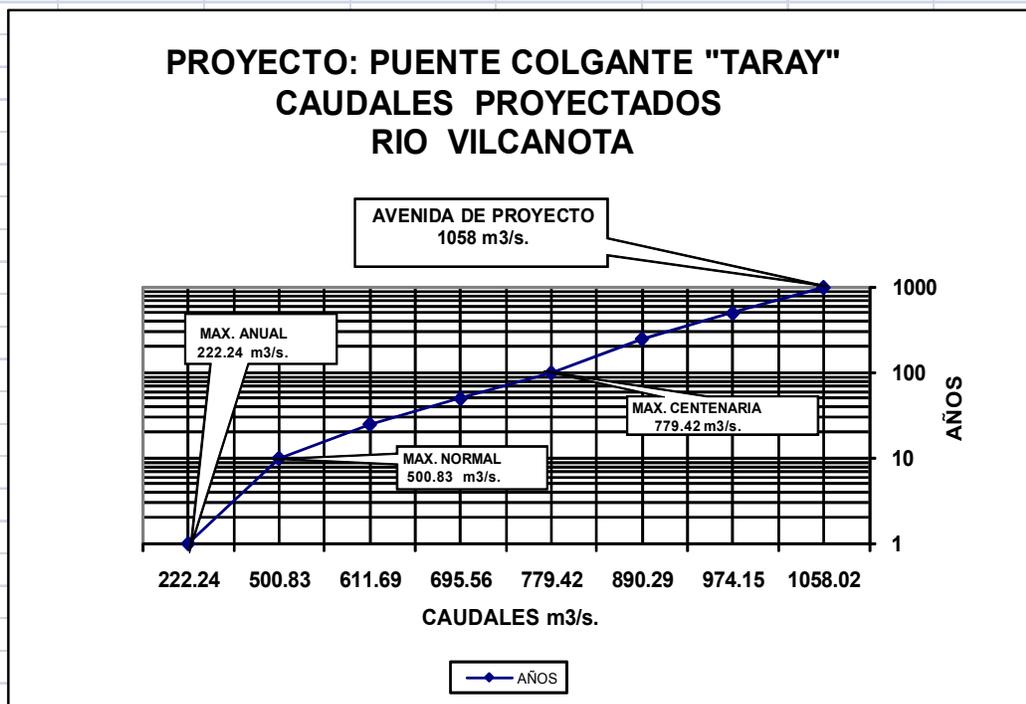


Figura N°51 Plan de contingencia - Caudales proyectados

PLAN DE CONTINGENCIA - CAUDALES PROYECTADOS					
FORMULA DE : GUMBEL					
D(s-1)	X(Prom)	N	1/a	S(x1000)	
155.18	235.72	165.8882	120.9931	4.5	
PROYECTO: ENCAUSAMIENTO RIO VILCANOTA - SECTOR "LAMAY"					
AÑOS(n)	CAUDAL(m3/s)	AREA (m2)	V (m/s)	COT. msnm.	OBSERVACIONES
1.0001	165.90	74.28	2.233	2920.82	MINIMA AVENIDA ANUAL (SEQUIA)
10	444.49	137.64	3.229	2921.52	MAXIMA NORMAL ANUAL - 10 AÑOS
25	555.35	163.26	3.402	2921.82	
50	639.22	172.80	3.699	2922.20	N.A.M.O. MAX. ORDIN. - CINCUENTENARIA
100	723.08	189.84	3.809	2922.45	N.A.M.E. MAX. EXTRAORD. - CENTENARIA
250	833.95	204.00	4.088	2922.74	
500	917.81	216.43	4.241	2922.93	
1000	1001.68	232.88	4.301	2923.20	MAXIMA MILENARIA
sep-01	MAC MATH-H4 -3DE4	SECCIÓN 1-1	Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES		CIP. 14992
FORMULAS:	GUMBEL	$N=x - 0.45005 \cdot Ds(n-1)$		$1/a=(6)^{0.5} \cdot Ds(n-1)$	$Xn=N+1/a \cdot Ln(n)$

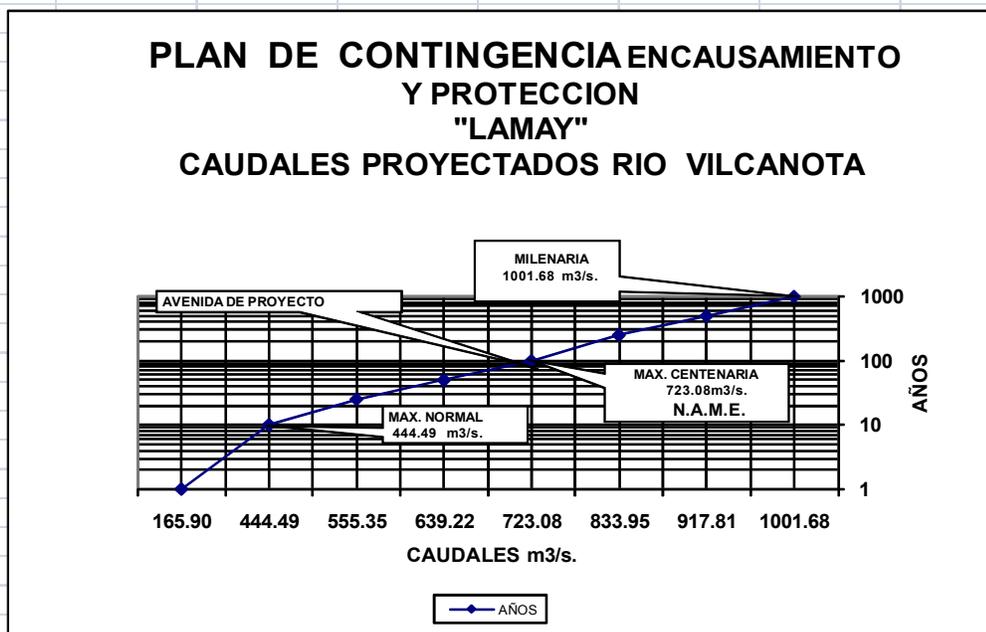
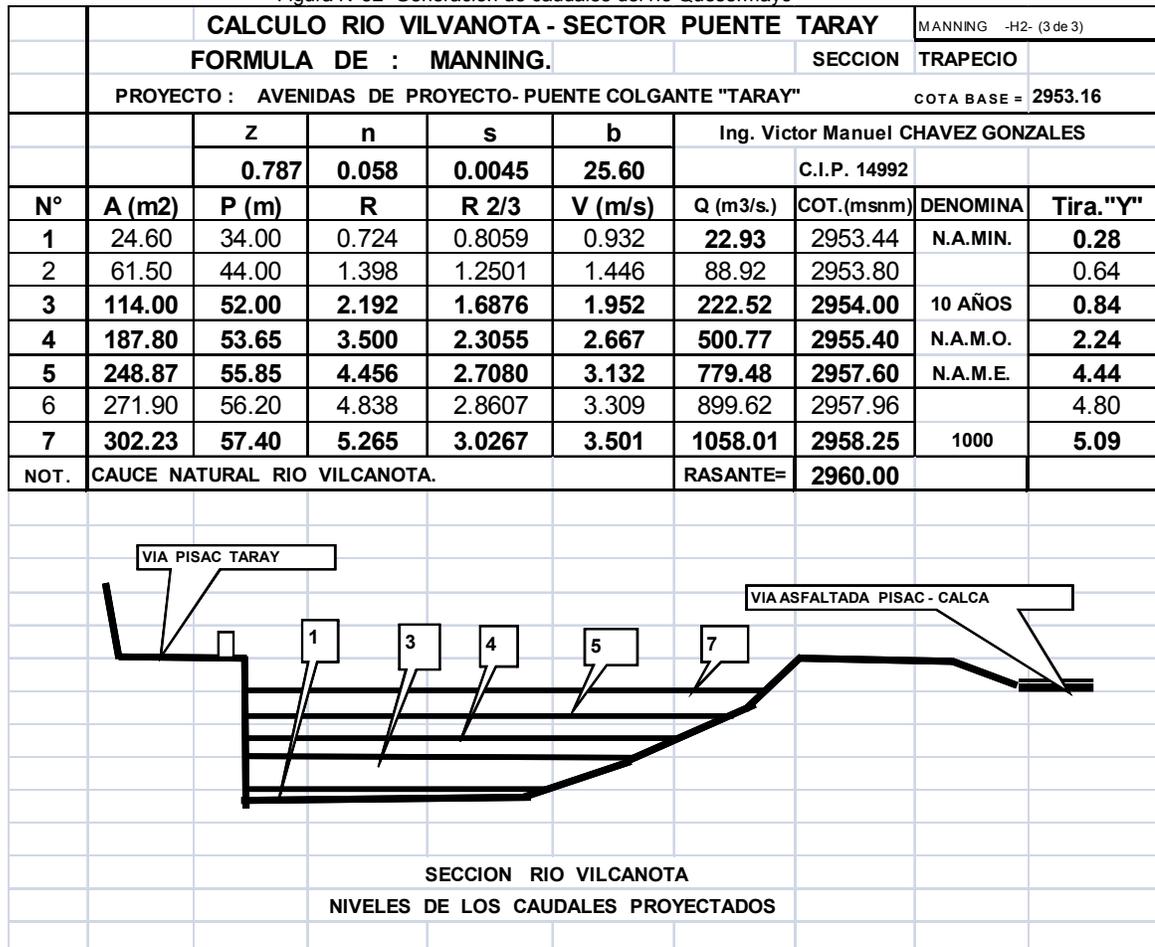


Figura N°52 Generación de caudales del río Quesermayo



Análisis de los tres escenarios principales registrados en esta temporada de lluvias milenarias:

7.4 MAPA DE PELIGROS POR INUNDACION

Identificación de áreas potenciales de peligro; Al respecto las zonas de peligro hidrometeorológico, están plenamente establecidas en el estudio, sin embargo se reitera de que los peligros por inundaciones en crecidas, afectarían únicamente a la Población de Taray, en el sector este, como ha ocurrido con la crecida milenaria de febrero en el 2010, en tanto y en cuanto no se adopten las medidas preventivas que se recomiendan, mediante la limpieza del cauce del río Quesermayo, con la ampliación de la sección del canal que se ha previsto y cuya sección aparece tanto en el texto así como está detallada en los planos respectivos, independientemente del tratamiento alternativo que se ejecute en las paredes laterales del indicado canal, a lo largo de los 1500 m, contados desde la desembocadura al río Vilcanota y en el sentido de “aguas arriba”.

7.4.1 Zonificación de Peligros

El mapa de peligros de la población de Taray, tiene dos lecturas:

Áreas inundables sin obras: el alto riesgo, comprende las zonas inundadas durante la crecida de febrero del 2010.

Áreas con obras ejecutadas: el riesgo, queda limitado a una pequeña franja marginal a lo largo del recorrido del río Quesermayo, considerando que el caudal de diseño adoptado corresponde a la probabilidad milenaria de repetición de fenómeno, con el agregado de deslizamiento en Huancalle, y desembalse de las aguas represadas.

7.4.2 Mapa de peligros durante el aniego de febrero del año 2010.

El caso corresponde a la crecida que ocurrió como consecuencia de las lluvias que se registraron y que han correspondido a un evento para un período de retorno milenario, las mismas que inundaron a la población de Taray, causando lamentables pérdida humanas y a la destrucción e inhabitabilidad de viviendas.

Este mapa ha sido posible replantearlo sobre una georreferenciación de la disposición urbanística del pueblo de Taray, sobre el plano topográfico a curvas de nivel, y sobre la base del mapa se ha demarcado las áreas inundadas por las huellas físicas en el terreno.

7.4.3 Mapa de peligros por inundación a futuro

El mapa muestra las zonas de peligro, para diferentes de avenidas relacionadas con la probabilidad en períodos de retorno de los eventos, y cuyos caudales se muestran en un cuadro de avenidas y sus correspondientes períodos de recurrencia o retorno probables.

7.4.3.1 Niveles de agua mínimos ordinarios (NAMIN). Corresponde a Períodos de retorno normales en cada temporada de Precipitaciones Pluviales ordinaria entre los meses de diciembre a Marzo, y con caudales comprendidos entre:

Q = 25 y 40 m³/s. Precipitaciones centenarias retorno 100 años.

Mostrados en el plano mapa de peligro por inundaciones, área marcada en color rojo.

7.4.3.2 Niveles de agua máximos ordinarios (NAME): Corresponde a Períodos de retorno normales en cada temporada de Precipitaciones Pluviales ordinaria entre los meses de diciembre a Marzo, y con caudales comprendidos entre:

Q = 50 y 80 m³/s. Precipitaciones con periodos de retorno de 500 años.

Mostrados en el plano mapa de peligros por inundaciones, área marcada en color naranja.

7.4.3.3 Niveles de agua máximos maximorun (MILENARIOS): Corresponde a períodos de retorno normales en cada temporada de precipitaciones pluviales ordinaria entre los meses de diciembre a Marzo, y con caudales comprendidos entre:

Q = 80 y 110 m³/s. precipitaciones con periodos de retorno de 1000 años.

Mostrados en el plano mapa de peligros por inundaciones, área marcada en color amarillo.



Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



Cap8

Hidráulica

8.1. DESBORDE DE LOS RIOS QUESERMAYO - KALLARAYAN:

En ese punto históricamente han ocurrido varios eventos en los cuales las aguas rebasaron el cauce inundando al vía que va de Cusco a Pisac, siendo el último bastante serio y sobre la vía asfaltada.

El estudio de la ingeniería hidráulica, permite encontrar dos alternativas y que a continuación se detalla y calculan:

8.1.1 Primer escenario: solamente tributario Kallarayan

Se presentan en este caso dos posibilidades a juzgar por la ocurrencia del pasada 28 de diciembre del 2010, fecha en la que se ha registrado una riada proveniente del tributario Quesermayo, en consecuencia uno de los caos es el de analizar y calcular las condiciones actuales del canal, como está ya intervenido y des colmatado.

Figura N°53 Canal tributario Kallarayan

CALCULO DE CANALES MANNING									
CALCULO CANAL TRIBUTARIO KALLARAYAN									
FORMULA DE : MANNING.							MANNING -H2- (3 de 3)		
PROYECTO : HIDRAULICA RIO QUESERMAYO							SECCION		TRAPECIO
							COTA BASE =		3548
DATOS		Z	n	s	b	Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES-CIP.14992			
BASICOS		1.95	0.038	0.05375	3.8	PARA: PREDES - 20-DIC.-2010			
N°	A (m2)	P (m)	R	R 2/3	V (m/s)	Q (m3/s.)	OT.(msnn)	DENOMINA	Tira."Y"
1	5.30	7.92	0.67	0.765	4.665	24.700	3548.94	N.A.MIN.	0.94
2	7.45	9.10	0.82	0.875	5.339	39.794	3549.21		1.21
3	9.61	10.16	0.95	0.964	5.881	56.512	3549.45	N.A.M.O.	1.45
4	13.16	11.69	1.13	1.082	6.602	86.869	3549.80		1.80
5	15.40	12.57	1.23	1.145	6.987	107.601	3550.00	N.A.M.E.	2.00
NOT CANAL DE CANTOS RODADOS						RASANTE=		3548	
PROYECTO RIADA KALLARAYAN									
PROYECTO DE INVESTIGACION									

Sección Canal Kallarayan

Es pertinente anotar que, una vez que se ha producido la riada, el cauce quedó bastante colmatado por el material acarreado por arrastre de sólidos en la cuenca del tributario Kallarayan, debido al deslizamiento de una plataforma para habilitar un Estadio, indebidamente cortada en el talud del cerro en la margen izquierda del riachuelo, arrastre favorecido por la fuerte pendiente del fondo del lecho del cauce y que es del orden de: $S=0.05375$ ($P=5.374\%$).

En ese caso se ha considerado el caudal en el tributario de Kallarayan como se desprende de la respectiva hoja de cálculo y que es de:

$$Q=24,927 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Los cálculos mostrados líneas arriba muestra que siendo la altura del tirante más el bordo libre de: $Q=39,794 \text{ m}^3/\text{s}$. se puede afirmar que dentro de la eventualidad milenaria, ese canal soportará al caudal mostrado, toda vez que no se produzca un nuevo arrastre de sólidos por efecto de deslizamientos en las proximidades de su desembocadura en el río Quesermayo

8.1.2 Segundo escenario: encuentro ríos Quesermayo y Kallarayan

Es en este caso que en la unión de estos dos ríos, el Quesermayo y su tributario el Kallarayan, ambos con sus descargas máximas en febrero del año 2010 ($Q_{n^{\circ}1}+Q_{n^{\circ}2}$), vale decir la suma de los dos caudales, con un valor de:

$$Q=88,797 \text{ m}^3/\text{s}.$$

La consecuencia de esta riada fue el desborde de ambos ríos inundando la Vía asfaltada Cusco- Pisac a la altura del Km 22+500, y con los resultados de haber afectado seriamente esa vía.

Figura N°54 Canal encuentro Quesermayo - Kallarayan

CALCULO DE CANALES MANNING									
CALCULO CANAL ENCUENTRO QUESERMAYO- KALLARAYAN								MANNING -H2- (3 de 3)	
FORMULA DE : MANNING.						SECCION		TRAPECIO	
PROYECTO : HIDRAULICA RIO QUESERMAYO						COTA BASE =		3546	
DATOS		Z	n	s	b	Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES-CIP.14992			
BASICOS		2.25	0.038	0.0109	5.5	PARA: PREDES - 20-DIC.-2010			
N°	A (m2)	P (m)	R	R 2/3	V (m/s)	Q (m3/s.)	COT.(msnm)	DENOMINA	Tira. "Y"
1	7.16	10.13	0.71	0.793	2.180	15.603	3546.84	N.A.MIN.	0.94
2	9.95	11.46	0.87	0.910	2.501	24.878	3547.11		1.21
3	12.71	12.64	1.01	1.003	2.757	35.028	3547.35	N.A.M.O.	1.45
4	17.19	14.36	1.20	1.127	3.097	53.236	3547.70		1.80
5	25.03	16.97	1.47	1.296	3.559	89.094	3548.23	N.A.M.E.	2.33
NOT. CANAL DE CANTOS RODADOS						RASANTE= 3545.90			
PROYECTO ENCAUSAMIENTO RIADA TARAY									
SECCION TIPICA					PROYECTO DE INVESTIGACION				

Como se puede apreciar en la hoja de cálculo, el tirante más bordo libre actuales alcanzan una altura de:

H=1.80 m.

Con esa altura el caudal máximo que podría fluir por el cauce es de:

Q=53.236 m3/s.

En tal caso las aguas desbordarían por la cresta del MURO CICLÓPEO construido por la empresa encargada del mantenimiento de esa vía.

En el supuesto que durante una riada próxima no se produzca arrastre de sólidos el caudal del agua alcanzaría un gasto de:

Q=89.094 m 3/s. Para una altura total de: H=2.33m.

Una solución adecuada sería la de profundizar el cauce en el sector de aguas abajo, antes de aumentar la dimensión de muro construido, tanto para lograr mínimamente el paso de las aguas de una probable avenida, con el agregado de evitar el parcial represamiento de las aguas del Quesermayo como se puede apreciar en el momento, debiéndose que en ese sector la pendiente del cauce es de:

$$S=0.0109 \text{ (P=1.09 \%)}$$

Siendo muy menor a la pendiente del tributario KALLARAYAN, que es de $S=0.05379$ (P=5.379%).

8.1.2.1 Probabilidad de embalsamiento por deslizamientos:

De acuerdo al Informe Geológico, que es parte del presente estudio, se aprecia que el mayor riesgo de deslizamiento se produciría por causa del colapso de estadio construido aguas arriba del encuentro Quesermayo – Kallarayan, con un volumen de: $V=89910 \text{ m}^3$, llegando tal material sólido a una distancia de alrededor de 1400 m aguas arriba del encuentro, en la ubicación siguiente:

En tal sentido es pertinente asegurar que en el indicado encuentro, un deslizamiento del estadio no llegaría al encuentro, pero ello no quita la recomendación del Informe geológico de tener que desmontar y extraer los materiales acumulados en esa explanación, el hecho de que haya gran cantidad de materia sólido de arrastre, constituido por cantos rodados, con dimensiones que están comprendidas entre bolones con diámetros de hasta 0.90 m, en regular cantidad y de menores dimensiones que son arrastradas por los flujos de agua, de las avenidas ocurridas, se debe a las altas velocidades del agua en avenidas extraordinarias, las mismas que se deben a la fuerte pendiente del cauce del riachuelo Kallarayan, especialmente cuando se producen las máximas descargas de agua, como se muestra en la hoja de cálculo correspondiente al Río Kallarayan, velocidades que están comprendidas entre: $V=4.665 \text{ m/s}$ y hasta $V= 5.339 \text{ m/s}$, para caudales de $Q=24.7 \text{ m}^3/\text{s}$. y $Q=39.759 \text{ m}^3/\text{s}$. respectivamente.

8.2 DESLIZAMIENTO EN HUANCALLE Y AVENIDA MILENARIA DE ESE TRIBUTARIO

En ese caso el deslizamiento potencial en la población de Huancalle, como se detalla en el estudio geológico, y que es parte del presente, es de anotar la magnitud milenaria determinada para el tributario de Huancalle, para ser comparado con el total de sólidos deslizados y la capacidad de arrastre de tales materiales hasta su unión con el río Quesermayo, y un posible embalsamiento de las aguas en el fondo de la quebrada.

En ese caso nos encontramos frente al escenario de un deslizamiento total de la falla en Huancalle, material mismo que de inmediato y a corta distancia de recorrido en la quebrada de Huancalle desde el puente y hasta su encuentro con el río Quesermayo, es de una distancia se estima en no más de 150 m, y la diferencia de alturas, entre el fondo de la quebrada y el nivel correspondiente a la vía asfaltada, se estima en 30 m.

En el eje formado por el encuentro del Quesermayo con su tributario de Huancalle, la sección normal al río principal tendría un área de 4000 m², con una altura de 30 m con los que se alcanzaría al nivel el puente, claro está que el informe geológico marcará, las cifras exactas, con esta información y desarrollando los respectivos cálculos volumétricos de agua en un eventual embalse, al agua represada sería de 240000 m³ y que en una máxima avenida con un caudal Q=110,00 m³/s. para el río Quesermayo, el agua alcanzaría la cresta del embalse en apenas 2182 segundos, que equivalen a 36.40 minutos, y a partir de ese momento, probablemente se produciría, el inicio del desembalse, se ha calculado y diseñado la magnitud correspondiente al represamiento en caso de deslizamiento e incluyendo los caudales correspondientes a la máxima avenida (1000 Años). Por considerar que se tendría., la probabilidad más desgraciada de una simultaneidad entre; deslizamiento-avenida milenaria, se ha calculado el hidrograma de desembalse, el mismo que tiene referentes y cálculos, desarrollados en dos eventos importantes, siendo el primero el ocurrido el año 1974 en el río Mantaro, y el segundo, ocurrido el año 1982, en la cuenca de Huancaro y a poca distancia de la ciudad del Cusco, el mismo que fue totalmente monitoreado por el suscrito.

Por la experiencia de eventos anteriores, el suscrito como miembro voluntario del Comité Regional de Defensa Civil, representando al CIP. – Cusco, fue posible monitorear el desembalse del Huamancharpa, ocurrido en el mes de enero del año 1982, y que represó las aguas del río Huancaro dentro de los alrededores al Sur de la Ciudad del Cusco, lamentablemente no se cuenta con un registro fotográfico del evento, sin embargo cualitativamente fue similar el ocurrido en junio de 1974 en el río Mantaro, que estuvo represado por 45 días, y al que pude asistir formando la comisión técnica científica de la UNSAAC.

Figura N°55 Mantaro (junio – 1974) momento inicial



La fotografía muestra el detalle, de un camino carretero en la margen izquierda del río, y en la orilla derecha del espejo de agua embalsada, en la zona del derrumbe, (Que aparece como un triángulo blanco), no se nota la franja húmeda dejada por la disminución de las aguas represadas.

Figura N°56 Desembalse rio Mantaro – momento de máxima descarga



En esta composición fotográfica, se aprecia el momento de máximo caudal desembalsándose, ya desapareció el camino de la margen izquierda, y se nota con un color oscuro el nivel de las aguas en pleno desembalse.

La duración del desembalse desde el inicio y hasta el caudal significativo fue de aproximadamente 24 horas, registrándose el pico las 14 horas, luego de las primeras 8 horas de iniciado el evento.

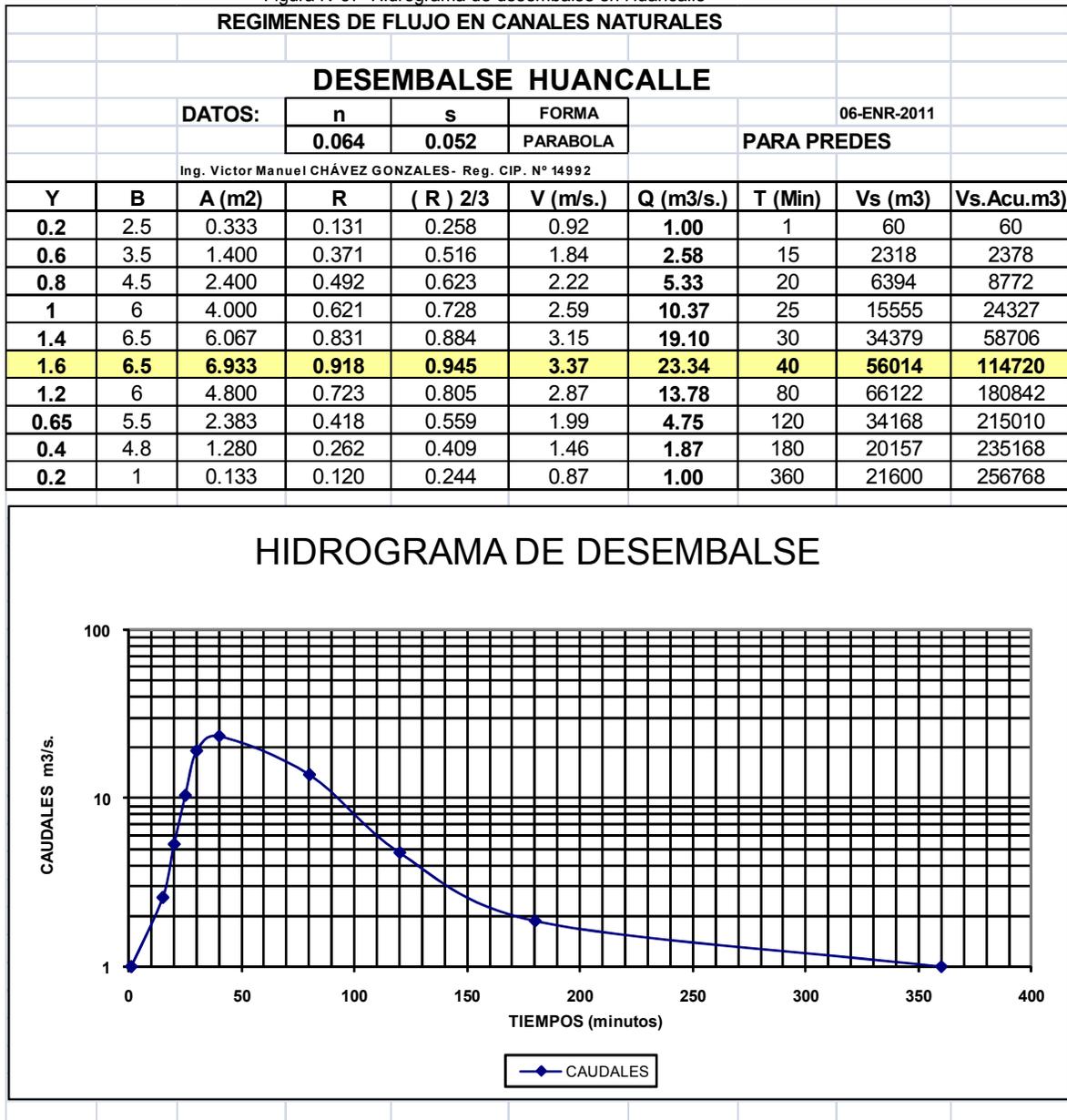
Las ondas que se generaron, alcanzaron una altura estimada en no más de 40,00m. Las dimensiones de la presa natural formada por aquel deslizamiento fueron las siguientes:

Altura promedio en el centro = 450 m.

Longitud de la cresta= 1700 m.

Longitud en la base = 4830 m.

Figura N°57 Hidrograma de desembalse en Huancalle



En caso de producirse un deslizamiento en el cauce del riachuelo de Huancalle, la magnitud del mismo, de acuerdo al volumen de material deslizado, determinado en el Estudio Geológico, determinaría las siguientes condiciones físicas en el cauce:

Volumen deslizado: V= 185 000 m3
 Altura de la Presa Generada: h= 30.00 m.

Altura considerada desde el fondo de la quebrada en ese punto, y hasta la base del actual puente en la Vía Cusco – Pisac ubicado en la población de Huancalle.

Volumen de agua represada:

$V_a = 240\,000\text{ m}^3$.

Escenario supuesto de un caudal producido por la máxima avenida milenaria

$Q = 110.00\text{ m}^3/\text{s}$.

Tiempo de llenado de la presa generada = 37.00 minutos. (Caso más desfavorable)

Describiendo cada uno de los resultados que conducen al desarrollo del hidrograma de desembalse, en primer término aparece el comportamiento del tirante de Agua ("Y"), que se ha obtenido en función al cálculo de los tirantes críticos, y de los que se desprende que al iniciarse con una altura de apenas 20 cm, generarán un caudal de $Q = 1.00\text{ m}^3/\text{s}$. y con una velocidad de 0.96 m/s, para el agua, por efectos de las tres formas de erosión que se presentan en estos casos; erosión lateral, erosión de fondo, lineal en el sentido de las aguas y finalmente la erosión retroactiva, que es la que viene desde el pie de presa y avanza hasta la cresta de la misma.

Estas tres formas de erosión, actúan simultáneamente y de modo continuo en el tiempo, creciendo de manera relativamente rápida, hasta alcanzar el punto de máxima descarga, conocido con el nombre de cresta del desembalse, el mismo que en el presente caso tendría lugar en el minuto 40, luego de iniciado el desembalse, en ese momento el caudal será de: $Q = 23.34\text{ m}^3/\text{s}$, observando que hasta ese momento se habrían desembalsado 107461 m^3 , continuando con descargas proporcionales a los tirantes críticos cada vez menores y por cierto empleando tiempos cada vez mayores, como se parecía en el Gráfico que se acompaña y que muestra que los tiempos llegan hasta el minuto 360, con un acumulado volumétrico de agua represada de 249509 m^3 .

Por la distancia al pueblo de Taray que es de 4+00 km, y tratándose de un cauce de fuertes pendientes, que impedirán la formación de hondas u olas en el río, se concluye que ese escenario y si se presentan con las características de entrada supuestas, el evento no será de mayor riesgo para Taray pueblo.

8.3. Comportamiento del río Quesermayo durante condiciones extremas

Para una evaluación integral del comportamiento hidráulico de un río, en condiciones extremas, es pertinente incluir los factores que interactúan, de modo tal que se tengan en cuenta las consecuencias totales en las riveras del cauce, con anotación de los riesgos probados y probables, y con ello definir la ubicación de las zonas vulnerables, el grado de riesgo y finalmente, en caso de ser pertinente, predeterminar las obras de mitigación de riesgos.

8.3.1 Pendientes del fondo del cauce rio Quesermayo

El río en mención se inicia hidráulicamente en el reservorio de Kellhuacocha, el objetivo y la función que desempeña este reservorio es la de captar las aguas pluviales y almacenarlas para su uso posteriormente obras de riego por aspersión existentes en la zona, desde la que cubre áreas de cultivo en las comunidades de Mandurani y Ccorao, luego en Rayanniyoc para tenerlas en la zona de Huancalle.

El caudal de uso proveniente de la parte almacenada es de 30.00l/s, y el caudal de base producido por filtraciones, tanto de ese reservorio, así como de la Laguna de Koriccocha, es de otros 30,00 l/s, existen otras fuentes a partir de una gran cantidad de manantiales y la suma de sus caudales entregan el río Quesermayo un caudal base, que como se mostro en acápite anterior es de $Q_{base}=0.213 \text{ m}^3/\text{s}$.

Las condiciones de en que se encuentra el núcleo de la represa, han sido materia de estudio y evaluación, al haberse encontrado un alto grado de intemperismo, como se aprecia en la fotografía siguiente.

Figura N°58 Reservorio Kelhuacocha máximo nivel de embalse



Figura N°59 Vertedor de descarga de máximas- nótese el estado del concreto de la represa



Figura N°60 Deterioro del concreto intemperizada (foto mayo de 1999)



Un primer escenario se presentaría en caso de una falla de la presa y un desembalse violento, en este supuesto caso el caudal producido sería similar al encontrado para el caso de un embalse en Huancalle, de modo tal que el caudal sería del orden de $Q=23.4 \text{ m}^3/\text{s}$, y que por la conformación de la pendiente del cauce en ese sector es muy pronunciado, no habiendo ni áreas de cultivo ni viviendas, es un valle en “V”, en el sector hasta llegar a la parte baja del valle, la mayor contingencia sería un efecto de erosión de los laterales, que es una formación rocosa, que daría origen al arrates de material grueso.

Para mitigar el efecto de ese volumen de arrate de sólidos, se ha practicado una suerte de “gaviones transversales”, los que han funcionado con eficiencia, procurando dos efectos hidráulicos fundamentales, que son:

Disminución de la velocidad del agua y consiguiente deposición de gruesos y arenamiento de finos.

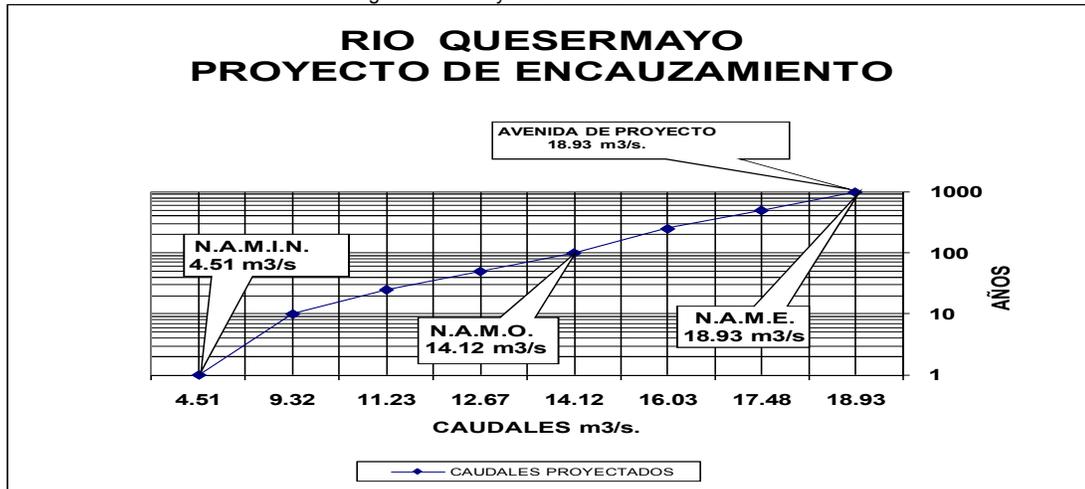
Se genera un “cascada”, cuyo efecto es la de generar una socavación al pie del gavión, ocasionando un pozo de amortiguamiento y disminución de la velocidad del agua.

La mitigación del riesgo en este caso es la de mantener, restaurar e incrementar, estos elementos en los lugares adecuados.

Cuadro N° 15 Cálculos proyectados Com. Chitapampa

CAUDALES PROYECTADOS							
FORMULAS DE : GUMBEL y MAC MATH						SECCIÓN 1-1	
Area (Has)	D(s-1)	X(Prom)	N	1/a	Ce.	S(x1000)	Tc*F.Cal.
2580	1.26328	2.6975	2.1290	0.9850	0.61	15	5.085
PROYECTO:		RIO	QUESERMAYO	COM. CHITAPAMPA		OBSER.	
AÑO(n)	PTR(mm)	PTRxCexTc.	Q (m3/s.)	AREA (m2)	V (m/s)	COT. msnm.	
1.0001	2.1291	6.6042	4.51	0.61	7.360	3373.15	N.A.M.I.N.
10	4.3970	13.6388	9.32	2.75	3.39		
25	5.2995	16.4383	11.23	3.12	3.60		
50	5.9823	18.5561	12.67	3.96	3.20		
100	6.6650	20.6738	14.12	4.83	2.92	3374.05	N.A.M.O.
250	7.5675	23.4733	16.03	5.89	2.72		
500	8.2502	25.5910	17.48	6.78	2.58		
1000	8.9330	27.7087	18.93	7.29	2.60	3374.50	N.A.M.E.
ago-99	MAC MATH-H2 -2DE2		Ing. Víctor Manuel CHÁVEZ GONZALES			C.I.P. 14992	

Figura N°61 Proyecto de encausamiento



En la hoja de calculo que se adjunta, así como en su representación gráfica, el caudal calculado como “avenida de proyecto” es de $Q = 18,83 \text{ m}^3/\text{s}$, que es el caso de la avenida milenaria.

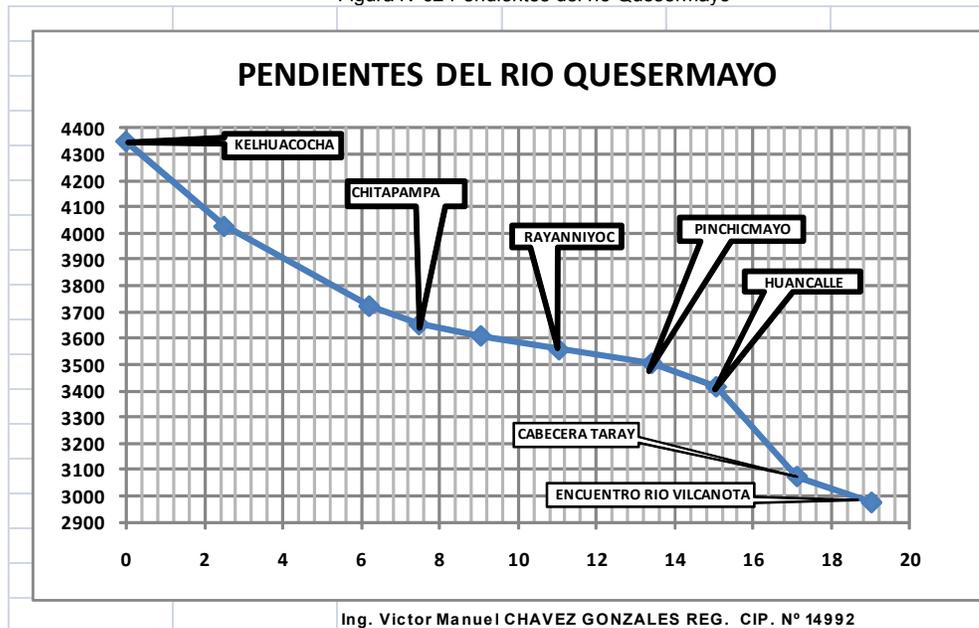
el peligro mayor se presentaría en las partes y viviendas de la zona baja de la población de Quesermayo, como que ha ocurrido.

Cuadro N° 16 pendientes cauce del río Quesermayo

PENDIENTES CAUCE DEL RIO QUESERMAYO					
PUNTO	DESCRIPCION	LONGITUD	ALTURA	LONG. ACUM.	PENDIENTE
L-1	KELLHUACOA	0	4350	0	0.0000
L-2		2.5	4026	2.5	0.1296
L-3		3.7	3723	6.2	0.0819
L-4	CHITAPAMPA	1.27	3653	7.47	0.0551
L-5		1.58	3610	9.05	0.0272
L-6	RAYANNIYOC	1.99	3557	11.04	0.0266
L-7	PIMCHICMAYO	2.37	3506	13.41	0.0215
L-8	HUANCALLE	1.64	3416	15.05	0.0549
L-9	ABECERA TARA	2.06	3075	17.11	0.1655
L-10	ENTRO RIO VILCA	1.9	2976	19.01	0.0521

Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES - REG. CIP. N° 14992

Figura N°62 Pendientes del río Quesermayo



Las pendientes del río Quesermayo mostradas, han sido marcadas mostrando los puntos de interés a partir de los cuales se puede indicar:

Tramo Kellhuacchocha – Chitapampa: Fuerte pendiente P_{MAX}. = 12.96%, ya descrito anteriormente, siendo la mínima de; P_{MIN}. = 5.51%.

Tramo Chitapampa- Rayanniyoc: Con una pendiente bastante suave P = 2.72%, que permite en sus inicios, una fuerte sedimentación de los bloques arrastrados de mayor dimensión, y siempre produciendo la sedimentación de elementos medios y hasta los finos en su recorrido que es de 2.42 Km.

Tramo Rayanniyoc-Pinchicmayo: Encontrándose en su recorrido el encuentro entre los río de Quesermayo con el tributario Kallarayan, presentando una pendiente de promedio de P = 2.15 %, que es bastante suave sin arrastre de sólidos, salvo aquellos que por velocidad del agua son producto de la erosión del cauce por las altas velocidades del agua en crecida máxima. El detalle de la ocurrencia ya se Analizó líneas arriba por ser importantes.

Tramo Pinchicmayo-Huancalle: Este sector tiene una pendiente media de P = 5.49 %, que si bien es cierto causa arrastre de sólidos, es la correspondiente a los que son erosionados el mismo cause. La zona de riesgo se presenta en el uso de la margen derecha del cauce del río en el sector denominado AHUANACANCHA, que por razones eminentemente comerciales se ha habilitado una “Playa de Estacionamiento para vehículos de transporte turístico”, afectando el curso de las aguas del río y causando su desborde en la margen derecha, vía asfaltada y provocando deslizamiento del cauce en la cimentación de las vivienda e ubicadas en la margen izquierda.

Tramo Huancalle-cabecera delta: En ese sector se registra una pendiente promedio bastante alta, $P= 16.55 \%$, y que permite el arrastre de materiales sólidos, que es retenido en los lugares donde se presenta un cambio de pendientes a aquellas que son más suaves, sedimentando los gruesos, por ello se recomienda como una mitigación de riesgo, la construcción de gaviones transversales, los mismos que retendrán los sólidos que a la poste significarán menores costos en el mantenimiento del canal proyectado en el sector de la población.

Tramo cabecera delta-inicio población: En ese sector de la cabecera la pendiente tiene un valor medio $P=5.21 \%$, lo que permite arrastrar el material sólido medio y fino, causando algo de erosión en el cauce cuando las velocidades de agua por el mayor caudal, superan los límites que producen erosión leve.

Tramo inicio población-encuentro con el río Vilcanota: En ese tramo final es donde se presentan los mayores riesgos, ha sido el caso de los aniegos e inundación de la población de Taray en el mes de marzo del año 2010, causado principalmente por el caudal registrado como el milenario y cuyo valor es de $Q=110 \text{ m}^3/\text{s}$, los efectos han sido desastrosos y destructivos y principalmente causando la muerte de varias personas en esa población.

Es por ello que en ese sector se registran los mayores peligros hidráulicos, como consecuencia de los factores Hidro-Meteorológicos, que de acuerdo a los estudios tuvo una magnitud de retorno milenario, que dentro de la actual situación de cambio climático, no es predecible el acontecimiento ya sea de magníficas precipitaciones pluviales y suconsecuencia de inundaciones, en lugares que nunca antes las registraron, como ocurrió y viene ocurriendo en Perú, Brasil, Venezuela, Colombia Y Argentina, en nuestro vecindario amén de lo que viene ocurriendo actualmente en el mundo.

8.3.2. Diseño de obras de mitigación

Como se muestra en los planos adjuntos se ha diseñado para toda el tramo comprendido entre el Km, 2+640 al Km 3+980, con una longitud de: $L= 1340.00\text{m}$.

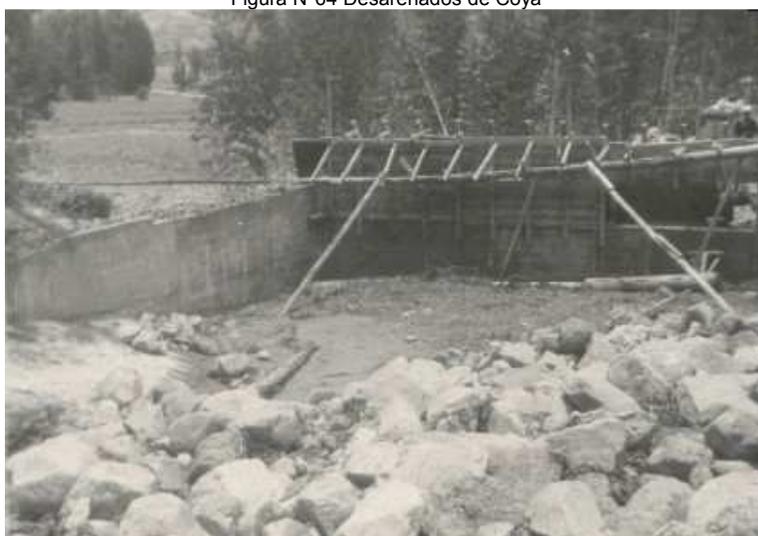
A continuación se muestran los cálculos correspondientes al diseño del canal principal, el mismo que de acuerdo a la sección planteada permitirá conducir el caudal milenario o caudal de diseño de obras:

Figura N°63 Caudales máximas avenidas Taray

CALCULO DE CANALES MANNING									
CALCULO CANAL MAXIMAS AVENIDAS TARAY									
FORMULA DE : MANNING.								MANNING -H2- (3 de 3)	
PARA PREDES				SECCION				TRAPECIO	
PROYECTO : CANAL DE ENCAUSAMIENTO RIO QUESERMAYO- TARAY								COTA BASE = 2980	
DATOS		Z	n	s	b	Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES-CIP.14992			
BASICOS		0.25	0.028	0.02385	8.20	PARA: PREDES - 20-DIC.-2010			
N°	A (m2)	P (m)	R	R 2/3	V (m/s)	Q (m3/s.)	COT.(msnm)	DENOMINA	Tira."Y"
1	8.45	10.262	0.823	0.879	4.846	40.945	2981.00	N.A.MIN.	1.00
2	10.64	10.777	0.987	0.992	5.469	58.193	2981.25		1.25
3	12.42	11.189	1.110	1.072	5.912	73.395	2981.45	N.A.M.O.	1.45
4	13.76	11.498	1.197	1.127	6.217	85.545	2981.60	N.A.M.E.	1.60
5	16.48	12.117	1.360	1.228	6.771	111.609	2981.90	MILENARIA	1.90
NOT.	CANAL DE CONCRETO CICLOPEO					RASANTE=	2980.00		1

PROYECTO- RIESGOS TARAY

Figura N°64 Desarenados de Coya



En circunstancias de que se efectuaba la construcción se produjo una avenida, cuyas consecuencias se aprecian en el material sólido de arrastre depositado en la cabecera del desarenador, disminuyendo gradualmente el diámetro del material depositado, como consecuencia de la disminución de la velocidad del agua.

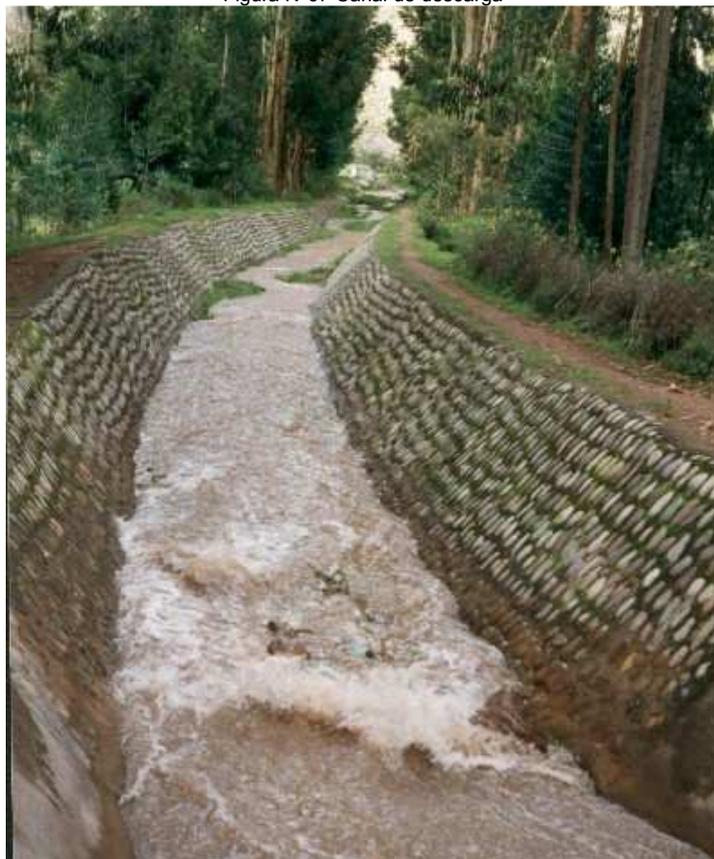
Figura N°65 Desarenador en plena función



Figura N°66 Descarga de aguas a la salida del desarenador.



Figura N°67 Canal de descarga



Es de anotar el revestido de las paredes laterales del canal de descarga de las riadas, presentando una configuración de ser una solución de cantos rodados emboquillados, la razón de esta solución se debe a que el terreno sobre el cual se ejecutaron las obras registra una fuerte pendiente y el objetivo ha sido el de reducir la velocidad del agua modificando la rugosidad de las paredes laterales, con buenos resultados.

8.4. Canal excavado y revestido:

Se considera únicamente el movimiento de tierras a lo largo del proyecto, para sección uniforme con un volumen total de:

Volumen de excavaciones

$V=24790.00 \text{ m}^3$.

Volumen de extracción y transporte de material excavado:

$V= 31000.00 \text{ m}^3$.

Área revestida paredes laterales emboquillado.

$A=6700.00 \text{ m}^2$.

Cap9

Conclusiones y Recomendaciones

Precisamente la población de Taray, sufrió los embates de tales fenómenos habiendo resultada inundada totalmente en el mes de marzo, fecha en la que lamentablemente, fallecieron muchas personas, quedaron destruidas muchas viviendas, en estas circunstancias y luego de haber desarrollado los estudios HIDRO-GEOLÓGICOS pertinentes, se detallan las siguientes conclusiones

9.1 CONCLUSIONES DE GEOLOGIA

9.1.1 Conclusiones a nivel de microcuenca

1.- Geomorfológicamente la micro cuenca Quesermayo, se encuentra ubicada entre la zona de "montañas del Cusco" y el valle inter andino del Vilcanota. Esta geoforma regional, por el tipo de roca y por la actividad tectónica, origina un divortium aquarum que forma la micro cuenca de Quesermayo, con características especiales para originar movimientos de masa de suelos y roca.

2.- La llanura aluvial microcuenca Quesermayo, es una superficie más o menos plana, conformada por material inconsolidados de diferente composición y granulometría. Esta geoformas se divide en 05 zonas de diferente pendiente. En las zonas de menor pendiente, se produce mayormente la deposición y en la de mayor pendiente se produce la erosión, sobre todo vertical, es decir, da lugar a sistemas de ensanchamiento de la micro cuenca, con la consiguiente ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa (movimientos de masa de suelos y rocas. El hecho de encontrar material inconsolidados (sedimentos), contribuye a la formación de fenómenos de remoción en masa, por ser este (sedimento) material lista para ser acarreado por agentes como el agua y la gravedad fundamentalmente

3.- Litológicamente, la zona de estudio está conformada por rocas de las formaciones y/o grupos: Copacabana (calizas, lutitas y margas) Mitu (areniscas, conglomerados y rocas volcánicas), Paucarbamba (lutitas, areniscas), Ayavacas (Calizas), Maras (calizas, lodolitas y yesos), Puquín (lutitas, areniscas, yesos laminados), Quilque Chilca (lutitas, areniscas lodolitas y limolitas), San Jerónimo (areniscas y lutitas), Rumicolca (rocas volcánicas). Todas estas rocas son susceptibles a la formación de fenómenos de geodinámica, en tanto y en cuanto, actúen otros factores como el agua (en todas sus formas y estados), el relieve del terreno, la tectónica (deformación de las rocas), la manera de yacer de los estratos (a favor o en contra de la pendiente), la alteración de las rocas, etc. Todos estos factores actúan en mayor o menos dimensión en la zona de estudio.

4.-La ubicación morfo estructural de la micro cuenca Quesermayo, hace que esté ligada a una actividad tectónica muy dinámica y actual. La existencia de fallas con actividad actual comprobadas (Tambomachay, Qoricocha, Patabamba), hace que la zona sea de riesgo sísmico alto. Los sismos históricos en la zona, indican que han

ocurrido eventos sísmicos muy altos y severos (ceranos a magnitud 7.0° en al escala de Richter e intensidades superiores a 8 en MM.). Los estudios sobre distribuciones epicentrales y focales, así como los períodos de retorno y probabilidades de ocurrencia son muy importantes para tener una idea clara sobre el riesgo sísmico potencial. Por el momento podemos concluir que estamos sobre una zona de alto riesgo sísmico.

5.- Prácticamente, toda la microcuenca de Quesermayo tiene Vulnerabilidad Alta y Media ante sismos, debido a las características de las edificaciones: adobe sin ningún tipo de refuerzo, mal o escaso asesoramiento técnico, mal estado de conservación, aunado a los fenómenos de movimientos de suelos y rocas. En la zona de estudio, con una aceleración de 0.165 g, con un periodo de retorno de 50 años, a una velocidad de 7.0 cm/seg. Se tendría un desplazamiento de 2.50 cm; si bien es cierto, este desplazamiento no es considerable geoméricamente, pero, si es importante en el sentido que aumentaría el fracturamiento sobre todo de rocas del grupo Mitu y Huancané, los mismos que tienen altas pendientes, por lo tanto daría lugar a un gran aporte de material coluvial, en consecuencia material listo para ser acarreado en eventos de crisis climática, produciéndose por lo tanto grandes huaycos que afectarían a la zona.

6.- Además de los deslizamientos ya mencionados existe otra zona de deslizamientos inactivos, activos y cárcavas hacia el Norte de la CC de Hancalle hasta llegar a Taray estos se encuentra ubicados dentro del Grupo Copacabana, Grupo Mitu y la Formación Huancane, teniendo pendientes pronunciadas con material suelto erosionable principalmente al agua. (Ver plano Geodinámico -Geomorfológico)

7- Cerca a Taray existen dos deslizamientos activos y una formación de cárcavas a la margen izquierda del rio Quesermayo, que actualmente presentan grietas, deslizamientos menores, los que nos hacen suponer el reactiva miento de los mismos y podrían estar poniendo en riesgo a la población de Taray.

9.1.2 Conclusiones a nivel de Huancalle.

1. La roca formadora de suelos para este sector está conformada básicamente por rocas y bloques de volcánicas de la formación Pachatusan (grupo Mitu), areniscas rocas, microconglomerados de la formación Pachatusan (Grupo Mitu) y areniscas cuarzosas de la formación Huancané. Estas rocas se encuentran bastante fracturadas y meteorizadas físicamente, por lo que constituyen una buena fuente de material inconsolidado para la formación de depósitos coluvio-aluviales, donde se generan movimientos de masa de suelos y roca.

2. El deslizamiento del frente de Huancalle producido en la temporada de lluvias 2010 fue producto de la cantidad de material cuaternario existente en el cuerpo, el mismo que se desliza pendiente abajo, este material fue sobresaturado por las precipitaciones pluviales, manantes y las aguas que desembocan de la Quebrada de Huancalle, produciendo deslizamientos menores, agrietamiento del terreno y fisuramiento en las casas, etc. los bloques, rodados, gravas de esta masa, tiene una matriz areno-limosa, factor que lo hace inestable.
3. En un primer momento dicho deslizamiento tenía un comportamiento propio de una reptación de suelos, el mismo que fue activado teniéndose actualmente un deslizamiento activo en la base del deslizamiento mayor.
4. El volumen de material cuaternario que se desplazaría en la parte activa del deslizamiento es de: 1 547 124 M3. De este volumen total, la reptación de suelos ocurrida en Huancalle antiguo (pista) y puente de Huancalle (frente del deslizamiento), el volumen aproximado sería de 321 516 m3.
5. Aproximadamente a 100 metros del cruce entre el río Huaracamayo y la carretera Huancalle Huatta, se nota el cauce saturado de material aluvional incluso basura arrojada por los pobladores; es el lugar donde se inicia la zona de inundación de los terrenos de cultivo de la margen derecha. Aguas abajo se nota el incremento de la pendiente de una manera brusca.

9.1.3. Conclusiones a nivel de Kallarayan

1. El tributario de Kallarayan está asentado principalmente dentro de rocas sedimentarias que contienen areniscas, lutitas, yesos y calizas, rocas de baja dureza y fácilmente intemperizada químicamente, características que hacen a esta zona fácilmente removible, se encuentran también rocas del volcánico Rumicolca.
2. Existe agua en volúmenes considerables en la zona, los mismos que por las últimas lluvias afloraron en varios lugares del tributario en forma espontánea, inclusive en las casas de los moradores de la zona, y en las partes altas de los cerros colindantes, produciendo flujos de barro.
3. Debido a la litología, la pendiente y la cantidad de agua existente en este tributario consideramos que es el tributario que aporta buena cantidad de material para que sea desplazado por el río Quesermayo.

9.2 CONCLUSIONES EN HIDROLOGÍA E HIDRAULICA

9.2.1 conclusiones a nivel de microcuenca

Mediante los cálculos precedentes, aunque se trate de estudios anteriores tienen plena vigencia, al tratarse de largas longitudes de registro, más de 20 años, con el agregado que en ese transcurso de tiempo se han registrado fenómenos como "el niño" y "la niña", tal es el caso de registrarse períodos temporales de sequias durante "el Niño" y de manera opuesta años de precipitaciones pluviales abundantes durante "la Niña". Claro que en esa parte se anotan los correspondientes a los períodos extremos como los registrados en el presente año.

Una fuente de comparación y aplicación eficaces está constituida por los registros meteorológicos, observados en la estación privada del autor y con una longitud registral que comprende el período entre los años del 2000 y hasta el 2009, aunque ya se tienen registrados los eventos hasta el día de la fecha (16-dic-2010), no es posible incluirlos sino hasta que haya concluido el presente año. Sin embargo como nota muy especial se incluye la comparación de los "eneros", hasta el presente año, por cuanto de que durante ese mes han tenido lugar los desastres más connotados en la región, así como la inclusión del mes de febrero del presente año, tuvo lugar la inundación del pueblo de Taray.

Existe un muy buen contraste de estaciones, entre las que se han considerado Cusco, Kayra y Pisac, a la que agregamos la estación privada, la misma que se encuentra apenas a una distancia de 860 m de la estación de Perayoc en la UNSAAC, y dentro de los 1000 m que es la máxima permitida longitudinalmente y con una diferencia de altura de apenas 23,00 m, menor a los 50,00 m ambas cifras se encuentran dentro de los parámetros de tolerancia para ser consideradas en el área de las estaciones de Cusco, y por tano pueden ser utilizadas en los cálculos para los estudios en la cuenca vecina colindante del Quesermayo.

Toda la información meteorológica presentada será una importante e imprescindible información para el desarrollo del presente estudio, a partir del cual se han realizado las proyecciones para la determinación de la recurrencia o los períodos de retorno de los eventos, así como la determinación de la probabilidad de la magnitud de los eventos en el tiempo, para los: 10, 25, 50, 100, 500, y hasta los 1000 años.

En aspecto meteorológicos los fenómenos han sido registrados adecuadamente, contando al respecto amplia información, y en el caso particular de las estaciones del contorno de la cuenca del Quesermayo, tales como la de SENAMHI en Kayra, Perayoc en la UNSAAC, y la estación privada del autor situada en la Av. Manzanares A-5 de esta ciudad, todas con buenas longitudes de registro y compatibles luego de haberlas contrastado. A ello se suman las estaciones del contorno como son las de Pisac, Calca y Urubamba.

Los análisis y estudios desarrollados de los fenómenos meteorológicos registrados, se concluye que las condiciones hidrológicas responden a un Período de Retorno

milenario, hecho que se demuestra fehacientemente, tanto por la estadística aplicada a los meteoros, cuanto a las máximas avenidas, calculadas y a través de los registros y cálculos desarrollados a partir de las marcas dejadas por tales avenidas.

9.2.2 Conclusiones a nivel de sector de cuenca

Es en esta condición donde se han estudiado las consecuencias de los eventos antes descritos, pues es en este aspecto dentro del cual se han estudiado las consecuencias de los estados atmosféricos, entre los que se han determinado las siguientes probabilidades de riesgos, por sectores:

1. **TRAMO I, QUEBRADA DE QUESERMAYO;** Desde la laguna y represa de Kellhuacocha y hasta el inicio de Chitapampa:

Con inicio en la Laguna de Kellhuacocha, la misma que almacena agua mediante una presa de concreto, cuyo estado de deterioro de la masa superficial de concreto merece ser reparado, las riadas del año pasado han generado una suerte de riesgos leves, por cierto afectando algunas viviendas en la parte baja, y que indebidamente se encuentran construidas a la orilla del río, para mitigar los riesgos se recomienda reponer y construir ya sean "peines" para la contención de los sólidos de arrastre, o los Gaviones disipadores de energía, dispuestos transversalmente al flujo de las aguas. Los que se instalaron con anterioridad han mostrado y eficiencia, con el agregado de ser económicos para efectos de su construcción, en este tramo del río e han identificado dos escenarios importantes:

Máxima Avenida Registrada: Las lluvias han originado una riada del orden de un caudal de $Q= 35.00\text{m}^3/\text{s}$, a la desembocadura del río en el sector de Chitapampa, sin haber generados circunstancias de Alto Riesgo, las fuertes pendientes de esta quebrada actúan como defensa, por ser un estrecho valle en "V".

Desembalse violento, por falla de la presa de Kellhuacocha: Este segundo escenario de riesgo en la indicada quebrada, en caso de ocurrir de manera aislada, vale decir, sin lluvias, no reviste ocasión de riesgo importante, hecho que se deduce del Modelo Computarizado, mediante el cual se ha simulado a través de un hidrograma de descarga, que el caudal máximo tendría valores menores a los generados por la máxima precipitación pluvial, cuyos efectos han sido comprobados por los acontecimiento del año pasado. El pico de las descarga se encuentra entre los 15 y 30 minutos de ocurrido el colapso, y con un tiempo de depresión superior a las seis horas.

Para el caso de ocurrir una conjunción de dos fenómenos; el primero la falla violenta de la represa, y el segundo, la ocurrencia simultánea de la máxima

precipitación pluvial. Generarían un caudal no mayor a la ocurrida durante la máxima avenida del año pasado, salvo la ocurrencia de una "ola" de pequeña altura durante el pico y de rápido paso con la presencia de otras olas menores, hasta estabilizar el caudal. Ello se debe a la fuerte pendiente del cauce en ese tramo del río. El mayor efecto producido queda determinado por un arrastre extraordinario de materiales sólidos, los mismos estaría disminuyendo su diámetro, conforme disminuyen las pendientes del cauce y por tanto las velocidades relativas del agua.

2. **TRAMO II**, Comprendido entre la desembocadura en Chitapamapa y hasta el encuentro con el tributario Kallarayan

En todo el sector la pendiente del cauce del río es relativamente pequeña, y por tanto la magnitud y calidad de los sólidos de arrastre son considerables al inicio del curso y de menor cuantía conforme las aguas recorren el cauce, el fenómeno observado en el sector es un entarquinamiento de materiales sólidos en el cauce, tanto del principal así como de los tributarios provenientes de Ccorao, Bandurani y Rayanniyoc, no hay riesgos importantes y la recomendación es la de Profundizar y Limpiar los cauces. Para evitar el aniego de los campos laterales y continuos a las riveras de río, más allá de las franjas marginales.

3. **TRAMO III**, Comprendido entre el tributario Kallarayan y el tributario e Huancalle:

Sobre el particular han merecido especial análisis y estudio las ocurrencias en este encuentro de ambos ríos, dado a que en ocasiones anteriores, inclusive históricas, se ha producido el desborde de las aguas rebasando a la vía asfaltada Cusco – Pisac, con el consiguiente deterioro de la misma.

Los cálculos efectuados muestran la magnitud y los efectos causados por la riada, una de ellas en el mes de marzo del año 2010, a cuya ocurrencia la empresa encargada del mantenimiento de esa vía, ha descolmatado el cauce y construido un muro ciclópeo, con una altura de 1,20 m sobre el nivel del asfalto, desde el puente peatonal de madera, sobre el Quesermayo y a apenas 5,00 m del encuentro con su tributario el Kallarayan, y hasta la ubicación de viviendas construidas a no más de 30,00 m las mismas que si registran alto riesgo y deben ser reubicadas. En el mes de diciembre del año 2010, se produjo una avenida máxima en el tributario de Kallarayan en razón a una precipitación pluvial Concentrada en su cuenca, y que ocasionó el relativo embalse y retroceso de las aguas del Quesermayo y por tanto la Sedimentación de los sólidos de arrastre. Las aguas no alcanzaron los niveles del muro de concreto y por tanto no hubo desborde. Es recomendable

descolmatar el cauce del río más allá del puente de Concreto Armado que se encuentra aguas abajo.

4. **TRAMO IV.** Con inicio en el encuentro del Kallarayan y Quesermayo y hasta el encuentro del Quesermayo con el tributario Huancalle:

En el recorrido de este tramo hay el encuentro en la margen derecha, con el tributario "Pinchicmayo", proveniente de la zona con origen en el cerro Huaynapicol, y con un cauce compartido con el sector de Rayanniyoc, comprende parte de la población de Matinga y a mayor altura con Amaru, no registra riesgos mayores y sus avenidas son asimiladas por el río Quesermayo, el mismo que tiene un cauce profundo en ese sector.

Aguas abajo y por la margen derecha del Quesermayo, se produce el encuentro con el tributario de Huancalle, el mismo que puede registrar una Avenida Milenaria, del orden de:

$$Q_{\text{huancalle}} = 21.63 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Con dicho caudal el caudal milenario que llega a TARAY es de:

$$Q_{\text{taray}} = 110,00 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Caudal que se asume para la presente conclusión y recomendación, al margen de presentar el sector de Huancalle un escenario marcado en los estudios geológicos y geodinámicos, y que se trata de un Deslizamiento en la zona, el mismo que dentro de un supuesto probable represaría las aguas del río Quesermayo, llegando la altura de la represa artificial creada por la caída de material deslizado sobre el cauce del río a la altura del río tributario de Huancalle, llegando a una altura con nivel en el puente existente. En este supuesto probable, se encontrarían las siguientes conclusiones:

El material deslizado puede llegar a los 200 000 m³.

La represa formada por el deslizamiento alcanzaría la altura de 30,00 m desde el fondo de la quebrada.

Se ha estudiado y aplicado una Hoja de Cálculo, a partir de los tirantes críticos, la misma que se puso en práctica en el desembalse causado por el alud del AOBAMBA sobre la C.H. de Machupicchu, con resultados monitoreados, y de igual magnitud relativa a los calculados, validando la teoría de cálculo aplicada.

En el supuesto que en esos instantes el río Quesermayo, registraría un caudal $Q = 110 \text{ m}^3/\text{s}$. (Milenario), el embalse se llenaría en 37 minutos.

Considerando al desembalse de manera asilada, es decir con su propio caudal de desembalse, el MÁXIMO sería de $Q_{\text{Desembalse}}=23,34$ m³/s, ocurriendo al minuto 40, a partir del inicio, y con un tirante de aguas máximo de 1.60 m. El abatimiento de los caudales ocurriría en el minuto 360, vale decir al cabo de seis horas.

El caudal Máximo de desembalse es menor al caudal milenario del río QUESERMAYO, y por tanto, considerando solamente el flujo hidráulico, no causaría problemas de riesgo de inundación en TARAY por ese motivo.

5. **TRAMO V:** Comprendido entre unión con el tributario de Huancalle, (Km 0+00 al Km 2+500 visto en planos adjuntos) que marca el inicio de delta del Valle.

Los sólidos de arrastre provenientes del material deslizado, por la distancia del mismo al centro poblado (2,5 Km) y sobre todo por la gran diferencia de alturas entre esos puntos, (360 m), con una pendiente promedio de: $S=0.144$ ($P=14.4\%$), que es extraordinaria quedarían disipados en su conformación, vale decir, quedarían total y completamente molidos, hecho que puede comprobare al observar que en el desborde e inundación sobre el pueblo de Taray, no se ha notado la presencia de material constituido por bolones, piedras de regular tamaño, que podrían generar riesgos que marquen vulnerabilidad frente a esa contingencia.

Con el agregado de que se trata de una quebrada en "V", y por lo tanto no significaría riesgo probable a la población de TARAY, en forma de "HUAYCO" es decir constituida por lodos, y piedras de pequeños tamaños, (Cantos rodados).

6. **TRAMO VI:** Comprendido entre el inicio de delta del valle, cruzando la población de Taray y hasta el encuentro con el río Vilcanota:

Es ese el Sector de riesgo mayor, como pudo comprobare en febrero del 2010, al producirse una máxima avenida, la misma que inundó a la población, causando el humedecimiento de los cimientos en muchas viviendas, colapsando algunas de ellas y dejando en condición de inhabitables a otro tanto mayor.

Lamentablemente se registró el fallecimiento de los miembros de toda una familia al haberse desplomado su vivienda, y este solo acontecimiento es el motivo del presente estudio.

Se puede afirmar que el río Quesermayo en ese sector prácticamente no tiene un cauce bien definido, si bien es cierto que ha soportado pequeñas crecidas,

que no han causado mayores problemas, hasta que se ha dado una fuerte avenida, la misma que ha registrado similares avenidas en el tiempo conforme se desprende de los relatos antiguos inclusive vinculados a la historia de nuestra nación. Si hubo un cauce, este se encuentra total y completamente colmatado, ha sido la causa del desborde del río.

9.3 RECOMENDACIONES GENERALES

Cabe destacar que las recomendaciones que aquí se plantean fueron recomendaciones producto de las conclusiones del estudio pero con aportes y consensos de los estudios realizados

9.3.1 Cuenca alta

1. Continuar y reponer, con el mismo material los disipadores de energía kellhuacocha, entre Chitapampa – Rayannilloc, continuar con la descolmatación y limpieza del río además declarar que son zonas no urbanizable y proponer las zonas aledañas cómo áreas recreacionales.
2. Realizar un diagnostico de las condiciones estructurales del dique de la laguna de Kellhuacocha.

9.3.2 Cuenca media Quesermayo

1. En el curso a la altura del zoológico, se propone enderezar el cauce del río para evitar la erosión lateral y afectación a la base de la vía, con esta medida generaremos un curso más recto y fluido que generaría la socavación de la base debido a velocidad del flujo, es por ello que la propuesta se complementa con la construcción de disipadores de energía que aminore la pendiente y velocidad del flujo.
2. Entre Pichicmayo hasta Huancalle, por la margen izquierda del río Quesermayo realizar estudio de estabilidades de taludes considerando la mecánica de rocas, para conocer medidas puntuales para estabilidad de taludes y determinar zonas de habitabilidad en la comunidad campesina de Kaqaqollo.
3. Mantenimiento y evaluación constante frente daños sobre la vía a cargo de Provias – MTC
4. En la zona de Sutoq, se evidencia grandes diaclasas y manantes, se recomienda a corto plazo un desquinchado de los bloques sueltos y a largo plazo estudio geofísicos e hidrogeológicos para ubicar los manantes y captar agua que satura el suelo.

5. Frente al mirador de Taray en la margen izquierda del río Quesermayo se evidencia deslizamientos activos para lo cual se recomienda realizar un estudio puntual de estabilidad de taludes.

9.3.3 Cuenca media Kallarayan

1. En el punto de encuentro de kallarayan y Quesermayo se plantea limpieza del fondo para evitar el arenamiento y depositación de material, así también se recomienda la posible variación del curso del río en sentido diagonal en el encuentro con el río Quesermayo, para evitar que el flujo de este bloquee la carretera Cusco – Pisac.
2. En el curso del río kallarayan se plantea la implementación de disipadores, gaviones y/o peines transversales así como sedimentadores que retenga material y evite el arrastre de sólidos, pero previo estudios de mecánica de suelos, que determine la capacidad portante de suelos con el fin de determinar el mejor material a usar.
3. A largo plazo para evitar la generación de nuevo material a través de forestación controlada, que estudios de agronomía tendrían que definir el tipo de arbusto más adecuado.
4. Desmontar el estadio de kallarayan debido a la sobrecarga de material sobre un suelo inestable que genera peligro inminente.

9.3.4 Cuenca media Huancalle

1. Implementar un sistema de monitoreo topográfico del deslizamiento de Huancalle, que conforme el Sistemas de Alerta Temprana SAT de la ciudad de Taray.

Cuadro N° 17 Coordenadas de puntos de control

PUNTO	E	N	ALTURA (m.s.n.m.)	RECEPCION DE CELULAR	TERRENO	TIPO DE PUNTO
Pto N° 01	1888031	8511222	3446	Si existe	Afloramiento rocoso	Monumentar un hito
Pto N° 02	188130	8510777	3470	Si existe	Formación rocosa.	Observación ligera
Pto N° 03	188199	8511073	3508	Si existe	Formación rocosa.	Observación ligera

PUNTO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	RECEPCION DE SENAL DE CELULAR
1	188519	8511138	3377	Si existe
2	188571	8511002	3426	Si existe
3	188564	8510966	3443	Si existe
4	188498	8510885	3444	Si existe
5	188472	8510922	3436	Si existe



6	188432	8510992	3424	Si existe
7	188474	8511249		Si existe
8	188381	8511161		Si existe
9	188468	851117		Si existe
10	188419	8511106		Si existe
11	188378	8511164		Si existe

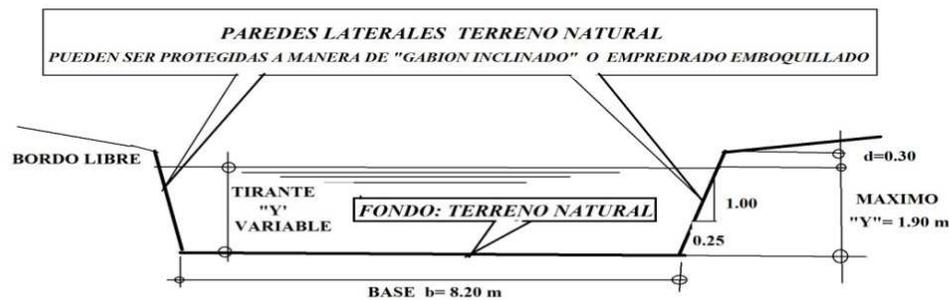
2. Realizar un estudio geofísico que considere un sondaje electro vertical SEV, así como un estudio de subcuenca y los flujos subterráneos de agua, para determinar con precisión la potencia del deslizamiento.
3. Disipadores de energía con madera dentro de las márgenes del río Huaracamayo entre las zonas de mayor pendiente hasta el encuentro con la vía de comunicación.
4. Limpieza del cauce del río Huaracamayo para evitar inundaciones al CC.PP de Huancalle considerando el caudal máximo que se generan en el estudio.
5. En la zona de ubicación de manantes y bofedales reforestar con eucaliptos controlados para evitar sobrepeso y aminorar el flujo de agua subterránea que satura el suelo.
6. Fortalecer la capacidad de manejo del recurso hídrico que evite la percolación generando saturación del suelo.

9.3.5 Cuenca baja Quesermayo

1. Mejorar y ampliar el cauce del río considerando una sección promedio de 8.50 m en la base y 2.2 m de altura considerando el borde libre (sección trapezoidal) con taludes inclinados que permitiría soportar la recurrencia de una nueva avenida milenaria (110 m³/s)

Figura N° 68 Diseño de sección promedio para el río Quesermayo

SECCION CANAL RIADA MILENARIA QUESERMAYO
CAUDAL MAXIMO MILENARIO $Q=110.00 \text{ m}^3$.
SECCIÓN DEL CANAL 20.00 m^2 .
LONGITUD TOTAL DEL CANAL $L= 1460.00 \text{ m}$.
AREA LATERAL $La = 3000.00 \text{ m}^2$.
VOLUMEN TOTAL $Vt=29200 \text{ m}^3$.

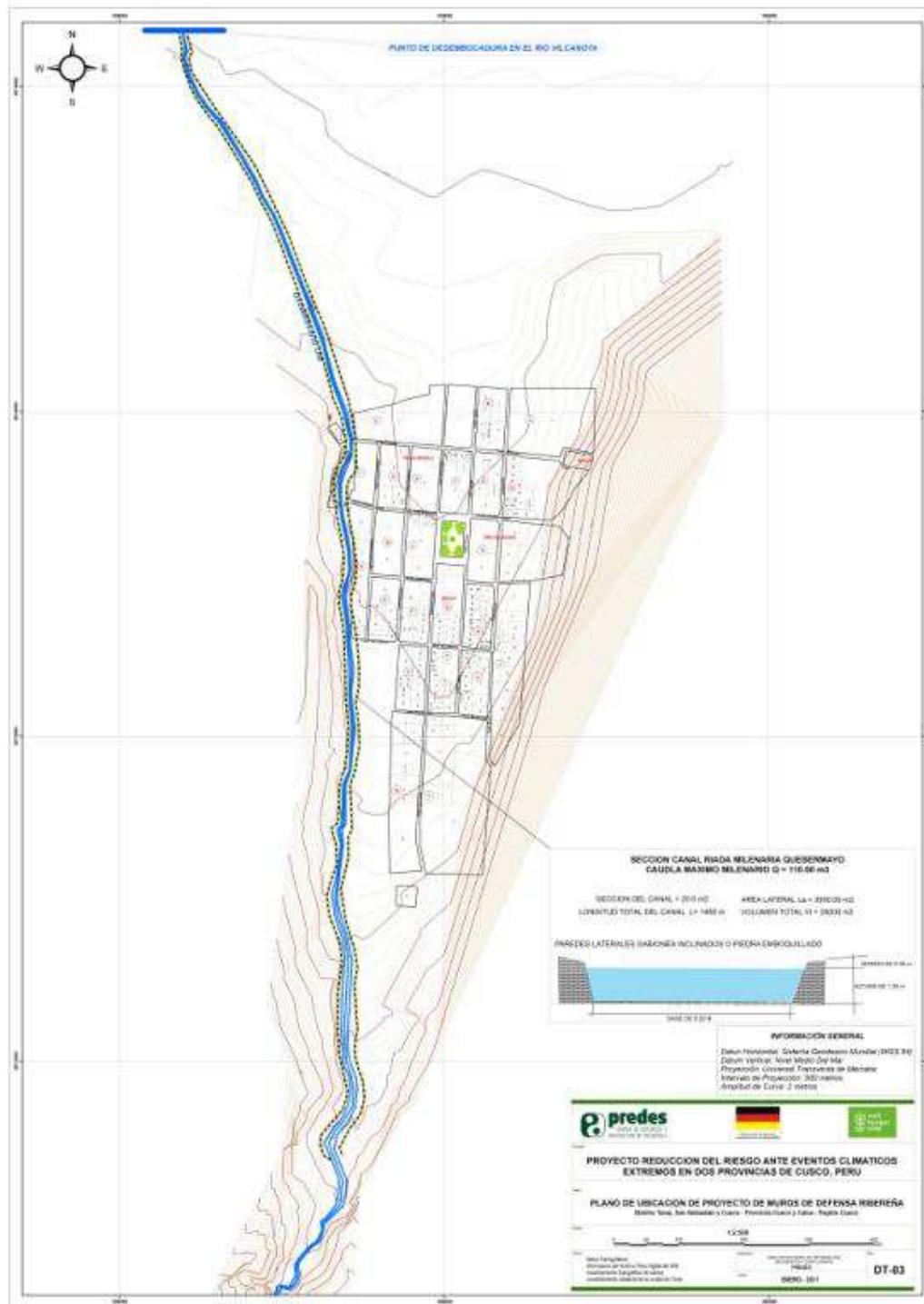


predes

DISEÑO: Ing. Victor Manuel CHAVEZ GONZALES
 REG. C.I.P. N° 14992

2. Revestir las paredes la laterales del rio con gaviones o empedrado emboquillado a los largo del curso que comprende desde el encuentro del Quesermayo con el río Vilcanota hasta la cabecera del cono deyectivo, punto en el cual se enlaza con un muro de contención en el inicio a manera de embudo.
3. La reubicación de las manzanas I, N, C, que comprenden 11 lotes, lo cual permitirá tener un área para la faja marginal y la posible diseño y construcción de un malecón con fines turísticos y de recreación
4. Si se cumple con las recomendaciones planteadas a lo largo del estudio tanto del punto de vista geológico como hidrológico podremos recomendar que no se plantee la reubicación de la población a excepción de las manzanas I, N, C que involucra 11 lotes, debido a que se tiene que respetar la faja marginal, además esta aseveración se refuerza ya que las zonas pre seleccionadas para una posible reubicación de la población se encuentran en zonas con la misma altura que la actual ubicación, lo que quiere decir que la vulnerabilidad en función de la exposición será la misma

Figura N° 69 Mapa de Ubicación de la zona de





Ministerio de Cooperación
Internacional de Alemania (BMZ)



CENTRO DE ESTUDIOS Y
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Cap10

ANEXOS

FICHAS DE PROYECTOS

Este resultado final es producto del análisis realizado desde el punto de vista de la gestión de riesgos que comprende de diferentes elementos que ayudan a una adecuada gestión del territorio y del afianzamiento de una sociedad dentro del concepto de la prevención, es así que desde este enfoque de desastres donde una de las partes es la identificación de peligros que para este caso significo un realizar un diagnostico completo de las características Geológico – Geodinámico - Hidrológico – hidráulicas, de la microcuenca Quesermayo, teniendo dos puntos focales de acción que son la quebrada de Kallarayan y Huancalle, producto de estos estudios e identificación de peligros se plantearon áreas críticas que necesitan acciones tanto de prevención y de protección para resguardar la integridad de las poblaciones asentadas a lo largo de la microcuenca y de los recursos de los que se disponen.

Es por ello que las medidas que se recomiendan dentro de la metodología del presente estudio tiene que estar plasmadas en fichas técnicas que nos permitan conocer de forma rápida cual es el problema quienes son los afectados y cuáles son las propuestas o medidas de tratamiento, esta ficha pretende ser un instrumento para la formulación de futuros perfiles técnicos de proyecto para poder así concretizar las recomendación aterrizando las propuestas en función de elementos que lo hagan técnica y económicamente viable.

El sentido lógico de las fichas responde ir desde lo general a lo específico, es por ello que existe una primera ficha que significa el posible proyecto que contenga las diversas propuestas es decir la propuesta de un manejo integral de la cuenca de Quesermayo y a partir de esta se desglosan mas fichas técnicas que ayuden a detallar cada una de las actividades ubicando así cada una de las recomendaciones del estudio, con el único objetivo de asegurar la seguridad física de la población generando un medio adecuado para el desarrollo sostenible de la microcuenca, adecuando de la mejor forma el uso de los suelos en función de sus características.

Ficha N° 1

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU					
PROYECTO:			PROGRAMA		
“MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DE QUESERMAYO”			Gestión de Riesgo ante Desastres		
			CÓDIGO		
1.	ASPECTOS GENERALES				
	1.1 UBICACIÓN	1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS	1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO		
	Región: Cusco	Gobierno Regional Cusco, Comités Provinciales de Defensa Civil de Calca y Cusco.	1.4 PRIORIDAD		
	Provincia: Calca, Cusco				
	Distrito: Taray, Cusco, San Sebastián.				
2.	IDENTIFICACIÓN				
	2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			2.2 BENEFICIARIOS	
	Las características geológicas – geodinámicas de la microcuenca Quesermayo y en especial de sus tributarios kallarayan y Huancalle sumadas a las cambiantes condiciones climáticas producto del cambio climático vienen intensificando su inestabilidad debido, convierten a esta cuenca en una zona con de peligro Alto – Muy Alto, estas condiciones se suman al gran problema que es la exposición vulnerable de los centros poblados como Kallarayan, Kaccacollo, Huancalle y sobre todo Taray.asi mismo la exposición de la infraestructura de uso común lo que en términos generales generan un escenario de alto riesgo, que limita el adecuado desarrollo en la microcuenca.			Directos: Pobladores de las CC de las Microcuencas de, Taray, Kallarayan, Ccaccacollo, Qusermayo, Hucramayo, Pincheq, Ccorao.	
3.	FORMULACIÓN DEL PROYECTO				
	3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN		
	EL proyecto busca generar un medio físicamente seguro, donde los posibles riesgos estén reduciéndose a partir de las buenas prácticas expresadas en el manejo integral de la cuenca y las infraestructuras de protección que reduzcan el posible impacto de un determinado evento. Para el desarrollo del proyecto se plantean diferentes componentes como son: -Componente de Manejo de áreas degradadas. -Componente de Control de cárcavas. -Componente de Obras hidráulicas. -Componente de extensión comunitaria. -Componente de agricultura sostenible.		4 años		
	3.2 OBJETIVOS				
	-El uso adecuado y sostenido de los recursos. -El empoderamiento de la población existente en la zona en temas referidos a gestión de riesgo de desastres en un contexto de cambio climático. -Estabilización y control de los diferentes procesos geodinámicos así como hidrometeorológicos movimientos de remoción en masa así como de la erosión existente en toda la cuenca.				
4.	ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS				
	4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO				
	Gobierno Regional Cusco Municipalidad provincial de Calca, Municipalidad distrital de Taray con presupuesto de Canon y sobre canon previo SNIP				

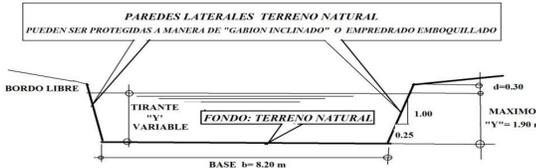
Ficha N° 2

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU					
COMPONENTE:			PROGRAMA		
"MANEJO DE AREAS DEGRADADAS"			Gestión de Riesgo ante Desastres		
			CÓDIGO		
1. ASPECTOS GENERALES					
1.1 UBICACIÓN		1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS	1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO		
Región	Cusco		1.4 PRIORIDAD		
Provincia	Calca, Cusco				
Distrito	Taray, Cusco, San Sebastian.	Gobierno Regional Cusco, Comites Provinciales de Defensa Civil de Calca y Cusco.			
2. IDENTIFICACIÓN					
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			2.2 BENEFICIARIOS		
Los eventos climáticos extremos producto del cambio climático, asociado a la topografía y fallas erosionan las laderas y quebradas de la Cuenca de Quesermayo, generando la ocurrencia de flujos que se relacionan de forma directa con la pérdida del recurso suelo, saturación de canales, perdida de infraestructura de riego, y el impacto a zonas de los centros poblados mencionados.			Directos: Pobladores de las CC de las Microcuencas de, Taray, Kallarayan, Ccaccacollo, Qusermayo, Hucramayo, Pincheq, Ccorao.		
3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO					
3.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE			3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN		
Construcción de obras de estabilización de taludes para evitar la erosión en las laderas y ríos. A Través de la construcción de muros secos en zonas de ladera y la conducción de aguas a zonas controladas			1 año		
3.2 OBJETIVOS					
-Estabilización y control de los movimientos de remoción en masa así como de la erosión existente en toda la cuenca. -Reducir la velocidad del agua. -Retener el material de arrastre. -Captar las aguas de escorrentía en las zonas altas y conducir las hacia cauces controlados.					
4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS					
			4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO		
			Gobierno Regional Cusco Municipalidad provincial de Calca, Municipalidad distrital de Taray con presupuesto de Canon y sobre canon previo SNIP		

Ficha N° 3

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU						
COMPONENTE:			PROGRAMA			
"CONTROL DE CARCAVAS"			Gestión de Riesgo ante Desastres			
			CÓDIGO			
1.	ASPECTOS GENERALES					
	1.1 UBICACIÓN		1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS		1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO	
	Región	Cusco	Gobierno Regional Cusco, Comités de regantes comunidades campesinas Comités Provinciales de Defensa Civil de Calca y Cusco.U			
	Provincia	Calca, Cusco			1.4 PRIORIDAD	
	Distrito	Taray, Cusco, San Sebastián.				
2.	IDENTIFICACIÓN					
	2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			2.2 BENEFICIARIOS		
	Debido a la abundante existencia de material cuaternario principalmente cerca a la red hídrica, existen zonas en donde la formación de cárcavas se viene acentuando constituyendo zonas de alto riesgo, producto también de las altas pendientes, que genera la pérdida de suelo y recursos biológicos			Directos: Pobladores de las CC de las Microcuencas de, Taray, Kallarayan, Ccaccacollo, Qusermayo, Hucramayo, Pincheq, Ccorao.		
3.	FORMULACIÓN DEL PROYECTO					
	3.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE			3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN		
	Este componente involucra realizar obras de estabilización donde lo plantea el estudio que busquen el control y recuperación de cárcavas, para evitar la erosión del suelo, las obras en resumen serian. -La construcción de diques de piedra –gaviones. -La construcción de diques de madera. -La construcción de enrejados de madera.			1 año		
	3.2 OBJETIVOS					
	-Estabilización y control de los movimientos de remoción en masa así como de la erosión existente en toda la cuenca. -Proteger y estabilizar el terreno en especial las partes bajas de la cuenca.					
4.	ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS					
	4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO					
	Gobierno Regional Cusco Municipalidad provincial de Calca, Municipalidad distrital de Taray con presupuesto de Canon y sobre canon previo SNIP					

Ficha N° 4

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU					
COMPONENTE:			PROGRAMA		
“OBRAS HIDRAULICAS”			Gestión de Riesgo ante Desastres		
			CÓDIGO		
1.	ASPECTOS GENERALES				
	1.1 UBICACIÓN	1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS	1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO		
	Región	Cusco	Gobierno Regional Cusco, Comités de regantes comunidades campesinas Comités Provinciales de Defensa Civil de Calca y Cusco.		
	Provincia	Calca, Cusco			
	Distrito	Taray, Cusco, San Sebastián.			
				1.4 PRIORIDAD	
				Alta	
2.	IDENTIFICACIÓN				
	2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			2.2 BENEFICIARIOS	
	A causa de las precipitaciones pluviales en época de lluvias sobre un curso colmatado y sobre la población que esta vulnerable principalmente en la ciudad de Taray.			Directos: Pobladores del centro poblado de Taray,	
3.	FORMULACIÓN DEL PROYECTO				
	3.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE			3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN	
	Este componente implica controlar y regular los torrentes que se forman en época de lluvias dentro de la cuenca a través de: -La limpieza y ampliación del cauce del río Quesermayo en la parte baja como lo detalla el estudio, - Construir obras de contención (gaviones) - Realizar mantenimiento constante para descolmatar el río			1 años	
	3.2 OBJETIVOS				
	-Estabilización y control de los movimientos de remoción en masa así como de la erosión existente en toda la cuenca. -Reducir el riesgo de inundaciones.				
4.	ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS				
	4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO				
	Gobierno Regional Cusco Municipalidad provincial de Calca, Municipalidad distrital de Taray con presupuesto de Canon y sobre canon previo SNIP				

Ficha N° 5

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU					
COMPONENTE:			PROGRAMA		
“EXTENSION COMUNITARIA Y AGRICULTURA SOSTENIBLE”			Gestión de Riesgo ante Desastres		
			CÓDIGO		
1. ASPECTOS GENERALES					
1.1 UBICACIÓN		1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS		1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO	
Región	Cusco	Gobierno Regional Cusco, Comités de regantes comunidades campesinas Comités Provinciales de Defensa Civil de Calca y Cusco.		1.4 PRIORIDAD	
Provincia	Calca, Cusco				
Distrito	Taray, Cusco, San Sebastian.				
2. IDENTIFICACIÓN					
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			2.2 BENEFICIARIOS		
La falta de capacitación y sensibilización de la población, en especial de las autoridades a todos nivel en temas en incorporar proyectos de desarrollo con el enfoque de Gestión de Riesgo hace que no se tenga un manejo adecuado de los recursos y que exista una carente concientización en temas de prevención frente a desastres naturales y lo que exacerba aun mas los procesos			Directos: Pobladores de las CC de las Microcuencas de, Taray, Kallarayan, Ccaccacollo, Qusermayo, Hucramayo, Pincheq, Ccorao.		
3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO					
3.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE			3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN		
- Este componente contempla la capacitación e implementación de medidas de manejo de recursos de forma sostenida. - En el caso de Autoridades fomentar el desarrollo de proyectos con enfoques de GRdD debido a los eventos naturales cada vez mas continuos en la zona de estudios			2 años		
3.2 OBJETIVOS					
-El empoderamiento de la población existente en la zona en temas referidos a gestión de riesgo de desastres. - Generar mejor capacidad técnica en la formulación de proyectos de Inversión pública con un enfoque de riesgos considerando la gran dinámica de la microcuenca.					
4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS					
4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO					
Gobierno Regional Cusco Municipalidad provincial de Calca, Municipalidad distrital de Taray con presupuesto de Canon y sobre canon previo SNIP					

Proyecto

“Reducción de riesgo ante eventos climáticos
en dos provincia de Cusco, Perú” 2010 - 2011



Figura N° 70 Mapas de Peligro Geológico

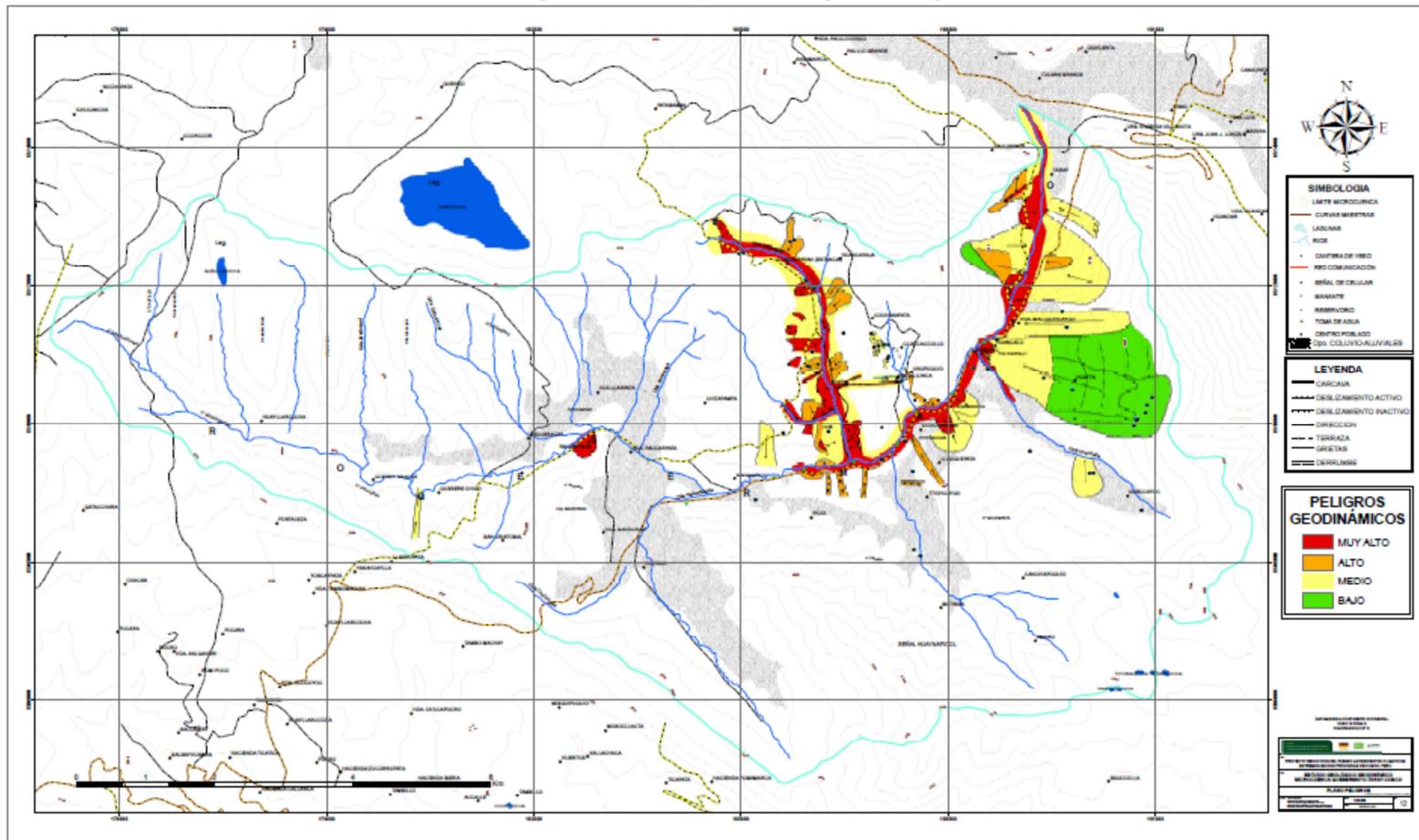
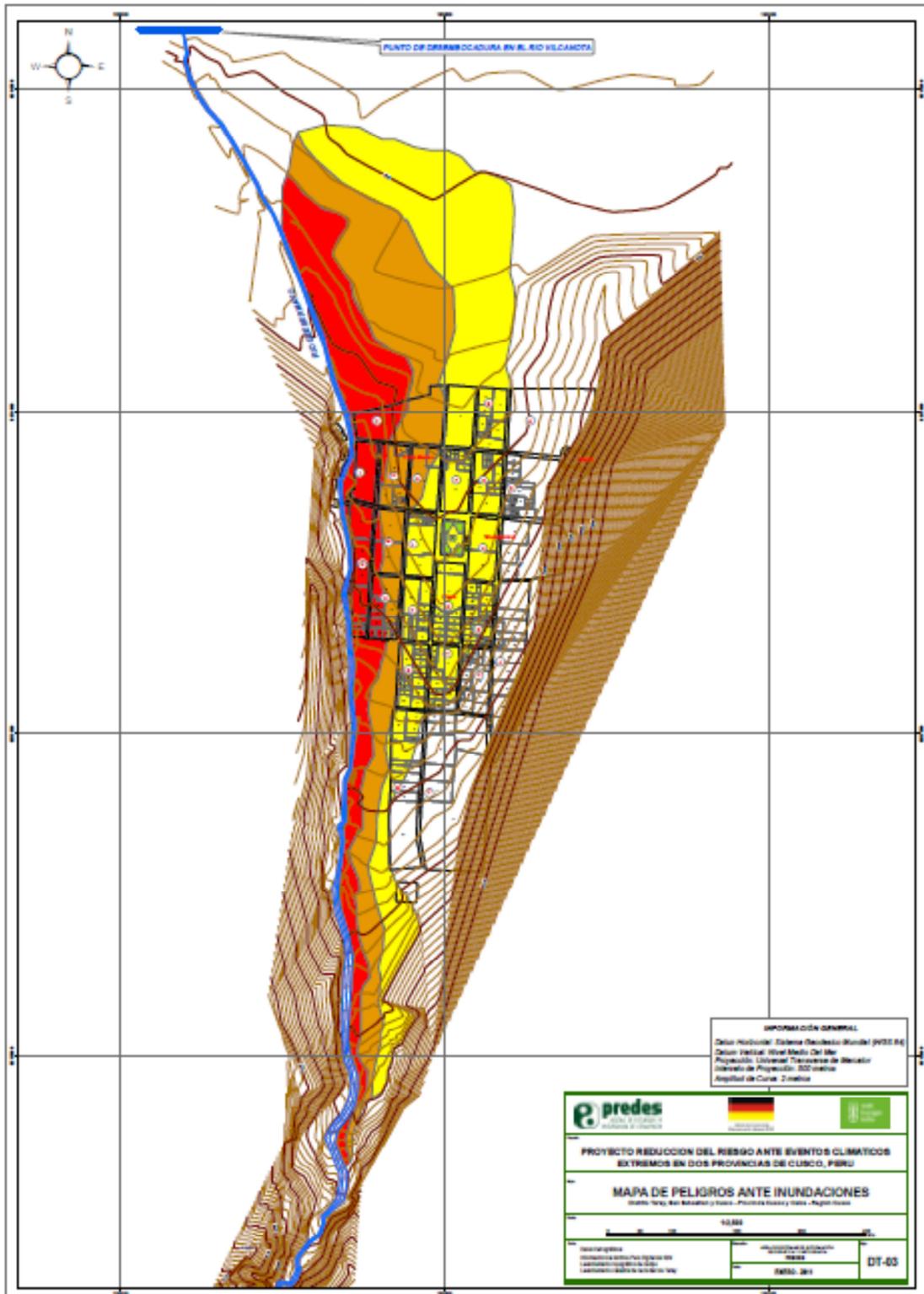
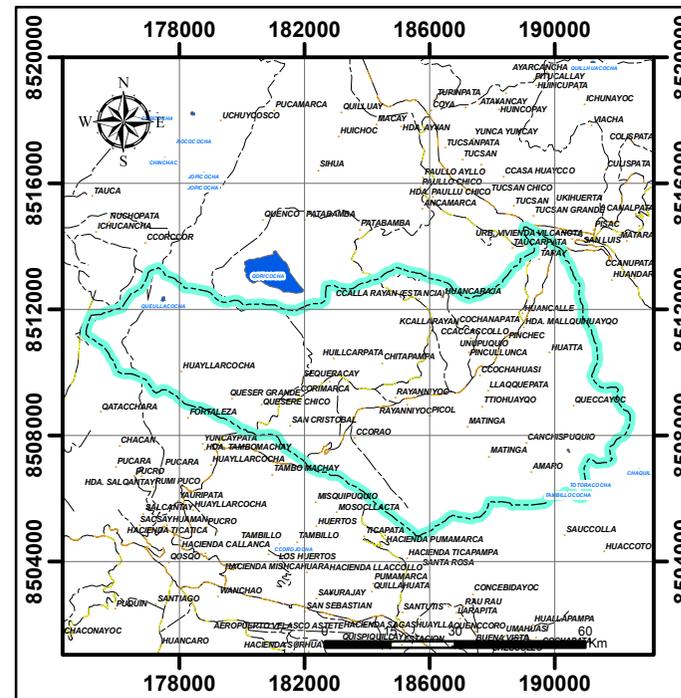
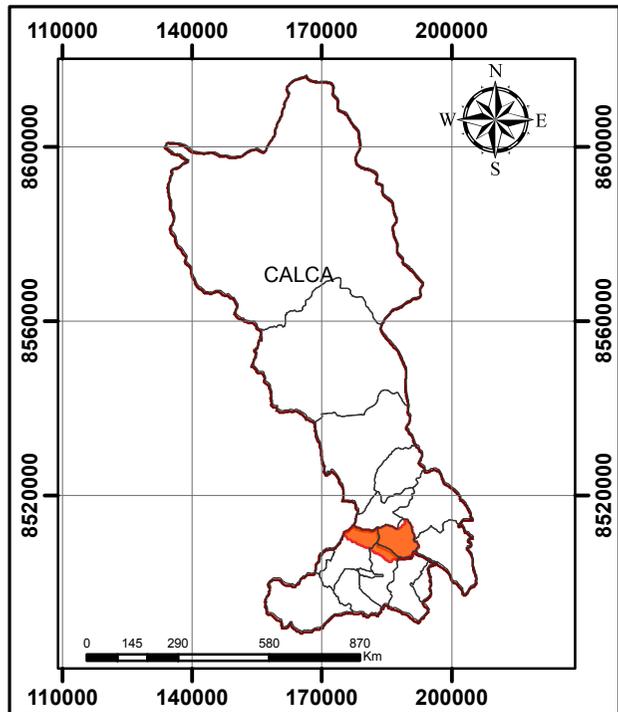
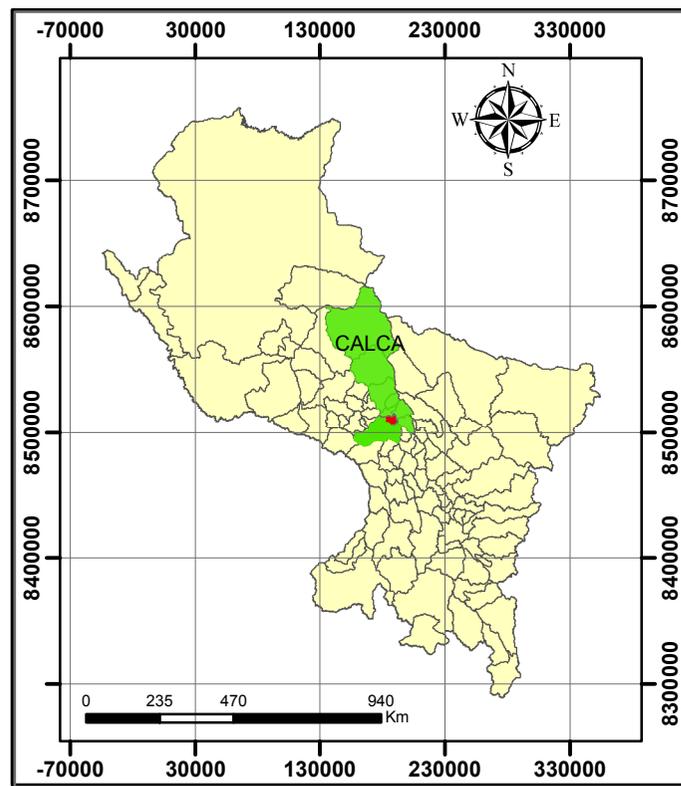
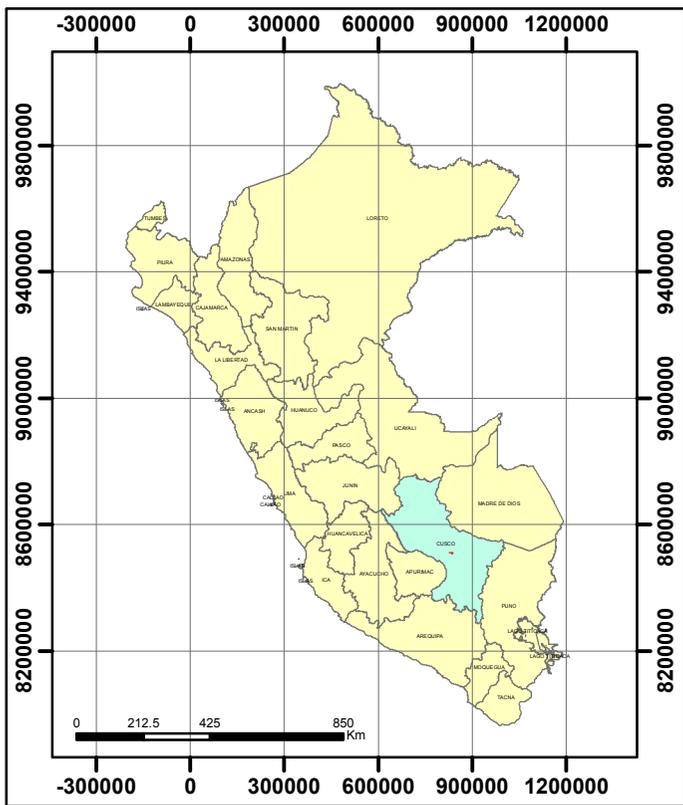


Figura N° 71 Mapa de peligro ante Inundaciones

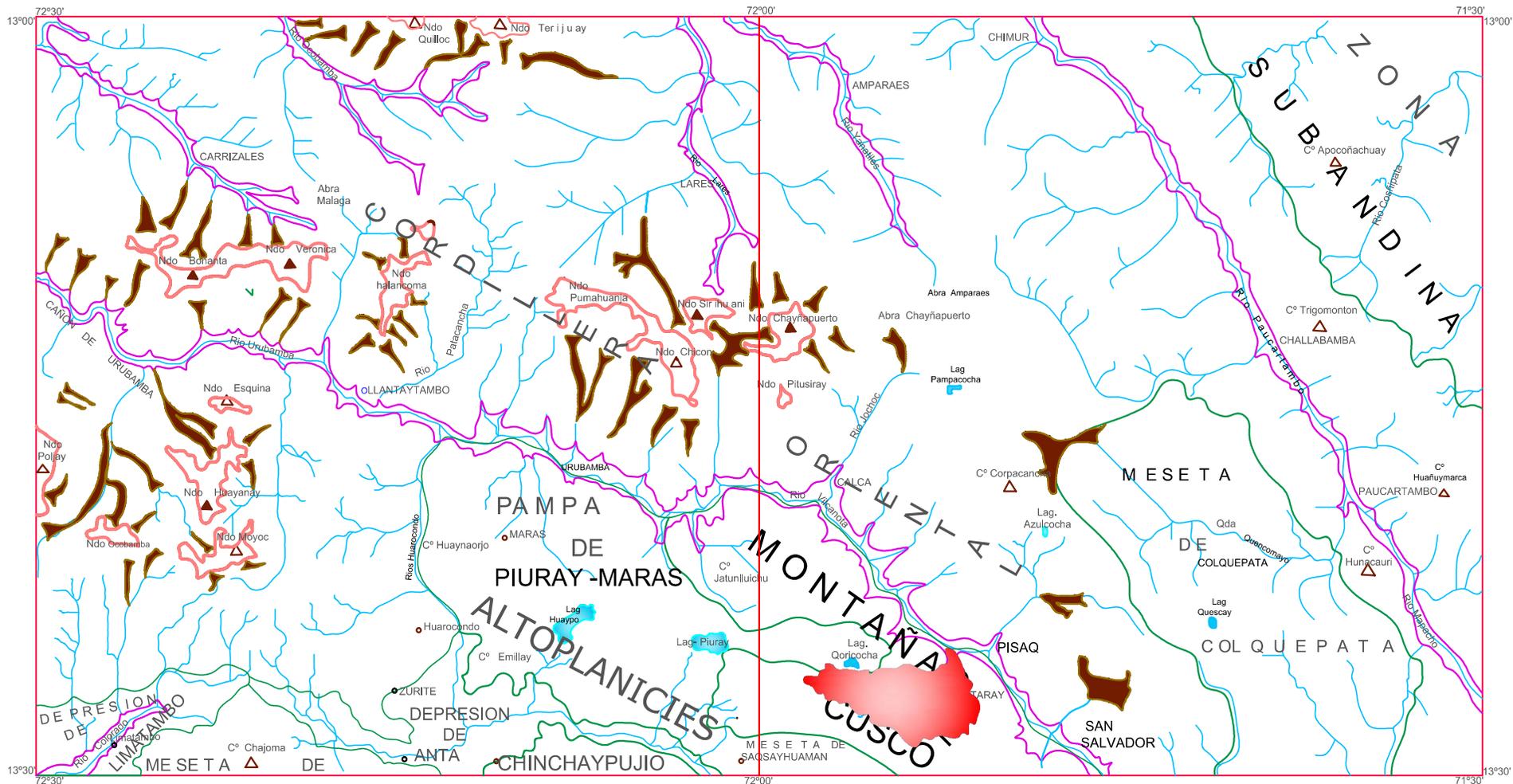


MAPAS



DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
 HUSO 19 ZONA S
 CUADRÁNGULO 27 S

PROYECTO REDUCCIÓN DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU	
ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO	
PLANO UBICACIÓN	
<small>Datos Catastrales Información de Atributos: Plano Digital del CUSCO Fuente: © GREDIS, GIZ, GREDIS Información del Sistema de Proyección y Coordenadas Información: Proyección: Sistema de Coordenadas Geográficas</small>	<small>FEBO FEBO FEBO</small>
<small>FEBO</small>	<small>FEBO</small>



**DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
HUSO 19 ZONA S
CUADRANGULO 27 S**

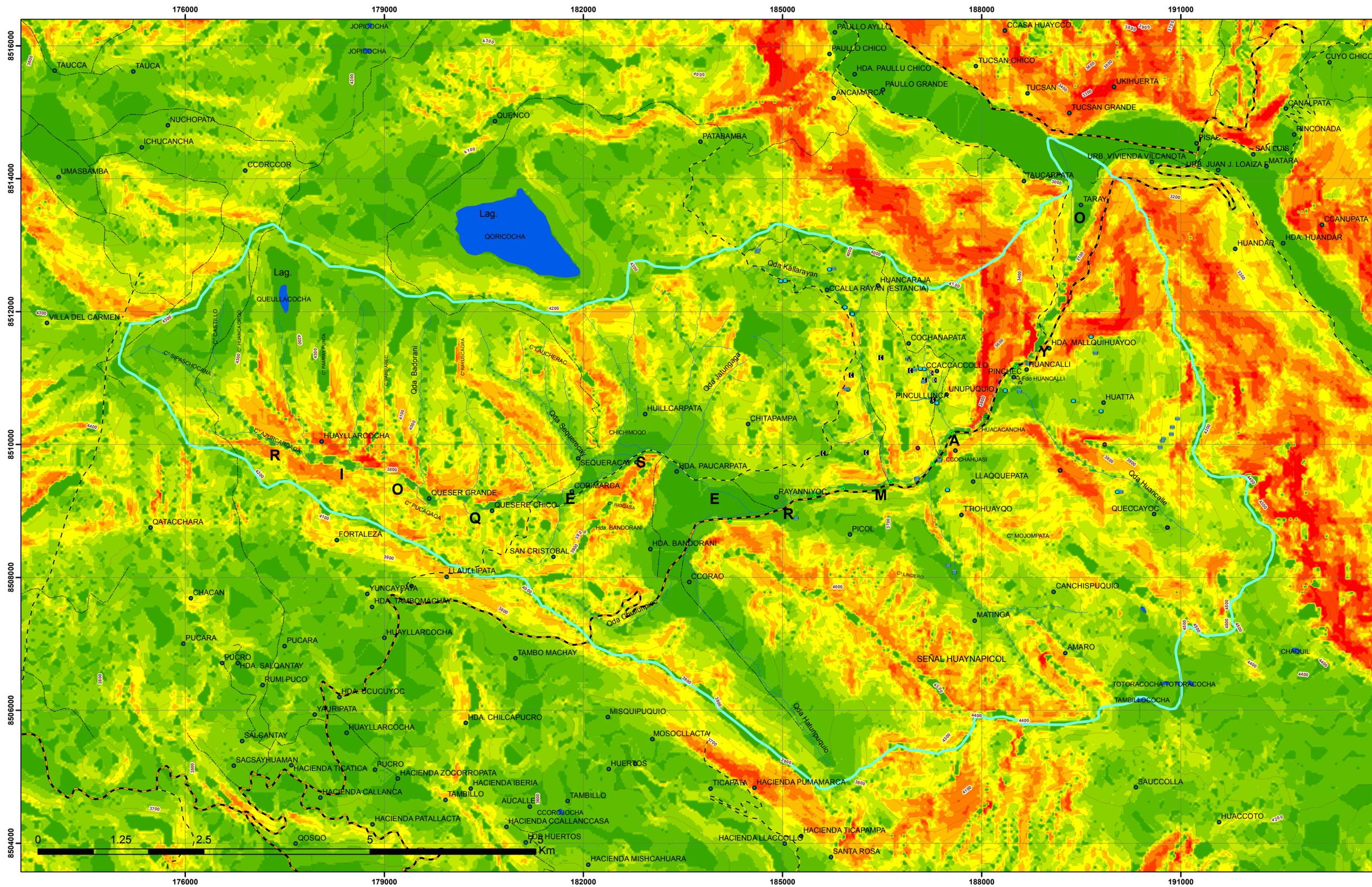
**PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS
EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU**

**ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO
MICROCENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO**

PLANO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

Fecha Cartografía: Elaboración del Mapa Geomorfológico: Escala del Mapa Geomorfológico: 1:50,000 Información del Área de Estudio: Microcuenca Quesermayo-Taray-Cusco	Proyectado por: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALI	Año: 2011	02
---	--	--------------	----

FEBRERO - 2011



SIMBOLOGIA

- LIMITE MICROCUENCA
- CURVAS MAESTRAS
- LAGUNAS
- RIOS
- CANTERA DE YESO
- RED COMUNICACION
- SEÑAL DE CELULAR
- MANANTE
- RESERVORIO
- TOMA DE AGUA
- CENTRO POBLADO
- Dpo. COLUVIO-ALUVIALES

LEYENDA

	0 - 4.1
	4.1 - 10.9
	10.9 - 16.7
	16.7 - 22.2
	22.2 - 27.3
	27.3 - 32.8
	32.8 - 38.6
	38.6 - 46.8
	46.8 - 87.1

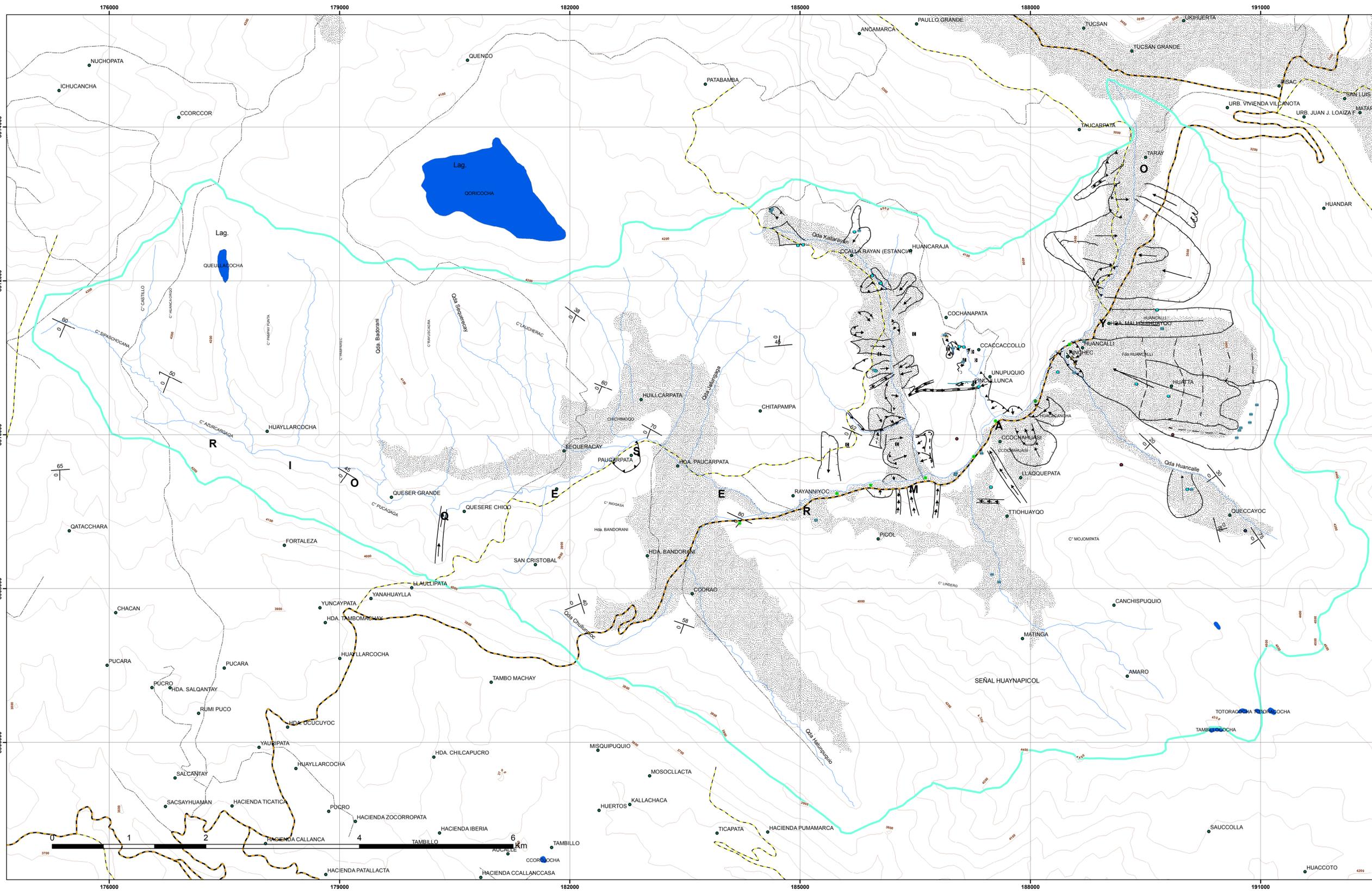
DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
 MUSEO 18 ZONA 5
 CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU
 ESTUDIO GEOLOGICO GEODINAMICO MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO
 PLANO PENDIENTES

1:140,000
 FEBRERO 2011

03





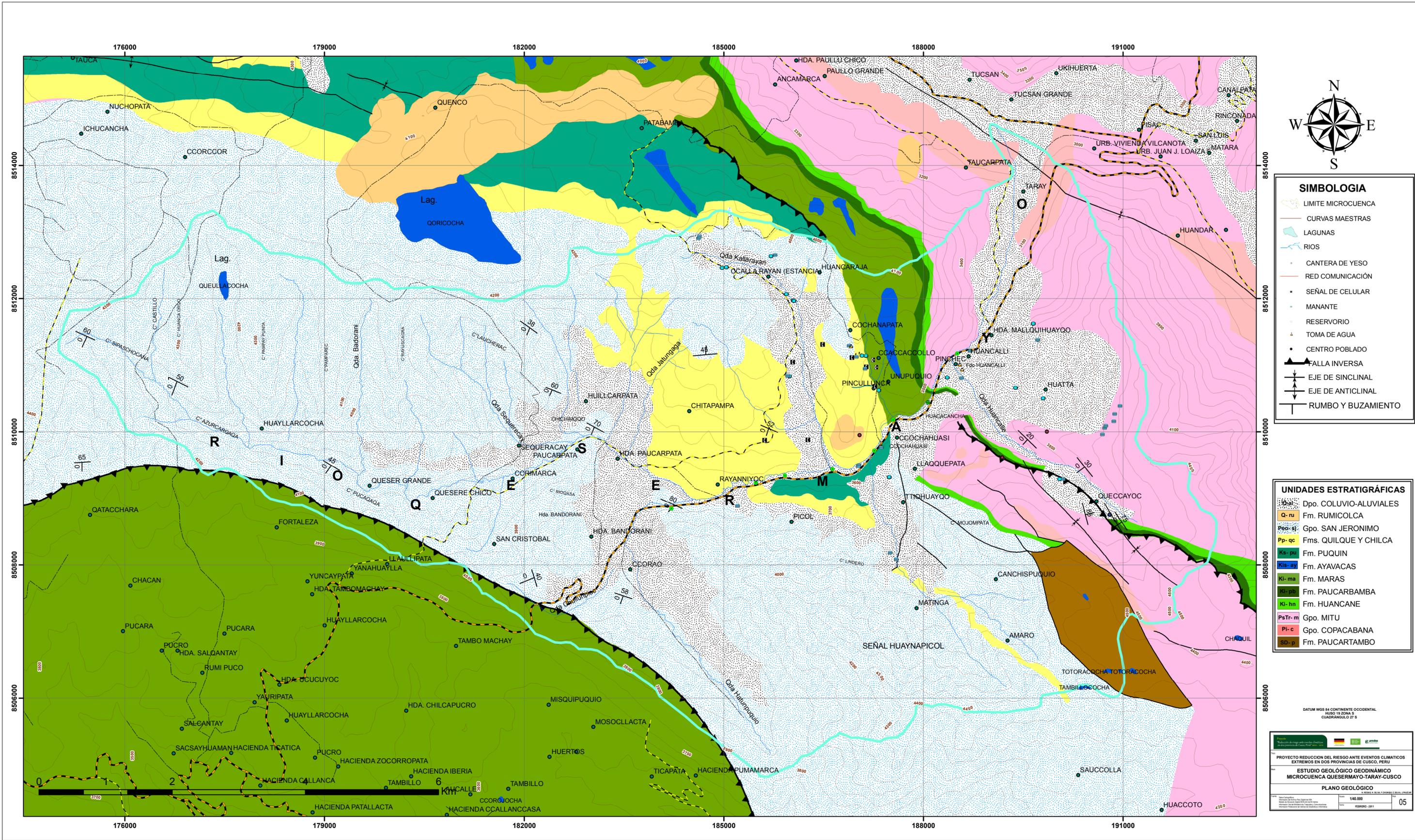
SIMBOLOGIA	
	LIMITE MICROCUENCA
	CURVAS MAESTRAS
	LAGUNAS
	RIOS
	CANTERA DE YESO
	RED COMUNICACION
	SEÑAL DE CELULAR
	MANANTE
	RESERVORIO
	TOMA DE AGUA
	CENTRO POBLADO
	Dpto. COLUVIO-ALUVIALES

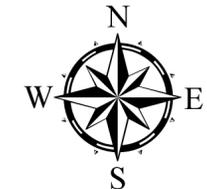
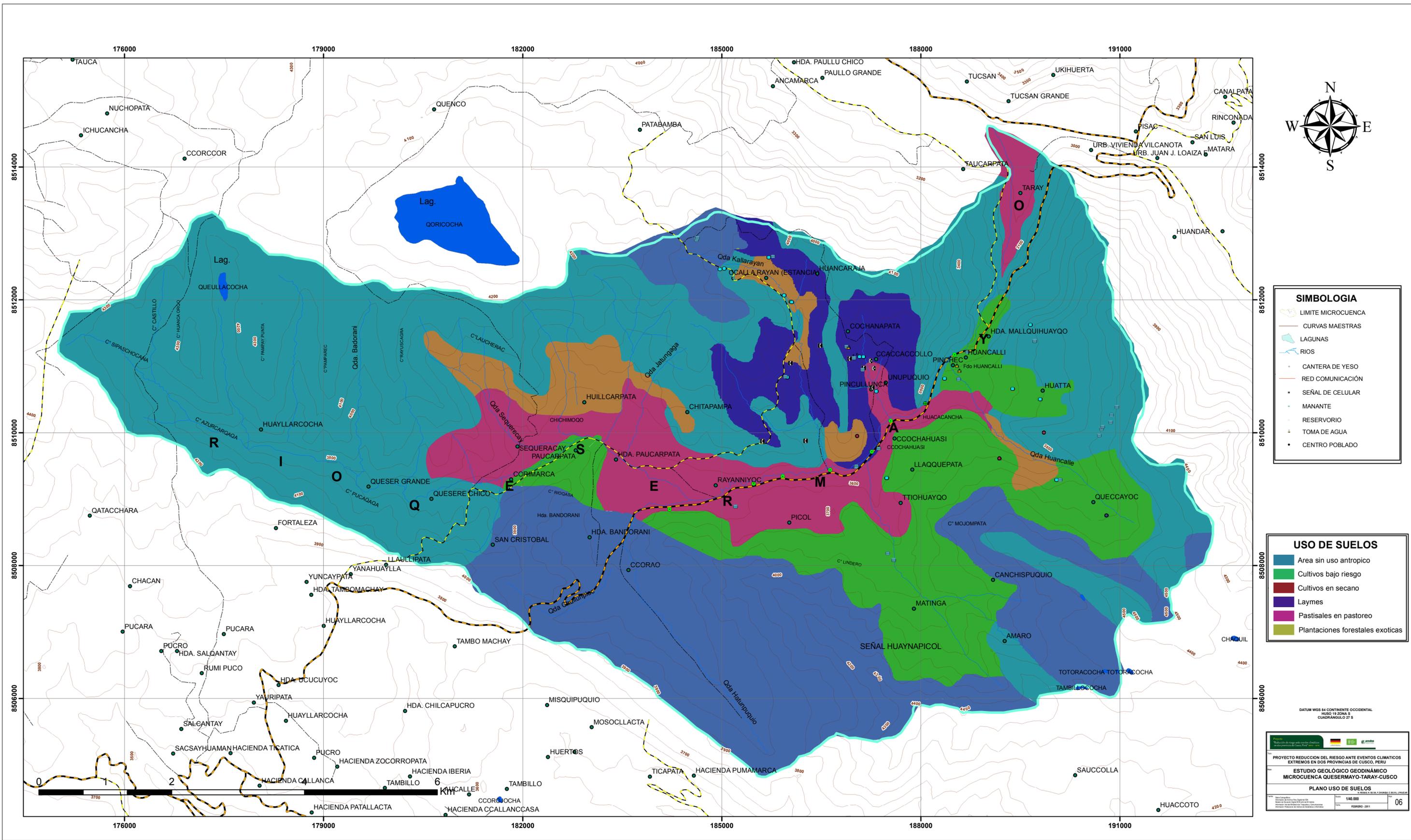
LEYENDA	
	CARCAVA
	DESPLAZAMIENTO ACTIVO
	DESPLAZAMIENTO INACTIVO
	DIRECCION
	TERRAZA
	GRIETAS
	DERRUMBE

DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
 HUSO 18 ZONA 5
 CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU	
ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO MICROCUENCA QUEESERMAYO-TARAY-CUSCO	
PLANO GEODINÁMICOS - GEOMORFOLÓGICO LOCAL	
Escala: 1:25,000 Fecha: 01/06/2011	04







SIMBOLOGIA

- LIMITE MICROCUENCA
- CURVAS MAESTRAS
- LAGUNAS
- RIOS
- CANTERA DE YESO
- RED COMUNICACIÓN
- SEÑAL DE CELULAR
- MANANTE
- RESERVORIO
- TOMA DE AGUA
- CENTRO POBLADO

USO DE SUELOS

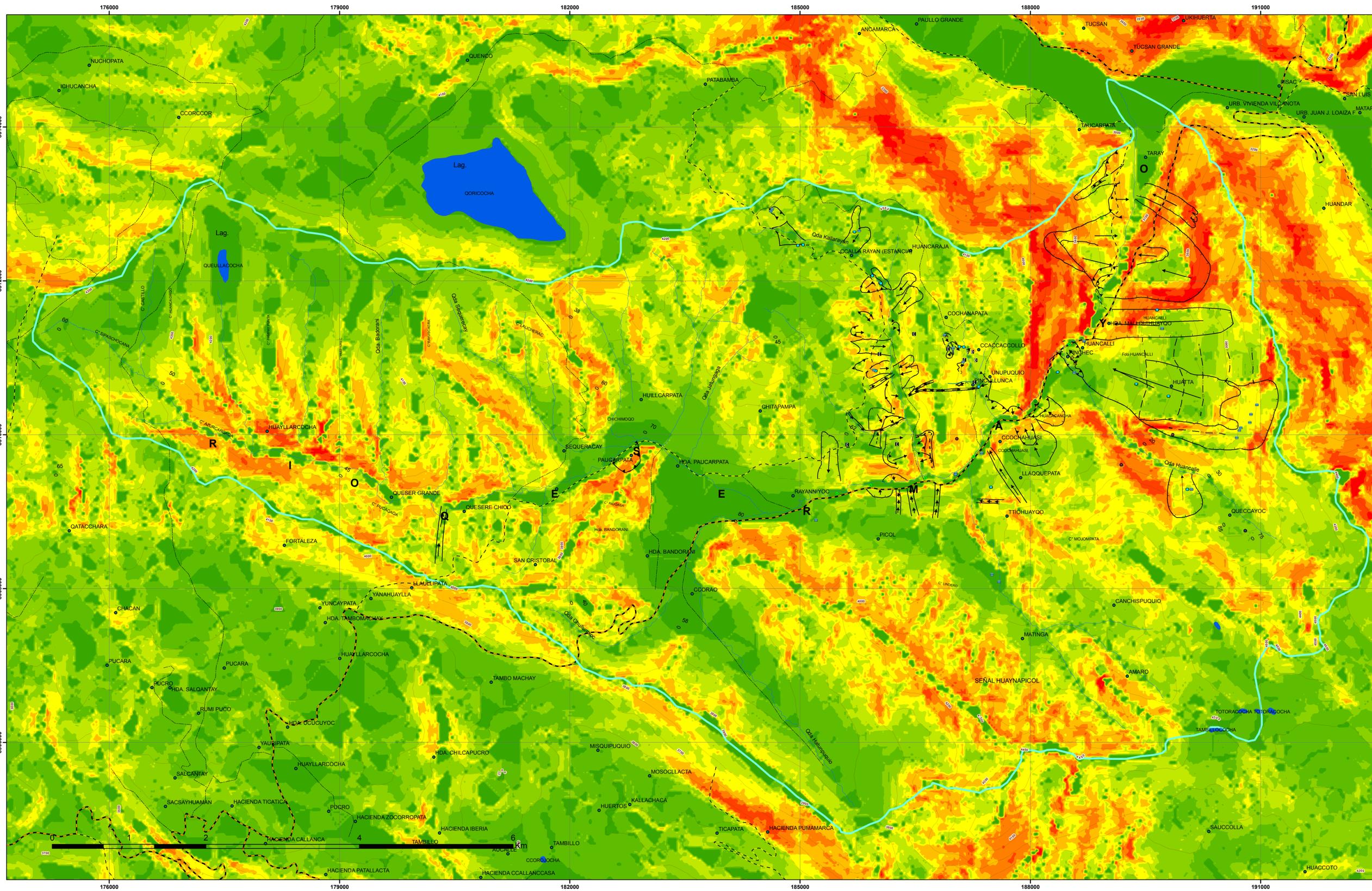
- Area sin uso antropico
- Cultivos bajo riesgo
- Cultivos en secano
- Laymes
- Pastisales en pastoreo
- Plantaciones forestales exoticas

DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
 MUESTRO 19 ZONA 5
 CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU
 ESTUDIO GEOLOGICO GEODINAMICO
 MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO

PLANO USO DE SUELOS

Escala: 1:140,000
 Fecha: FEBRERO 2011
 Hoja: 06



SIMBOLOGIA

- LIMITE MICROCUENCA
- CURVAS MAESTRAS
- LAGUNAS
- RIOS
- CANTERA DE YESO
- RED COMUNICACIÓN
- SEÑAL DE CELULAR
- MANANTE
- RESERVORIO
- TOMA DE AGUA
- CENTRO POBLADO

LEYENDA

- CARCAVA
- DESLIZAMIENTO ACTIVO
- DESLIZAMIENTO INACTIVO
- DIRECCION
- TERRAZA
- GRIETAS
- DERRUMBE

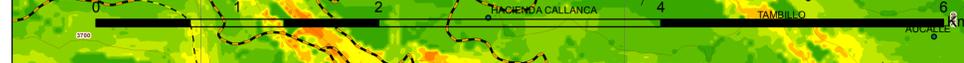
LEYENDA

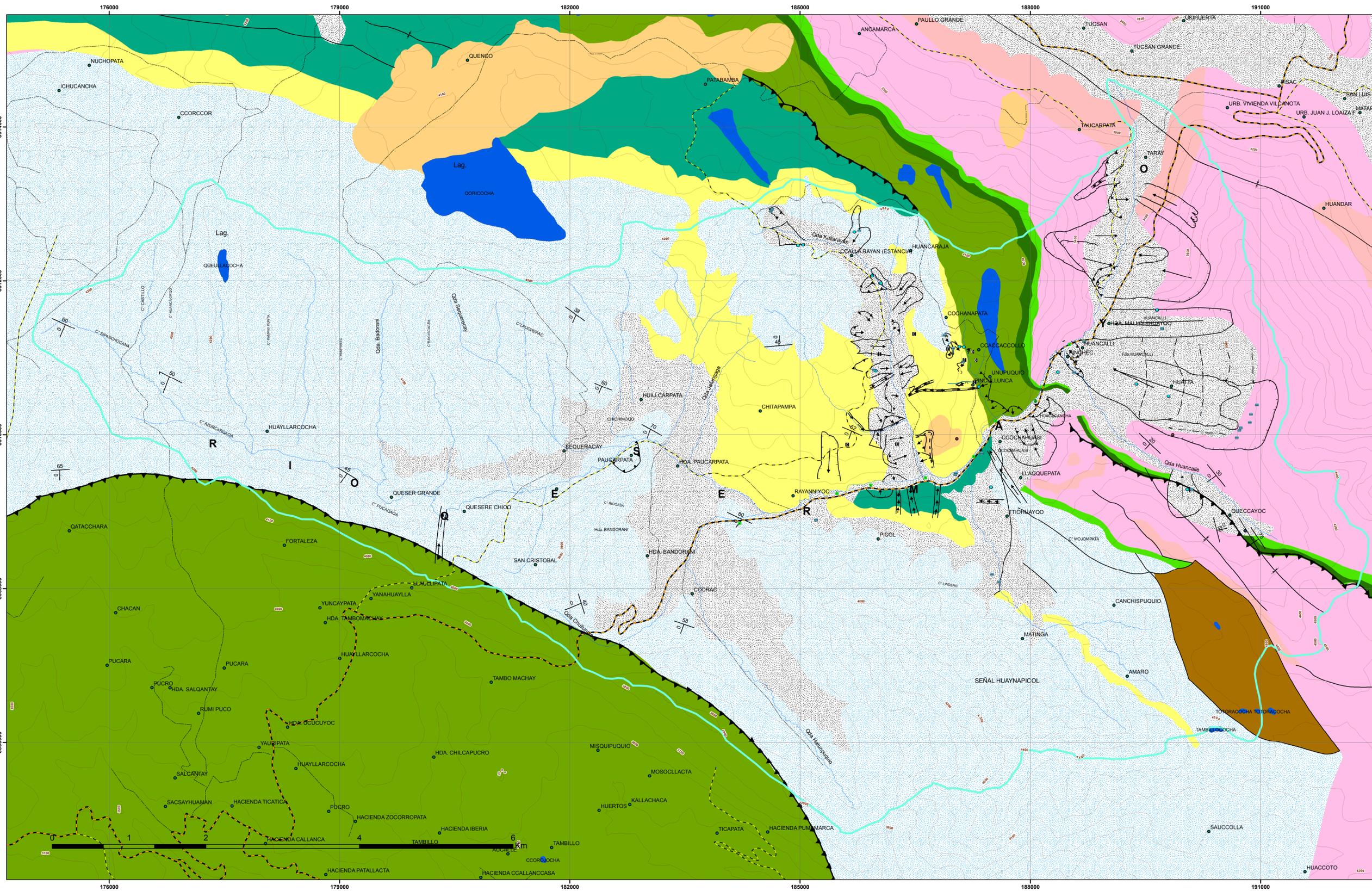
	0 - 4.1
	4.1 - 10.9
	10.9 - 16.7
	16.7 - 22.2
	22.2 - 27.3
	27.3 - 32.8
	32.8 - 38.6
	38.6 - 46.8
	46.8 - 87.1

DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL.
RUSO 12 ZONA 5
CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS
 EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU
ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO
MICROCUECNA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO

PLANO GEODINÁMICO - PENDIENTES
 Escala: 1:25,000
 Fecha: 01/06/2011





SIMBOLOGIA

- LIMITE MICROCUENCA
- CURVAS MAESTRAS
- LAGUNAS
- RIOS
- CANTERA DE YESO
- RED COMUNICACION
- SEÑAL DE CELULAR
- MANANTE
- RESERVORIO
- TOMA DE AGUA
- CENTRO POBLADO
- FALLA INVERSA
- EJE DE SINCLINAL
- EJE DE ANTICLINAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO

LEYENDA

- CARCAVA
- DESLIZAMIENTO ACTIVO
- DESLIZAMIENTO INACTIVO
- DIRECCION
- TERRAZA
- GRIETAS
- DERRUMBE

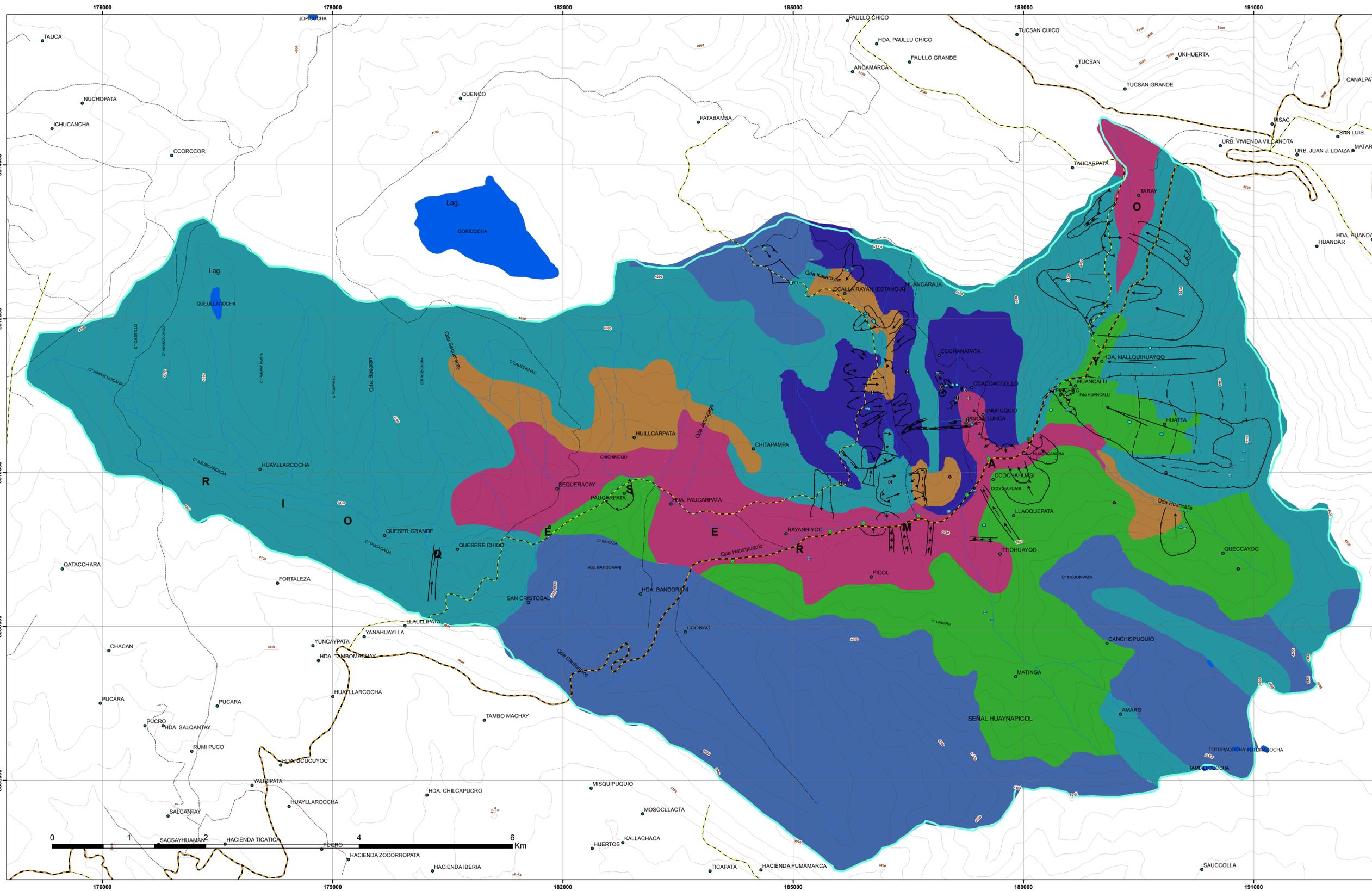
UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

- Q-ai Dpo. COLUVIO-ALUVIALES
- Q-ru Fm. RUMICOLCA
- Pco-sj Gpo. SAN JERONIMO
- Pp-qc Fms. QUILQUE Y CHILCA
- Ka-pu Fm. PUQUIN
- Ki-aj Fm. AYAVACAS
- Ki-ma Fm. MARAS
- Ki-pb Fm. PAUCARBAMBA
- Ki-hn Fm. HUANCANE
- PsTr-m Gpo. MITU
- Pi-c Gpo. COPACABANA
- SD-p Fm. PAUCARTAMBO

DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
RIZGO 19 ZONA 5
CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS
 EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU
 ESTUDIO GEOLOGICO GEODINAMICO
 MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO
PLANO GEODINAMICO - GEOLOGICO

Escala: 1:25,000
 Fecha: 2011
 Hoja: 10



- SIMBOLOGIA**
- LIMITE MICROCUENCA
 - CURVAS MAESTRAS
 - LAGUNAS
 - RIOS
 - CANTERA DE YESO
 - RED COMUNICACIÓN
 - SEÑAL DE CELULAR
 - MANANTE
 - RESERVORIO
 - TOMA DE AGUA
 - CENTRO POBLADO

- LEYENDA**
- CARCAVA
 - DESLIZAMIENTO ACTIVO
 - DESLIZAMIENTO INACTIVO
 - DIRECCION
 - TERRAZA
 - GRIETAS
 - DERRUMBE

- USO DE SUELOS**
- Area sin uso antropico
 - Cultivos bajo riesgo
 - Cultivos en secano
 - Laymes
 - Pastisales en pastoreo
 - Plantaciones forestales exoticas

DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL.
HUSO 18 ZONA S.
CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU

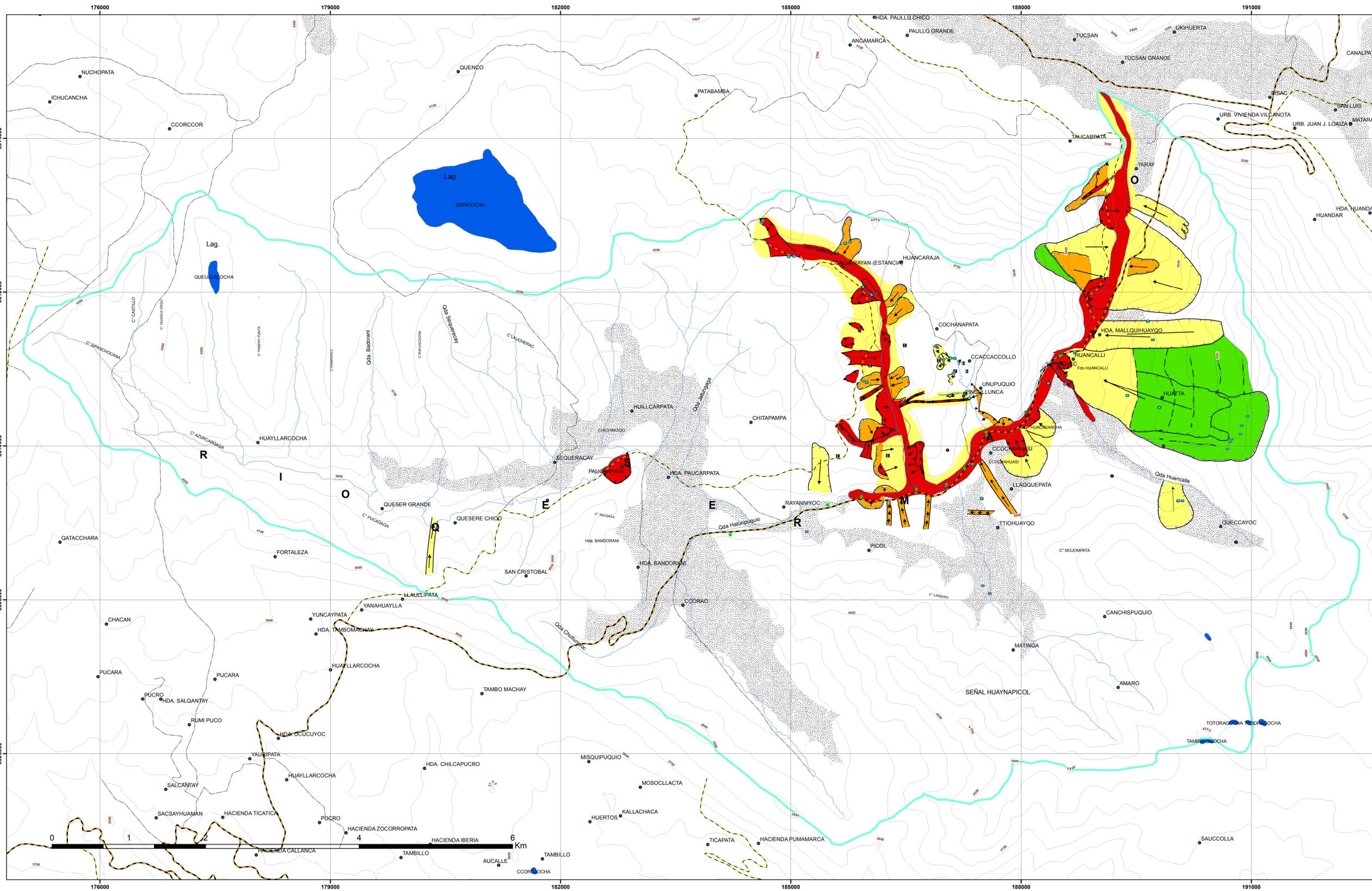
ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO

PLANO GEODINÁMICO - USO DE SUELOS

Escala: 1:25,000

Fecha: FEBRERO - 2011

11



- SIMBOLOGIA**
- LIMITE MICROCUENCA
 - CURVAS MAESTRAS
 - LAGUNAS
 - RIOS
 - CANTERA DE YESO
 - RED COMUNICACIÓN
 - SEÑAL DE CELULAR
 - MANANTE
 - RESERVORIO
 - TOMA DE AGUA
 - CENTRO POBLADO
 - Dpto. COLUVIO-ALUVIALES

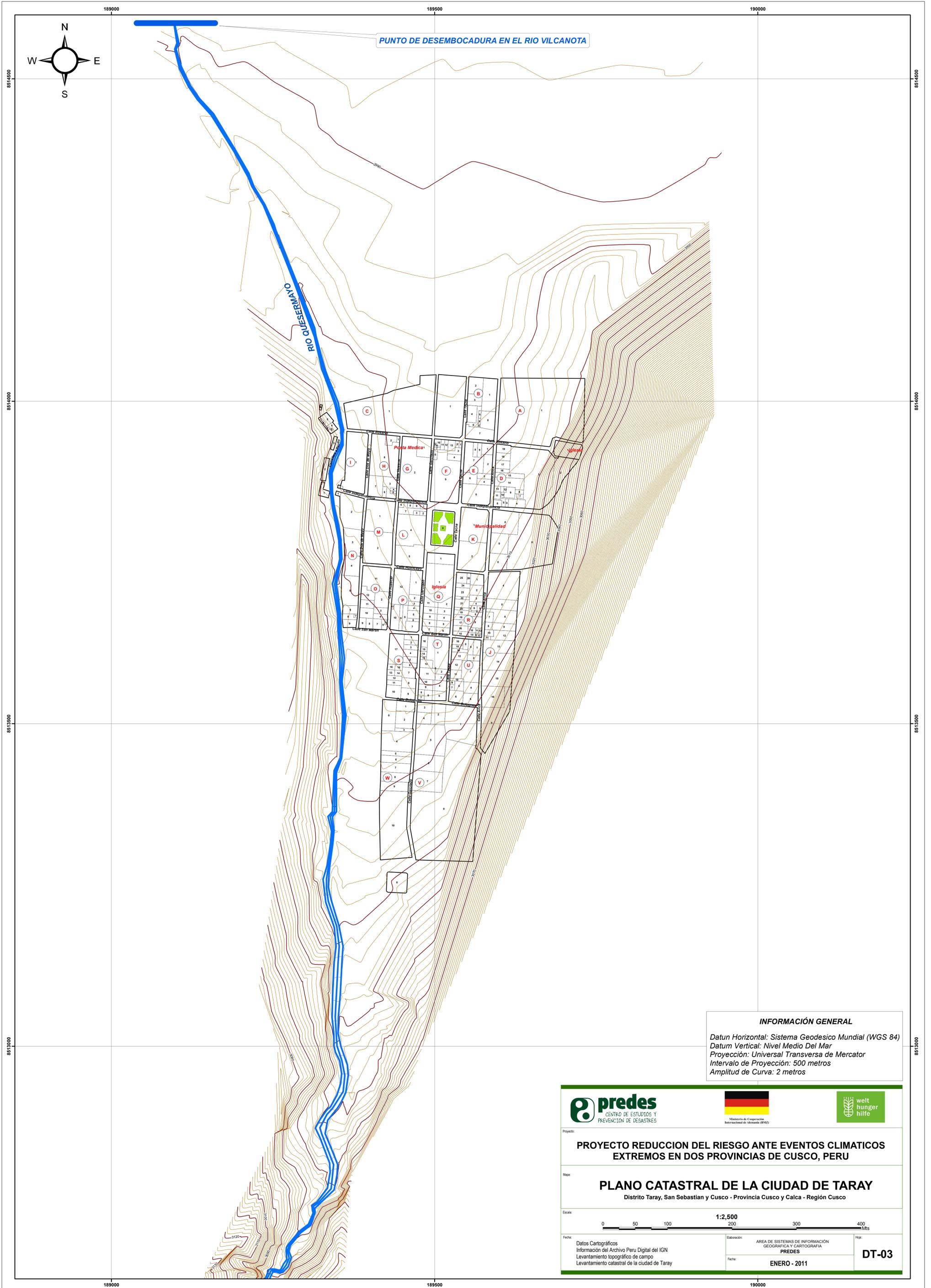
- LEYENDA**
- CARCAVA
 - DESLIZAMIENTO ACTIVO
 - DESLIZAMIENTO INACTIVO
 - DIRECCION
 - TERRAZA
 - GRIETAS
 - DERRUMBE

- PELIGROS GEODINÁMICOS**
- MUY ALTO
 - ALTO
 - MEDIO
 - BAJO



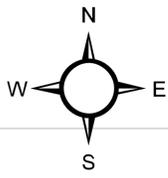
DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
 HUSO 18 ZONA 5
 CUADRANGULO 27 S

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU
ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO
PLANO PELIGROS
 Escala: 1:25,000
 Fecha: FEBRERO - 2011
 Hoja: 12



PUNTO DE DESEMBOCADURA EN EL RIO VILCANOTA

RIO QUESERIMAYO



INFORMACIÓN GENERAL

Datum Horizontal: Sistema Geodesico Mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel Medio Del Mar
 Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Intervalo de Proyección: 500 metros
 Amplitud de Curva: 2 metros



Proyecto: **PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU**

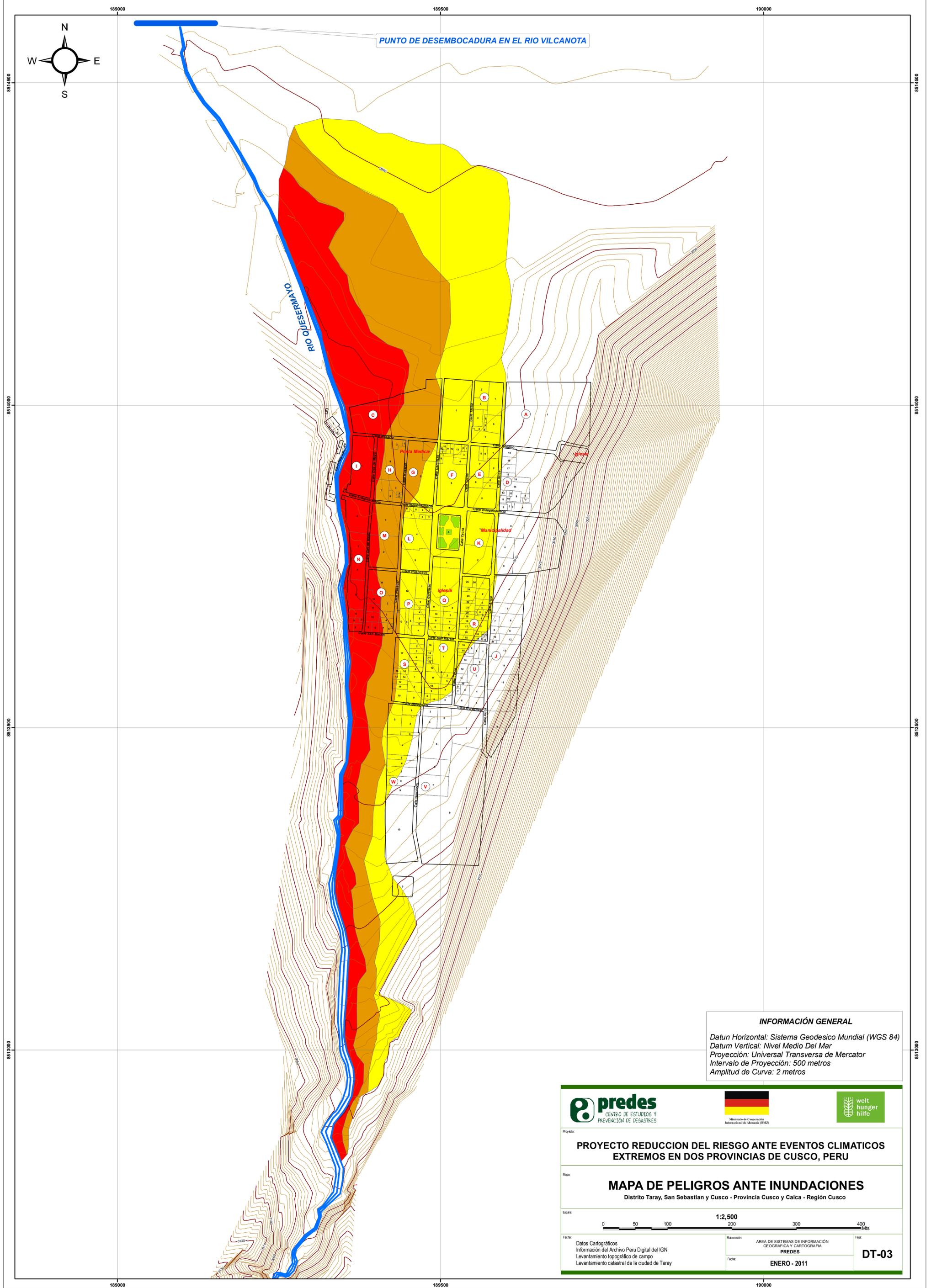
Mesa: **PLANO CATASTRAL DE LA CIUDAD DE TARAY**
 Distrito Taray, San Sebastian y Cusco - Provincia Cusco y Calca - Región Cusco

Escala: **1:2,500**

Fecha: Datos Cartográficos
 Información del Archivo Peru Digital del IGN
 Levantamiento topográfico de campo
 Levantamiento catastral de la ciudad de Taray

Elaboración: AREA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA Y CARTOGRAFIA
PREDES
 Fecha: **ENERO - 2011**

Hoja: **DT-03**



PUNTO DE DESEMBOCADURA EN EL RIO VILCANOTA

RIO JESUFRANCO

INFORMACIÓN GENERAL

Datum Horizontal: Sistema Geodesico Mundial (WGS 84)
 Datum Vertical: Nivel Medio Del Mar
 Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Intervalo de Proyección: 500 metros
 Amplitud de Curva: 2 metros



Proyecto: **PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU**

Mapa: **MAPA DE PELIGROS ANTE INUNDACIONES**
 Distrito Taray, San Sebastian y Cusco - Provincia Cusco y Calca - Región Cusco

Escala: **1:2,500**

Fecha: Datos Cartográficos
 Información del Archivo Peru Digital del IGN
 Levantamiento topográfico de campo
 Levantamiento catastral de la ciudad de Taray

Elaboración: AREA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA Y CARTOGRAFIA
PREDES
 Fecha: **ENERO - 2011**

Hoja: **DT-03**



DATUM WGS 84 CONTINENTE OCCIDENTAL
 HUSO 19 ZONA S
 CUADRÁNGULO 27 S

LEYENDA

- OBRAS DE LIMPIEZA DEL CAUCE Y DEFENSA RIBEREÑA
- POBLADO DE HUANCALLE
- DESLIZAMIENTO ACTIVO
- ZONA DE PELIGRO INMINENTE
- ZONA DE INUNDACION
- DEPOSITOS COLUVIO-ALUVIAL
- Gpo MITU

- ARBOLES
- RESERVORIO
- BOFEDALES
- DESLIZAMIENTOS
- VIVIENDAS
- GRIETAS
- TERRAZAS
- MUROS SECOS
- CARRETERA
- FLUJO

PROYECTO REDUCCION DEL RIESGO ANTE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS EN DOS PROVINCIAS DE CUSCO, PERU		
ESTUDIO GEOLÓGICO GEODINÁMICO MICROCUENCA QUESERMAYO-TARAY-CUSCO		
PLANO GEOLOGICO - GEODINÁMICO LOCAL DE HUANCALLE <small>H. ROSAS, H. SILVA, R. VILA, F. CHUNQUI, C. SILVA, J. PAUCAR</small>		
<small>Fuente: Datos Cartográficos Información del Archivo Peru Digital del IGN Modelo de Elevación Digital DEM srtm de 90 metros Información Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones Información Poblacional del Instituto de Estadística e Informática</small>	<small>Escala: 1/2000 Fecha: FEBRERO - 2011</small>	<small>Hoja: A - 4</small>