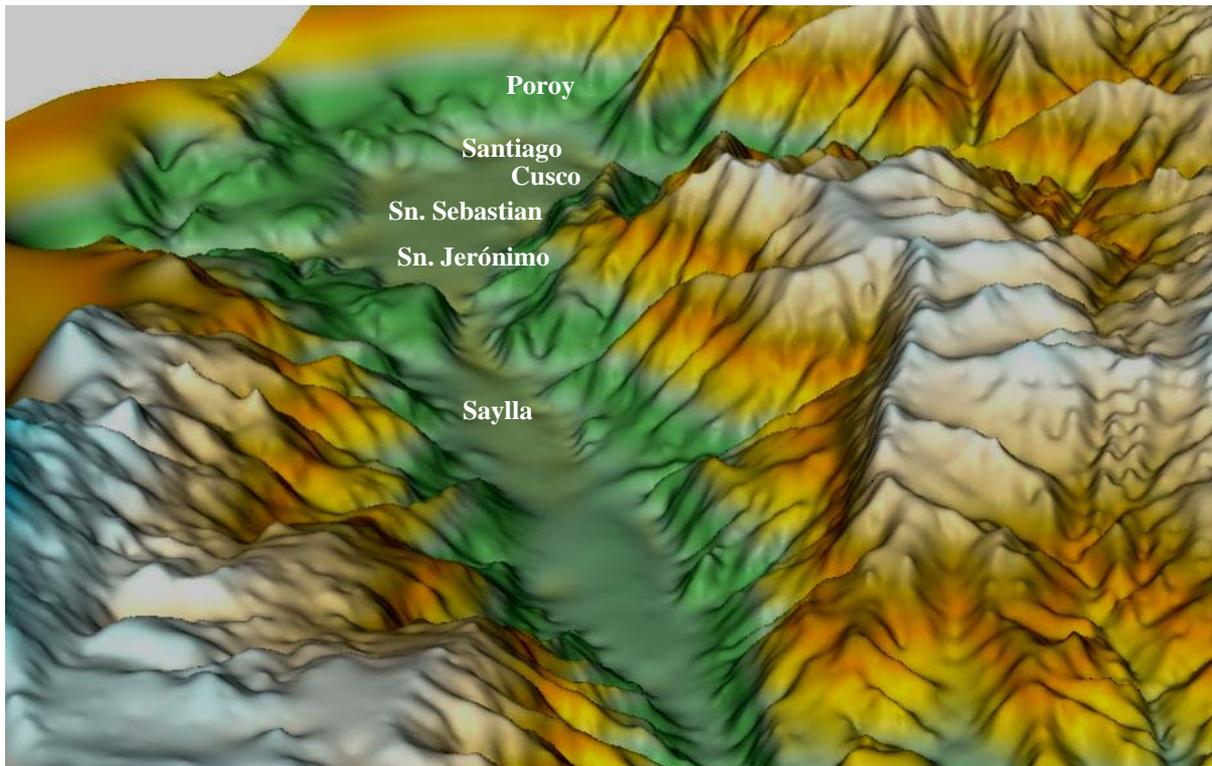


PNUD-INDECI

ESTUDIO DEL MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

PROYECTO: CIUDADES SOSTENIBLES.



AUTORES

Ing° RUPERTO BENAVENTE VELASQUEZ

Ing° CARLOS FERNADEZ BACA VIDAL

Ing° ANDRES GOMEZ NOBLEGA

COLABORACIÓN

Ing° RENZO BENAVENTE AZPAZA

Cusco - 2004

CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

1.1.	INTRODUCCIÓN	001
1.2.	UBICACIÓN.	002
1.3.	CLIMA.	002
1.3.1.	TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PLUVIAL	004
1.3.2.	HUMEDAD ATMOSFÉRICA.	004
1.4.	POBLACIÓN:	004
1.5.	ACCESIBILIDAD.	005
1.6.	OBJETIVOS GENERALES.	005
1.7.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	005
1.8.	MÉTODO DE TRABAJO .	005
1.9.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.	006
1.10.	ANÁLISIS DE LOS PELIGROS SELECCIONADOS.	007
1.10.1.	PELIGRO CLIMÁTICO.	007
1.10.2.	PELIGRO GEODINÁMICO.	008
1.10.3.	PELIGRO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL	009
1.10.4.	PELIGRO GEOTÉCNICO.	009
1.10.5.	PELIGRO SÍSMICO	010
	REGISTRO HISTÓRICO DE SISMOS.	010
	SISMICIDAD.	010
	ESTUDIOS DE MICROTREPITACIÓN.	010
	RIESGO SÍSMICO.	011
	ACELERACIONES MÁXIMAS NORMALIZADAS.	011
	INTENSIDAD MAXIMA ESPERADA.	011
	AMPLIFICACION SISMICA	011
1.10.6.	PELIGRO DE VIENTOS	011
1.10.7.	FRÍO EXTRAORDINARIO	011
1.11.	MAPA DE PELIGROS	011

CAPITULO II GEOLOGIA

2.1.	GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL CUSCO	013
2.1.1.	FISIOGRAFIA LOCAL	013
2.1.1.1.	VALLE DEL CUSCO	013
2.1.1.2.	ZONAS DE MONTAÑAS.	013
	MONTAÑAS DE PACHATUSAN	013
	MONTAÑAS DE CCORAO	014
	MONTAÑAS DE PICCHU	014
	MONTAÑAS DE VILCACONGA	014
	MONTAÑA DE PUQUIN.	014
2.1.2.3.	MESETAS	015
	MESETA DE SACSAYHUAMAN	015
	MESETA DE HUACOTO.	015
2.1.2.4	FLANCOS DEL VALLE.	015
2.1.2.5	VALLE DEL HUATANAY	016
2.2.	GEOLOGIA REGIONAL	017
2.2.1.	SUBSTRATO PAEOZOICO	017
2.2.1.1.	PALEOZOICO INFERIOR.	017

FORMACIÓN OLLANTAYTAMBO.	017
2.2.1.2. ORDOVISICO.-	017
FORMACIÓN VERÓNICA.	017
FORMACIÓN SAN JOSÉ.	019
FORMACIÓN SANDIA.	019
FORMACIÓN SAN GAVAN.	019
2.2.1.3. SILURO DEVONIANO.-	020
FORMACIÓN PAUCARTAMBO.-	020
FORMACIÓN CABANILLAS.-	020
2.2.1.4. PALEOZOICO SUPERIOR.	021
GRUPO AMBO.-	021
GRUPOS TARMA Y COPACABANA.	021
GRUPO MITU	022
2.2.1.5. MESOZOICO.-	022
FORMACIÓN HUAMBUTIO.-	022
FORMACIÓN HUANCANE.-	022
GRUPO YUNCAYPATA.-	023
FORMACIÓN PAUCARBAMBA.-	023
FORMACIÓN MARAS.-	023
FORMACIÓN AYABACAS.-	023
FORMACIÓN PUQUIN.-	024
2.2.1.6. CENOZOICO (PALEÓGENO)	024
FORMACIÓN QUILQUE.-	024
FORMACIÓN CHILCA.-	025
CAPAS ROJAS DEL GRUPO SAN JERÓNIMO	025
FORMACIÓN ANTA	025
2.2.1.7. CENOZOICO (NEOGENO)	026
FORMACIÓN PUNACANCHA	026
FORMACIÓN PARURO	026
2.3. GEOLOGIA LOCAL.	026
2.3.1. GRUPO MITU.	027
2.3.2. GRUPO YUNCAYPATA	027
2.3.2.1. FORMACIÓN AYABACAS	027
2.3.2.2. FORMACIÓN PUQUIN	028
2.3.3. GRUPO SAN JERÓNIMO	028
2.3.3.1. FORMACIÓN KAYRA	029
2.3.3.2 FORMACIÓN SONCCO	029
2.3.4. FORMACIÓN PUNACANCHA	030
2.3.5. VOLCÁNICO HUACOTO.	030
2.3.6. INTRUSIVO RODADERO.	030
2.3.7. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN	031
2.3.8. FORMACIÓN PUMAMARCA	031
2.3.8.1 MIEMBRO PUMAMARCA IINFERIOR	032
2.3.8.2 MIEMBRO PUMAMARCA SUPERIOR.	032
2.3.9. DEPÓSITOS FLUVIOGLACIARES	032
2.3.10. DEPÓSITOS MORRENICOS	033
2.3.11. DEPÓSITOS ALUVIALES	033
2.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	034
2.4.1. ESTRUCTURAS DE PLIEGUE	034
2.4.1.1. ANTICLINAL PUQUIN.	034
2.4.1.2. FLEXURA DE SAN SEBASTIÁN	034

2.4.2.	ESTRUCTURAS DISYUNTIVAS	035
2.4.2.1.	FALLA HUANACAURE	035
2.4.2.2.	FALLA KAYRA	035
2.4.2.3.	FALLA TAMBOMACHAY	035
2.4.2.4.	FALLA QUENQO	035
2.4.2.5.	FALLA TANKARPATA	036
2.4.2.6.	FALLA HUANCARO	036
2.4.2.7.	FALLA SAPHY	036
2.4.2.8.	FALLA PICCHU	036
2.4.2.9.	FALLA SALINERAS-TENERÍA	036
2.4.2.10.	FALLA PUMAMARCA	037
2.4.2.11.	FALLA CHOCCO	037
2.4.2.12.	FALLA SAYLLA.	037
2.4.3.	ESTRUCTURAS MENORES	038
2.4.3.1.	SISTEMA DE FISURAMIENTOS NORTE Y SUR	038
2.4.3.2.	SISTEMA DE FALLAS ESTE OESTE	038
2.4.3.3.	FALLA NW – SE	038
2.4.3.4.	FALLAS SIN SEDIMENTARIA	039
2.4.3.5.	FALLAS POST – SEDIMENTARIAS	039
2.4.4.	POSIBLE FALLA CUSCO	040
2.5.	MAPA DE PELIGRO GEOLOGICO ESTRUCTURAL.	041

CAPITULO III FENOMENOS CLIMATICOS

3.1.	ZONAS DE INUNDACION DE LA CIUDAD DEL CUSCO	042
3.1.1.	MICROCUENCA SAPHY.-	042
3.1.2.	QUEBRADA CHOQUECHACA.	042
3.1.3.	QUEBRADA AYAHUAYCO.	042
3.1.4.	MICROCUENCA SIPASPUGIO Y PICCHU.	043
3.1.5.	QUEBRADA SACRAMAYO.	043
3.1.6.	QUEBRADA KORIMACHAHUAYNIYOC.	043
3.1.7.	MICROCUENCA CHOCCO.	043
3.1.8.	MICROCUENCA HUANCARO.	044
3.1.9.	SECTOR NOR-ESTE DE CUSCO.	044
3.1.10.	MICROCUENCA CACHIMAYO.	044
3.1.11.	CÁRCAVAS DEL SECTOR SAN SEBASTIÁN NORTE.	044
3.1.12.	MICROCUENCA PUMAMARCA - TENERIA.	045
3.1.13.	AV. PRINCIPAL SANTA MARIA - LARAPA.	045
3.1.14.	QUEBRADAS DE LLOCLLAPATA Y ROMERITOS.	045
3.1.15.	MICROCUENCA KAYRA.	045
3.1.16.	MICROCUENCA HUACOTO.	046
3.1.17.	QUEBRADA UCCHULLO.	046
3.1.18.	CUENCA DEL HUATANAY.	046
3.1.19.	MICROCUENCA DE POROY.	047
3.2.	ZONAS DE VIENTOS	047
3.3.	EROSIÓN DE RIVERAS.	048
3.4.	ZONAS SATURADAS EN EPOCAS DE LLUVIAS	049
3.5.	MAPA DE PELIGROS CLIMÁTICOS.	049

CAPITULO IV
GEODINAMICA EXTERNA - GEOTECNIA

4.1.	DESLIZAMIENTOS.	050
4.1.1.	MICROCUENCA SAPHY .	050
4.1.2.	MICROCUENCA HUANCARO- CHOCCO.	052
4.1.2.1.	QUEBRADA HUANCARO	052
4.1.2.2.	QUEBRADA CHOCCO.	057
4.1.3.	MICROCUENCA CACHIMAYO .	058
4.1.4.	MICROCUENCA PUMAMARCA-TENERÍA.	060
4.1.5.	MICROCUENCA HUACCOTO	061
4.1.6.	MICROCUENCA KAYRA.	061
4.1.7.	QUEBRADA AYAHUAYCO.	061
4.1.8.	QUEBRADA PICCHU.	061
4.1.9.	QUEBRADA SIPASPUGIO.	061
4.1.10.	QUEBRADA SACRAMAYO.	061
4.1.11.	QUEBRADA HERMANOS AYAR	062
4.1.12.	QUEBRADA CCORIMACHAHUAYNIYOC.	062
4.1.13.	SECTOR SAN SEBASTIAN NORTE.	062
4.1.13.1.	QUEBRADA CUYCHIPATA.-	062
4.1.13.2.	QUEBRADA ANGEL HUAYCO	063
4.1.13.3.	QUEBRADA SOLLO – TOCCO	063
4.1.13.4.	QUEBRADA SALSACCATA.	063
4.1.13.5.	QUEBRADA PEROL HUAYCO.	063
4.1.13.6.	QUEBRADA VALLECITO.	063
4.1.13.7.	QUEBRADA SANTA ROSA.	064
4.1.14.	DERRUMBES EN EL SECTOR SAN SEBASTIÁN NORTE.	064
4.1.15.	SECTOR SAN SEBASTIAN SUR.	065
4.1.15.1.	CÁRCAVA DE SAN ANTONIO.	065
4.1.16.	SECTOR SAN JERÓNIMO NORTE.	066
4.1.16.1.	DESLIZAMIENTO PICOL.	066
4.1.16.2.	DESLIZAMIENTO KACHUI.	067
4.1.16.3.	DESLIZAMIENTO ORCOMPUGIO.	067
4.1.16.4.	DESLIZAMIENTO CONCEVIDAYOC	067
4.1.16.5.	DESLIZAMIENTO HUACCOTO	068
4.1.17.	SECTOR SAN JERÓNIMO SUR.	068
4.1.18.	SECTOR SAYLLA	068
4.1.18.1.	DESLIZAMIENTO HATUNHUAYCO.	069
4.1.19.	SECTOR POROY.	072
4.2.	DESLIZAMIENTOS ANALIZADOS.	072
4.2.1.	CALCULOS DE ESTABILIDAD.	072
4.2.2.	COMENTARIOS DEL CÁLCULO REALIZADO.	073
4.2.3.	ANÁLISIS NORMAL	073
4.2.4.	ANÁLISIS CON SISMO.	074
4.2.5.	ANÁLISIS CON FLUJO.	074
4.2.6.	ANÁLISIS CON FALLA PROGRESIVA.	075
4.3.	FACTOR DE RIESGO - RIESGO NORMALIZADO.	075
4.4.	PREDICCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS.	076
4.5.	RESULTADOS DE TALUDES ANALIZADOS.	077
4.5.1.	RESULTADOS - SECTOR DE SAPHI.	077

4.5.2.	RESULTADOS - HUAMANCHARPA.	079
4.5.3.	RESULTADOS - SAN SEBASTIÁN NORTE	080
4.5.4.	DESLIZAMIENTO PICOL	082
4.6.	ELABORACIÓN DEL MAPA DE PELIGROS GEODINÁMICOS.	083
4.7.	ELABORACIÓN DE PLANOS GEOTÉCNICOS.	083
4.7.1.	INFORMACIÓN UTILIZADA.	084
4.7.2.	LISTADO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS.	086
4.7.3.	CALCULOS GEOTECNICOS	093
4.7.4.	RESULTADOS PARA MAPAS TEMÁTICOS.	100
4.7.5.	MAPA DE TIPOS DE SUELOS	106
4.7.6.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	106
4.7.6.1	SUELOS FINOS	107
4.7.6.2.	GRAVAS.	109
4.7.6.3.	SUELOS ORGÁNICOS.	109
4.7.7.	MAPA DE ESFUERZO ADMISIBLE	110
4.7.8.	CAPACIDAD PORTANTE	111
4.7.8.1.	CIMENTACIÓN TIPO Y MÉTODO DE CÁLCULO.	111
4.7.8.2.	ELECCIÓN DE PARÁMETROS DE COMPORTAMIENTO.	112
4.7.9.	MAPA RESISTENCIA SPT.	114
4.7.10.	MAPA DE PROFUNDIDAD DE RECHAZO	114
4.7.11.	MAPA DE NIVEL FREÁTICO.	115
4.8.	GEOFISICA	115
4.8.1.	RESUMEN - ESTUDIO GEOFÍSICO	116
4.8.2.	CONCLUSIONES GENERALES - ESTUDIO GEOFÍSICO.	117
4.8.3.	MAPA DE PELIGRO DE AMPLIFICACIÓN SISMICA.	118

CAPITULO. V
SEGURIDAD FISISCA FRENTE A PLEIGROS NATURALES.

5.1.	INTRODUCCION	120
5.1.1	PROBLEMÁTICA	120
5.1.2.	TRATAMIENTO DE AREAS CRITICAS.	121
5.1.3.	CUADRO DE TRATAMIENTO DE AREAS CRITICAS.	122
5.2.	SECTORES SEGUN EL GRADO DE PELIGRO	125

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.	CONCLUSIONES.	127
6.2.	RECOMENDACIONES.	128
	BIBLIOGRAFIA.	129

ANEXO DE PLANOS.

- P-01 UBICACIÓN DE LA CIUDAD DEL CUSCO.
- P-02 GEOLOGICO REGIONAL.
- P-03 TOPOGRAFICO Y UBICACION DE CALICATAS
- P-04 GEOMORFOLOGICO
- P-05 GEOLOGICO LOCAL
- P-06 GEODINÁMICO
- P-07 TIPOS DE SUELOS
- P-08 CAPACIDAD PORTANTE.
- P-09 RESISTENCIA SPT
- P-10 NIVEL FREATICO OBSERVADO
- P-11 PELIGRO POR FENOMENOS CLIMATICOS
- P-12 CONTORNOS DE PELIGROS ESPECIFICOS
- P-13 MAPA DE PELIGROS

FUENTE		NUMEROS	TOTAL
Estudios de Mecánica de Suelos Ing. MSc. Carlos Fernández Baca Vidal 1988-2003. (CFBV)	CFBV	1 - 89 169 - 219 236 - 269	176
Plan de Expansión de Mínimo Costo de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado- PRONAP -Consultora Figueiredo Ferraz de Brasil. - 1999	PRONAP	90 - 168	80
Calicatas y Ensayos de Penetración para el presente Estudio Municipalidad Provincial del Cusco - 2004	MPC	274 - 316	43
Características Geotécnicas de los Suelos de La ciudad del Cusco Ing. Juan Menendez García. - 1987	JJMG	220 - 235	17
		TOTAL:	316

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.- INTRODUCCIÓN

El peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que afecte a la seguridad de una comunidad y está referido a un grado específico de dicho fenómeno.

El presente proyecto tiene la finalidad de elaborar un mapa de peligros de la ciudad del Cusco y zonas de expansión considerada para un plazo de 50 años que se prevé que incluya al valle del río Huatanay y cuencas aledañas desde el poblado de Poroy hasta el poblado de Saylla.

El estudio de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio Geológico, así como la solución que consiste en evitar o mitigar las consecuencias de los peligros que este plantea, requiere del concurso de diversas especialidades siendo este, por naturaleza un trabajo multidisciplinario.

Es así que en la elaboración del presente trabajo se tomó en cuenta el aporte de la Geología, La ingeniería Civil y la Cartografía en sus componentes de Estratigrafía, Geología Estructural, Geodinámica, Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas, Geofísica y Sistemas de Información Geográfica.

El trabajo se basa principalmente en la información existente recopilada por el equipo de especialistas encargados del proyecto así como de una parte de información elaborada específicamente para este caso. Esto ha requerido de un esfuerzo de estandarización, síntesis y sistematización de información de diverso origen.

1.2.- UBICACIÓN.-

Geográficamente la zona de estudio se encuentra ubicado en el borde Oeste de la cordillera Oriental .Políticamente pertenece a la provincia y departamento del Cusco.

Se encuentra entre los paralelos y Meridianos siguientes:

72° 01 12” – 13°30 56” y 72° 50 14” – 13° 36 50”

Ubicación Política

Departamento : Cusco

Provincias : Cusco

Distritos : Poroy, Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián, San Jerónimo,
Saylla

Limites Norte - Provincia de Calca
Sur - Provincia de Paruro
Este - Provincias de Paucartambo y Quispicanchis
Oeste - Provincia de Anta

Ubicación Hidrográfica:

- Cuenca : Urubamba
- Cuenca Medina : Cuenca alta del río Vilcanota
- Subcuenca : Huatanay

Microcuencas : Saphy, Cachimayo, Pumamarca, Huaccoto, Huancaro- Chocco,
Pillao Matao, Kayra.

1.3.- CLIMA.

Los datos que se presentan en este título son los registrados en la Estación Meteorológica de Perayoc - UNSAAC.

El clima se caracteriza como templado - seco. Durante el día las temperaturas suben, la insolación es fuerte con un cielo limpio y azulado, durante la noche las temperaturas descienden fuertemente, en invierno a menos de cero grados centígrado. El Cusco presenta un clima de transición entre los climas templado quechua y de puna, que corresponde a la zona de valles interandinos.

La demografía de la ciudad del Cusco tiene las siguientes características.

Población censo 1993	273,509 Hab.
Tasa de crecimiento (93-95)	1.57 % anual
Tasa de crecimiento (95-2000)	1.53 % anual
Población calculada (2000)	304,494 Hab.

Esta es la población del área urbana que ocupa áreas en los distritos de Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo.

1.5.- ACCESIBILIDAD

La zona de estudio es accesible tanto por vía terrestre partiendo de Lima vía Ica – Ayacucho. Abancay – Cusco o también por el corredor Lima – Arequipa – Cusco ambas con vías asfaltadas. El acceso también puede realizarse por vía aérea y por ferrocarril.

1.6.- OBJETIVOS GENERALES

- Determinar las áreas de la ciudad del Cusco incluyendo el área urbana de los distritos del Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián y zonas de expansión urbana que se encuentran amenazadas por los fenómenos naturales identificando, clasificando y evaluando los peligros que pueden ocurrir en ella.
- Establecer recomendaciones para la elaboración de proyectos de mitigación.

1.7.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Disminuir el crecimiento caótico de la ciudad, que se está convirtiendo en cada vez más riesgosa para sus habitantes
- Reducción de los niveles de vulnerabilidad al identificar los peligros y las zonas afectadas por estos para de la población la infraestructura
- Favorecer la optimización de inversión pública y privada, propiciando condiciones aceptables de seguridad (prevención integrada a la planificación).
- Protección y preservación del patrimonio arqueológico y ecológico frente a las amenazas naturales.

1.8.- MÉTODO DE TRABAJO

La metodología de trabajo seguida en el presente estudio se ha realizado de la siguiente forma:

- a) Recopilación Bibliográfica
- b) Elaboración del plano topográfico base a escala 1:25000 (Ver Plano P-03)
- c) Reconocimiento Geológico, Geotécnico y Topográfico del área de estudio
- d) Mapeo y cartografiado de suelos y unidades estratigráficas
- e) Procesamiento de datos de informes existentes.
- f) Elaboración del plano Geológico Local.
- g) Estudio Geofísico.
 - Metodo de Refracción Sísmica.
 - Metodo de Resistividad Eléctrica. (SEV)
 - Método de Georradar.
- h) Presentación de planos temáticos.
 - Elaboración del plano de Fenómenos Climáticos. (P-11)
 - Elaboración del plano Geodinámico. (P-06)
 - Tipos de Suelos. (P-07)
 - Capacidad Portante. (P-08)

Se ha elaborado planos adicionales que presentan información complementaria para el proyecto y son los planos de Número de Golpes y profundidad de rechazo al Ensayo de Penetración Estandar y el de Niveles freáticos observados y medidos.

1.9.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.

Los peligros identificados de modo genérico son 5 y en algunos de ellos se ha integrado varios peligros específicos del modo siguiente son:

Peligro Climático:	(Erosión de riberas, Inundaciones, Nivel freático alto).
Peligro Geodinámico:	(Deslizamiento de taludes, Flujos de lodo, Derrumbes)
Peligro Geológico Estructural:	(Fallas Geológicas).
Peligro Geotécnico:	(Asentamiento de suelos)
Peligro Sísmico:	(Amplificación sísmica)
Peligro de Vientos:	(No considerado importante)

Peligro de Frío Extraordinario: (No considerado importante)

1.10.- ANÁLISIS DE LOS PELIGROS SELECCIONADOS.

1.10.1.- PELIGRO CLIMÁTICO:

Dentro de este factor se ha incluido: Erosión de riberas, Inundaciones y Nivel freático alto, que son fenómenos directamente relacionados con la escorrentía por precipitaciones pluviales, que se dan en el Cusco de Diciembre a Abril pero son intensas entre los meses de Enero a Marzo.

Las mayores crecidas de los cursos de agua se corresponden a la confluencia de varias condiciones y no son directamente proporcionales a la magnitud de las precipitaciones máximas, es así que se tiene:

- Se producen máximas crecidas cuando, luego de recientes precipitaciones menores, se producen precipitaciones extraordinarias. Las primeras producen la saturación de capas superficiales de suelos disminuyendo de el volumen de infiltración para el momento en que ocurren las segundas.
- Se producen máximas crecidas cuando las precipitaciones fuertes se presentan en la parte alta del valle y avanzan en dirección de la quebrada aguas abajo, alcanzando una condición crítica cuando la franja de precipitaciones avanza a velocidad similar que el frente de agua de escorrentía.
- Se producen máximas crecidas cuando precipitaciones sólidas (nieve o granizo) se acumulan sobre el terreno y posteriormente se produce una precipitación líquida de importancia. Toda el agua almacenada en la superficie en forma de Nieve o Granizo es disuelta bruscamente por la lluvia subsiguiente, produciéndose un efecto que es el resultado de la suma de ambas precipitaciones.
- La ocupación urbana cambia las características hidráulicas de la superficie natural que originalmente está cubierta de pastos naturales sobre tierra permeable y posteriormente está constituida por techos con canales rectos y superficies planas y prácticamente impermeables en los patios, pistas y veredas. A la primera condición le corresponde un coeficiente de escorrentía bajo debido a la infiltración y recorrido tortuoso de la

escorrentía superficial incipiente (venas de agua) mientras que a la segunda condición le corresponde un coeficiente de escorrentía muy alto por las razones contrarias.

Estos aspectos normalmente no son considerados en los cálculos de escorrentía para obras de drenaje en zonas urbanas y esta es la razón por la cual dichas obras son excedidas en su capacidad con mucha frecuencia. El estudio análisis y conocimiento de estos detalles puede servir para elaborar proyectos mas eficientes.

Las crecidas del los cauces de agua, socavan el pie de los taludes y a su vez, pueden verse incrementadas por el efecto de embalse y desembalse de quebradas donde se han producido deslizamientos de taludes, es así que los fenómenos hidráulicos y geodinámicos pueden alimentarse mutuamente y provocar efectos combinados catastróficos. (Plano P-11)

1.10.2.- PELIGRO GEODINÁMICO:

Los Deslizamiento de taludes, Flujos de lodo, Derrumbes y derrumbes son favorecidos y muchas veces desencadenados por cambios en la topografía de la ladera, movimientos masivos de corte en la parte inferior o rellenos en la parte superior desestabilizan los taludes, socavación en la base de las quebradas incrementa la altura de los deslizamientos.

Otro aspecto que es importante de considerar es que la morfología natural está en equilibrio entre las fuerzas actuantes que son el peso propio de los materiales y fuerzas derivadas de ella como son las vibraciones y ondas sísmicas y fuerzas resistentes que dependen del tipo de suelo y su estado tensional. Los suelos secos tienen buena resistencia generalmente y las obras relacionadas con la ocupación urbana, incluidas las de estabilización pueden cambiar esta condición de humedad al retirar la cobertura vegetal y reducir la evaporación superficial.

Los taludes "cuasi verticales", de gran altura donde la vegetación es muy escasa por el propio efecto de la pendiente poseen una gruesa costra de material seco en su cara lateral que cumple una función estabilizante, y en su parte superior horizontal o sub-horizontal, los efectos alternados de humedecimiento y secado con la correspondiente contracción asociada a esta ultima etapa, produce la formación de otra "costra" de material duro. Al cubrir estas áreas con obras y reducir la evaporación (causada por el sol y el viento) el frente de humedad avanza

desde el interior de la masa del suelo por capilaridad y alcanza hasta la superficie perdiéndose ambas costras de material seco perdiéndose el efecto estabilizante en el sector.

Filtraciones de los sistemas de agua y desagüe por pequeñas fugas pueden tener un efecto similar y fugas grandes por rotura de líneas principales pueden tener efectos desastrosos al combinarse la pérdida de resistencia por saturación con la acción mecánica de erosión.

La erosión del cauce de los ríos es un factor que incrementa el peligro de deslizamientos, y la protección del cauce mediante obras de enrocado o colocación de saltos de agua o peines de rieles ayudan a conformar un fondo resistente a la erosión, pero esta protección de fondo tiende a cambiar el tipo de escorrentía en el sector aguas arriba, de cauce definido a cauce meándrico donde se favorece, el ataque del curso de agua al pie de los taludes en las curvas. (Ver plano de contornos de peligros específicos, P-12)

1.10.3.- PELIGRO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL.

Los fenómenos de la geodinámica interna que se manifiestan en la corteza terrestre en forma de Plegamientos, Fallas y Contactos producen discontinuidades en el material rocoso por efecto mecánico, químico o térmico presentando sectores de material de baja resistencia y, en el caso de fallas activas, zonas donde pueden producirse desplazamientos relativos (fallas sismotectónicas) que originan algunos de los sismos de características más perjudiciales en la región.

En el presente proyecto se ha considerado como de peligro considerable una franja adyacente a las fallas geológicas desestimando el peligro que representan plegamientos y contactos por su menor influencia en la seguridad del sector. (Ver plano de contornos de peligros específicos, P-12)

1.10.4.- PELIGRO GEOTÉCNICO:

Corresponde al riesgo que representan los suelos de baja calidad a la ocupación urbana y obras complementarias. El fenómeno que más frecuentemente produce daños es el de asentamientos ocasionados por falla del suelos bajo las presiones de la cimentación y la

presencia de suelos orgánicos, no se tiene referencia de suelos expansivos, colapsables o licuables en la zona del Cusco. (Ver plano de contornos de peligros específicos, P-12)

1.10.5.- PELIGRO SÍSMICO

Registro Histórico De Sismos.

El documento titulado "Investigación de Actividad Sísmica en la Región Inca" por Cuenca S. J. del Instituto de Investigación Universidad Region de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (IIUR-UNSAAC) 1991, presenta una relación histórica de sismos en la Región Cusco de la cual han sido extractados los sismos para la Ciudad del Cusco, la que ha sido complementada por los últimos sismos registrados, resultando la relación siguiente: 1590, 1650, 1707, 1804, 1823, 1832, 1832, 1870, 1905, 1928, 1941, 1944, 1946, 1946, 1948, 1948, 1949, 1949, 1950, 1952, 1952, 1952, 1954, 1954, 1986.

La frecuencia de los sismos está afectada por el hecho de que en tiempos antiguos no se registraban los sismos menores, es probable que en la información más remota solo se hayan considerado los sismos mas severos y en la información reciente se incluyan sismos de menor intensidad.

Sismicidad.

Cusco se encuentra en una zona considerada de alta sismicidad, Zona II a nivel nacional y ha registrado 2 terremotos devastadores en la historia republicana, siendo el mayor de ellos en el siglo 15 que se estima fue del grado VII en la escala de Richter. En 1950 la ciudad fue afectada por otro sismo que destruyó casi la totalidad de viviendas (que eran de adobe). En los últimos años se registran sismos que producen daños menores en muchas edificaciones y daños estructurales serios a un muy reducido porcentaje de edificaciones con una recurrencia de 1 cada 3 años aproximadamente.

Estudios de Microtrepitación.

El plano de curvas isoperíodos de microtrepitación (Tokeshi/Alva-1990) realizado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID),

la zona del Cusco que abarca desde el sector de Picchu hasta la Granja Kayra está comprendida por el período predominante de $T_s = 0.30$ y 0.50 seg.

Riesgo Sísmico.

Existe información referida a riesgo sísmico en 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:

	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
Periodo de retorno (años)	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.

Aceleraciones máximas normalizadas.

En el mapa de aceleraciones máximas normalizadas publicado por la Pontífica Universidad Católica del Perú, se observa que a la zona del proyecto le corresponde a una Aceleración Máxima: $0.19 g$

Intensidad Máxima Esperada.

El Centro Regional de Sismología Para América Latina del Sur CERESIS, presenta un mapa de intensidades máximas MM del sismo esperado para la zona del Cusco en un mapa que abarca la Provincia del Cusco y sus Alrededores con fecha 1999. En este mapa se puede observar que a la zona de estudio le corresponde la intensidad próxima pero menor a VIII.

Amplificación Sísmica

Corresponde a las zonas de suelos de menor rigidez y gran espesor de los mismos, donde el fenómeno de la amplificación sísmica se presenta y puede causar mayores daños a las construcciones. Las edificaciones, líneas de conducción y vías de comunicación sufren mayores daños en los sectores que son afectadas por los sismos, es así que las obras deben ser más resistentes y tolerar mayores deformaciones lo que influye en su costo inicial así como en el costo de reparación si es que se producen daños y finalmente aparece el concepto de costo de reposición para el caso de que las estructuras dañadas deban ser reemplazadas. Es por esta razón que es importante identificar estos sectores para permitir un aprovechamiento óptimo de la inversión pública y privada. (Ver plano de contornos de peligros específicos, P-12)

1.10.6.- PELIGRO DE VIENTOS.

Los fenómenos eólicos no han sido considerados como elementos de riesgo significativo para la ciudad del Cusco debido a que por su ubicación geográfica no se presentan vientos fuertes en este sector.

1.10.7.- PELIGRO DE FRÍO EXTRAORDINARIO

En cuanto al frío extraordinario no se tienen estudios de temperaturas en diferentes sectores de la ciudad pero, se ha observado que las zonas donde la temperatura baja de cero con mayor frecuencia y se producen precipitaciones sólidas de importancia se encuentra sobre los 3600 metros sobre el nivel medio del mar. Estas áreas han sido delimitadas como de peligro de bajas temperaturas.

1.11.- MAPA DE PELIGROS

La metodología que se ha seguido para la producción del mapa de peligros de la ciudad en base a los mapas temáticos elaborados tal como se indica en el presente informe ha sido integrada en un solo mapa que resume los peligros, para ello se ha empleado una metodología mixta que considera criterios técnicos rígidos de suma de peligros en áreas de intersección (Ver plano de contornos de peligros específicos, P-12) complementados con la decisión final de designar el peligro con el uso del criterio técnico y la experiencia de los profesionales responsables del proyecto (Ver plano de contornos de peligros específicos, P-13), tal como se indica a continuación:

- Los mapas temáticos de peligro Climático, Geodiámico, Geológico, Geotécnico y Sísmico de la ciudad del Cusco han producido cada uno contornos que rodean áreas de mayor peligro en cada caso.
- Estos contornos se han superpuesto en un solo mapa denominado "Mapa de contornos de Peligros Específicos" y se ha considerado que cada peligro temático tiene un peso de 1 (uno). Las zonas donde se intersecan varios peligros se suman estos valores y es así que quedan definidas áreas de intersección con valores que pueden ir de 1 a 5.
- Las preliminarmente se ha definido las áreas de peligro como sigue:

Peligro Bajo	01
Peligro Medio	02
Peligro Alto	03
Peligro Muy Alto	04 y 05.
- En base al criterio técnico del equipo profesional y la observación de la gravedad del peligro en cada zona se ha determinado las áreas de peligro, donde zonas con un solo peligro temático pueden ser definidas como de peligro Alto o Muy alto si es que dicho peligro es grave y evidente.

CAPITULO II

GEOLOGIA

2.1 GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL CUSCO

2.1.1 FISIOGRAFIA LOCAL

La zona se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental zona de Altiplanicies en la Cuenca del río Vilcanota sub. Cuenca del río Huatanay. Regionalmente se diferencian las siguientes geoformas dominantes: Las Altas Montañas con altitudes que van desde los 3600 hasta los 4450 m.s.n.m, conformada por los cerros Pachatusan, Kjumo, Mujon Cruz, Huanacaure y Piccol. Encontrándose también mesetas y quebradas de las cuales se hablara más adelante.

La cuenca del Valle del Huatanay esta ocupada por segmentos lacustres del antiguo lago Morkill y los conos aluviales depositados en ambas márgenes del valle. El drenaje principal del valle es el río Huatanay : (Ver plano Geomorfológico, P-04)

2.1.1.1 VALLE DEL CUSCO

Es de forma alargada con dirección NO – SE, con una longitud de 30 km. El material de relleno es lacustre cuaternario, el cual está afectado por la tectónica

2.1.1.2.- Zonas de Montañas

- Montañas de Pachatusan

Aledañas a las altas cumbres constituidas por elevaciones también importantes y algunas zonas de pequeñas mesetas y pequeñas lagunas. Constituidas mayormente por volcánico Mitu, formación Huancane, formación Huambutio en pequeña proporción.

Presenta extensas áreas glaciadas con depósitos morrénicos. Igualmente constituyen el flanco Sur del anticlinal del Vilcanota que tiene una dirección WNW – ESE.

- **Montañas de Ccorao**

Ubicadas al Oeste de las montañas del Pachatusan; igualmente se encuentran en la divisoria de las aguas de los 2 valles principales de la zona entre sus relieves más importantes tenemos el Huaynapiccol (4448 m.s.n.m); Sencca (4423 m.s.n.m), Sipaschocana (4393 m.s.n.m) ubicada al norte de la ciudad del Cusco, limitada por la meseta del Sacsayhuaman por la falla Tambomachay se emplaza en capas rojas del grupo San Jerónimo.

- **Montañas de Picchu**

Constituída por elevaciones que llegan a los 4000 m.s.n.m se ubican al Oeste de la ciudad del Cusco dividen la cuenca del río Huatanay al Este y la del río Izcuchaca hacia el Oeste. En estas montañas nacen los principales afluentes formadores del río Huatanay. Se emplazan en capas rojas y la formación Yuncaypata.

- **Montañas de Vilcaconga**

Ubicadas hacia el S-SW de la cuenca del río Huatanay, las altitudes promedio de sus elevaciones son de 4000-m.s.n.m. destacan los picos de: (Huanacauré 4089 m.s.n.m. Pacaccasa 4196 m.s.n.m. Chaquicocha 4365 m.s.n.m.); Constituyen una gran hilera de elevaciones con rocas plegadas del grupo San Jerónimo (Terciarias) son cortadas por los ríos y quebradas (Huancaro, Chocco, Huamancharpa, Kayra) que confluyen en la cuenca del Huatanay. Es de origen aluvial, con presencia de algunas cárcavas en zonas arcillosas como la rinconada. Su relieve es suave porque afloran rocas blandas.

- **Montaña de Puquin.**

- Constituida por una serie de montañas elevadas en roca sedimentaria de mediana resistencia en proceso de erosión constante.

2.1.2.3.- Mesetas

- Meseta de Sacsayhuaman

Ubicado al NE de la Ciudad del Cusco; es una gran llanura limitada por las elevaciones de Ccorao hacia el NE, ambas unidades Geomorfológicas están separados por una gran falla denominada "Falla de Tambomachay"; Hacia el SW, limita con la depresión del Cusco, se supone un contacto también fallado (no se encuentran muchas evidencias por estar cubierto).

Debido a los límites fallados se supone que antiguamente en la meseta de Sacsayhuaman haya sido una especie de alto estructural (horts) que han podido poner las rocas del Grupo Yuncaypata al mismo nivel que las rocas de las Capas Rojas, tal vez contemporáneamente con el ascenso del magmatismo se produjo el "Rodadero" finalmente. La erosión diferencial a actuado con más efectividad en las rocas incompetentes del Grupo Yuncaypata; Es necesario igualmente tener en cuenta que las fallas limitantes hayan jugado en sentido normal últimamente debido a una inversión tectónica, acentuando mucho más el desnivel como ocurre actualmente.

- Meseta de Huacoto:

Ubicada EN el flanco NE del valle del Huatanay. El control de la morfología es estructural y litológico (falla Pachatusan y rocas de la formación Yuncaypata Huambutio- Huancane.) .Corresponde a una zona de deformación de flanco delanticlinal del Vilcanota hacia el Norte y Noreste esta limitada por las montañas de Pachatusan; hacia el Sur por el flanco Nor Este del valle del Huatanay. Comienza alrededor de los 4000 m.s.n.m hasta los 4200 m.s.n.m altitud promedio de 4100 m.s.n.m .El desnivel con el fondo del Valle es de mas o menos 800 m (llanura fluvial a 3200 m.s.n.m). En un gran receptáculo temporal de aguas. Existe un importante afloramiento de rocas lavicas cuaternarias controlada por una falla regional (Marocco 1978).

2.1.2.4.- Flancos del Valle.

- Flanco Nor este de Huatanay.

Tiene considerable extensión (mas o menos 18 Km.) y es de una gran complejidad estructural y litológica. Corresponde a la zona de mayor deformación del flanco del anticlinal del Vilcanota. Alberga igualmente una serie de deslizamientos antiguos y recientes, zona de gran actividad geodinámico. En promedio su pendiente es mayor de 30°.

- **Flanco Sur Este Del Huatanay.**

De gran extensión prácticamente desde las cabeceras del río Huatanay hasta la desembocadura de este con 21 Km. de longitud y un ancho promedio de 250 m. Emplazada íntegramente sobre rocas pelíticas, areniscas y conglomerados del grupo San Jerónimo. Es un flanco menos dinámico que el anterior, excepto en cárcavas y valles transversales. Las Pendientes son mucho mas moderadas que el flanco anterior. (300 promedio).

- **Flanco Oeste del Huatanay.**

Corresponde a las nacientes del río Huatanay por debajo de las cumbres del río Picchu y Tica tica .Zona de grandes alimentadores de agua a la cuenca. Emplazadas en rocas del grupo Yuncaypata y San Jerónimo tiene una longitud de + - 10 Km. y un ancho de 550 m. presenta pendientes que superan los 45° es una zona de complejidad estructural y litológica. Además muestra zonas de fuerte intemperismo y meteorización con recientes desprendimientos de roca. Zona de fuerte dinámica.

2.1.1.5.- Valle del Huatanay

Es una depresión donde se asienta la Ciudad de Cusco y surcado por el río Huatanay.

Varias son las quebradas (Saphy, Quilquemayo), que son el origen de las nacientes del río Huatanay desde una altitud de 3400-3000 m.s.n.m. que desemboca en el río Vilcanota ala altura de Huambutio

El fondo del valle es por lo general, sub. Horizontal en donde a un no ha sido canalizado, el río divaga llegando a inundar las terrazas en épocas de lluvias

2.2.- GEOLOGIA REGIONAL

(Ver plano Geológico Regional P-02)

2.2.1.- SUBSTRATO PALEOZOICO

2.2.1.1.- Paleozoico Inferior

El paleozoico inferior ha sido estudiado por Heim, 1948; Egeler y De Boody (1957,1961), Fricker (1960) , Marocco 1977 , Carlotto et.al 1996.

- Formación Ollantaytambo

Marocco 1997-1998 define una serie de rocas metamórficas que atribuyen al Cambriano por su posición estratigráfica, al que denomina serie Ollantaytambo, la que es elevada al rango de formación en Carlotto et.al (1996); esta unidad aflora al pie de las ruinas Inkas de Ollantaytambo, infrayace a la formación Verónica y la formación San José del Ordoviciano por lo que se le atribuye una edad Cambria. Litológicamente esta compuesto por brechas, conglomerados, areniscas cuarcíticas y una serie de Andesitas (ignimbritas), presentando disyunción en laminas plegadas . También se tiene lutitas verdes intercaladas con bancos de cuarcitas y niveles cineríticos verdes. El espesor aflorante es de aproximadamente 1000 m. Las rocas volcánicas y la abundancia de esquistos cineríticos verdes sugieren un origen volcánico – sedimentario (Marocco 1978)

2.2.1.2.- Ordovisico

- Formación Verónica.

Aflora en el nevado Verónica y esta constituida por 480m de conglomerados, los que están compuestos casi exclusivamente por cantos de cuarcita bien redondeados con matriz arenosa. La interpretación de medios sedimentarios es difícil debido al

metamorfismo que afecto estas rocas. Sin embargo las litologías descritas anteriormente corresponde a depósitos aluviales (Carlotto et al 1996) precursores de la constitución de la cuenca marina subsidente del paleozoico inferior (Marocco, 1977 y 1978). Por su posición estratigráfica bajo la formación San José del Areginiano – Lamvirmiano se le atribuye a la formación Verónica la edad del Ordoviciano basal.

- **Formación San José.**

La mejor exposición de San José se encuentra en el Abra de Málaga y esta conformado por cuarcitas finas, rojizas , verdes y grises seguidas por pizarras micaceas y esquistos de estauroлита de color verde o negro en la parte media se presentan lutitas bandeadas y en la parte superior Pizarras negras o filitas .Estas secuencias se hallan fuertemente plegadas lo que explica un aparente espesor mayor de formación .El origen de los sedimentos es marino poco profundo (Carlotto et.al 1996) .La edad de la formación San José es considerada Areginiano Lamviniano por diferentes autores(Marocco 1978; Fricker 1960; Egeler y De Booy, 1961 Carlotto et.al; 1996)

- **Formación Sandia.**

La formación Sandia Constituye un nivel guía en la cartografía, ya que su composición principalmente es cuarcita y de gran espesor permite diferenciarlas de otras unidades Paleozoicas. El paso de la formación San José a la formación Sandia es concordancia y aparentemente discontinuidad estratigráfica, siendo difícil determinar el contacto. Litológicamente la formación Sandia esta compuesta en la parte inferior por Pizarras negras, y luego pasa a los bancos de cuarcita intercaladas con Pizarras negras y en intercalación de Pizarras negras y en la parte superior son predominantes las secuencias arenosas, finalmente tiene una intercalación de pizarras negras o esquistos con capas delgadas de cuarcitas. El espesor de la serie es aproximadamente 800 m. La edad atribuida a la formación Sandia es Caradociana (Marocco 1978, Carlotto et.al; 1996)

- **Formación San Gavan.**

Esta formación aflora en la carretera Cusco- Amparaes alcanzando espesores entre 100 y 300 m. La formación San Gavan sobreyace en aparente concordancia estratigráfica a

la formación Sandia. Esta compuesta en la base por bancos de arenisca cuarzosa intercaladas con pizarras, luego se tiene niveles diamictíticos y en la parte superior bancos de conglomerados cuarzosa intercalados por bancos cuarcíticos y Pizarras. Las diamictitas de la formación San Gabán son niveles de microbrechas glaciares depositadas en el mar. La formación San Gabán es de edad probablemente Ashgiliano al igual que en Bolivia y Argentina (Carlotto et.al 1996)

2.2.1.3.- Siluro Devoniano

- Formación Paucartambo.-

Esta unidad es la prolongación de la formación Paucartambo del cuadrángulo de Cusco y Calca .Constituye el substrato de la cuenca Putina. se trata de una unidad esencialmente compuesta de Pizarras . Lutitas pizarrosas intercaladas con escasos niveles de cuarcitas. Estos depósitos son de origen marino. El espesor de esta unidad es desconocido, pero se estima entre 1000 y 2000 m. en las cercanías de Huaylla Huaylla situado a 2.5 Km al Este de Quiquijana , se han encontrado los fósiles Tentaculitis sp y el trilobite del genero Phacops , que indican una edad Siluro Devoniana (Mendivil et.al 1994)

- Formación Cabanillas.-

La formación Cabanillas sobreyace a la formación Paucartambo en aparente concordancia estratigráfica , pero aflora solamente en el Umbral Cusco- Puno , entre el Sur de Herca y Marangani .(Cuadrángulo de Sicuani) . Se trata de intercalaciones de capas de areniscas y lutitas. Las areniscas se presentan en capas de tamaño centimétrico y son de color verdoso al igual que las lutitas. Las areniscas muestran ripples y son de posible origen litoral .El espesor considerado de esta serie varia entre 1000 y 1500 m En esta unidad. Audebaud (1973) encontró los siguientes fósiles Tropicodonta, Carinatus, Saccophococeras, Bolivensis, Platyceras, Spirifer y trazas de Anelidos atribuidos al Devonico.

2.2.1.4.- Paleozoico Superior

- Grupo Ambo

El grupo Ambo aflora únicamente en el dominio Umbral Cusco- Puno , en los alrededores de Sicuani .Esta unidad sobreyace en aparente discordancia al Grupo Cabanillas. Litológicamente esta conformado por conglomerados, areniscas y lutitas. Los conglomerados están constituidos por clastos de cuarcitas, encontrándose también Gneis y Leucogranitos .Las areniscas son generalmente cuarzosas y contienen restos de plantas silisificadas.(Audebaud 1973) .Las lutitas son de color gris a negro, y con restos de plantas. Los medios sedimentarios son esencialmente continentales, correspondiente a ríos de canales entrelazados y llanuras de inundación.

- Grupos Tarma y Copacabana

Esta unidad que aflora en el Umbral Cusco- Puno, no ha podido ser diferenciada ya que los grupos Tarma y Copacabana son muy similares y no muestran una discordancia aparente. Sin Embargo. Audebaud (1963) la divide en dos unidades , una inferior y otra superior.

Unidad Superior

Sobreyace en concordancia a la unidad inferior y se caracteriza por formar bancos de calizas de color rojizo. Su espesor es variable entre 100 y 800 m .Se trata de calizas de color rosado o rojizo, casi siempre silisificada y dolomitizada; formando bancos de 5 a 15 m .

En la región Cusco los mejores afloramientos del grupo Copacabana son el anticlinal del Vilcanota y al Norte de Limatambo donde sobreyace en discordancia angular al paleozoico inferior .Litológicamente esta compuesto por Calizas y lutitas marinas .Estas rocas se caracterizan por presentar fósiles silicificados de fusulinas , braqueopodos y corales y se asigna una edad permico inferior a medio.

- **Grupo Mitu**

El Grupo Mitu sobreyace en discordancia erosional al grupo Copacabana , a la formación Cabanillas , al grupo Ambo (Umbral Cusco- Puno) y a la formación Paucartambo (cuenca Putina) aflora en los alrededores de Sicuani y Marangani , y entre San Salvador y el norte de Urubamba . La parte inferior denominada en la región de Cusco formación Pisac , esta conformada por conglomerados y areniscas de color rojo , de medios fluviales ; en tanto en la parte superior denominada formación Pachatusan en la región del Cusco , es esencialmente Volcánica . en la parte inferior se ha encontrado un nivel delgado de Calizas (cerro Joruro , Este de Sicuani) .Las rocas volcánicas de la parte superior , son esencialmente coladas de Andesitas de color rojo violeta . La edad de esta unidad es Pérmico superior – triasico inferior.

2.2.1.5.- Mesozoico

- **Formación Huambutio**

La formación Huambutio ha sido definida por Carlotto (1989) y Carlotto et.al (1991) en el cuadrángulo de Cusco esta conformada por areniscas cuarcíticas, limolitas rojas y yesos. Sobreyace en discordancia erosional o débil discordancia angular al grupo Mitu y aflora en los alrededores de Huambutio , Huayllabamba , Vilcabamba , Andahuaylillas , Paucarbamba y en el Sur de Ollantaytambo, Muyumayo , Kesta y al norte de Limatambo .El medio sedimentario es continental (conos aluviales distales y ríos) .La edad de la formación Huambutio fue determinada por Carlotto et.al (1991) realizando correlaciones con unidades similares del Sur del Perú y Bolivia atribuyéndole una edad Kimmeridgiana- Berriaciana.

- **Formación Huancane**

La formación Huancane (Neocomiano), aflora ampliamente en la región de Sicuani y de Cusco .Reposa en discordancia erosional sobre la formación Huambutio ,y el espesor es variable varia entre 30 y 150 m . Litológicamente esta compuesta de areniscas cuarzosas blancas correspondientes a medios fluviales de canales entrelazados con algunas

intercalaciones de lutitas negras las cuales pueden contener microflora que presenta las formas del genero Callalasporetres sp.

- **Grupo Yuncaypata**

Definida por Kalafatovich (1957) como formación Yuncaypata, posteriormente Carlotto et.al (1991) lo elevaron a la categoria de Grupo dividiéndola en formaciones Paucarbamba, Maras, Ayabacas y Puquin.

- **Formación Paucarbamba**

Aflora en el valle Sagrado de los Incas .Litológicamente esta conformada por una alternancia de areniscas calcáreas , margas lutitas amarillas , rojizas y verdes , correspondiente a medio marino poco profundo .el espesor varia entre 30 y 50 m .La edad de la formación Paucarbamba es atribuida en Albiano inferior o Albiano medio (Carlotto et.al 1996 y Carlotto 1998)

- **Formación Maras**

Aflora al Nor Este de la región del Cusco entre el valle sagrado de los Incas y Sacsayhuaman, además aflora al Norte de Limatambo .Se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la formación Paucarbamba. Litológicamente esta compuesta por Yesos con intercalación de Lutitas rojas, verdes y algunos niveles delgados de Calizas las lutitas son de medio lacustre, los yesos de Sabkha y las calizas indicarían máximos transgresivos (Carlotto 1992; Carlotto et.al 1996) El espesor de la formación Maras es difícil de calcular , pero se puede estimar entre los 100 y 200 m aunque en algunos lugares sobrepasa los 400 m .Se le atribuye edad Albiana Media debida a su posición estratigráfica y correlaciones regionales.

- **Formación Ayabacas**

La formación Ayabacas o calizas Yuncaypata(Kalafatovich 1975) aflora en la región de Cusco de manera caótica .Litológicamente esta compuesta por calizas y facies margosas. Los medios sedimentarios varían de infratidal a intertidal . La edad de la

formación Ayabaca o calizas Yuncaypata es atribuida al Albiano superior Turoniano(Kalafatovich 1957; Carlotto 1992; Carlotto et.al 1992) .

- **Formación Puquin**

Se denomina grupo Moho o formación Puquin a las secuencias que se hallan sobre las calizas Ayabacas (Albiano Turoniano) . Sin embargo, en los cortes o secciones completas no se puede observar las calizas probablemente porque sufrieron deslizamientos sedimentarios (Audebaud 1973). La formación Moho o Formación Puquin sobreyace a la formación Huancane , y esta compuesta por tres megasecuencias M1,M2,M3 .La Megasecuencia 1 (35m) , esta constituida por lutitas rojas y verdes, con presencia de Yeso , de Sakhka .La mega secuencia 2 (130m) compuesta por dos secuencias , cada una empieza por bancos arenosos , luego calcáreos y lutitas negras con restos de dientes de peces , seguido de lutitas rojas con presencia de yeso . Estas son interpretadas como secuencias regresivas, marinas y costeras a la base y lacustre al techo.

La Megasecuencia 3 (95 m) , comienza con bancos pequeños de areniscas blancas , intercaladas con lutias negras y verdes , posiblemente de medios marinos poco profundos , para luego pasar a una intercalación de areniscas y limonitas rojas continentales con influencia marina (flaser bedding)

2.2.1.6.- Cenozoico (Paleógeno)

- **Formación Quilque**

Definida por Gregory (1916) y Carlotto (1992) , aflora en la región del Cusco sobreyaciendo en discordancia al grupo Yuncaypata . Litológicamente eta compuesta por Lutitas, Areniscas de color rojo y conglomerados, estos últimos formados por la erosión de costras calcáreas , en conjunto alcanza un espesor de 150 m El medio sedimentario de la formación Quilque es lacustre y de llanura de inundación , pasando gradualmente a medios fluviales (conglomerados) . La edad de la formación Quilque es atribuida al paleoceno inferior en base a carofitas de la especie Nitelloptis (Carlotto et.al 1992, Jaillard et.al 1994).

- **Formación Chilca**

Se encuentra en los mismos lugares en donde aflora la formación Quilque. Litológicamente esta compuesta por lutitas rojas con laminas de yeso, margas y areniscas calcáreas de medios lacustres que pasan gradualmente a areniscas feldespáticas de un medio fluvial entre lazado, en conjunto tiene un espesor de 100 m. la edad de la formación Chilca es atribuida al Paleoceno superior – Eoceno inferior (Carlotto et. al; 1992 y Jaillard et. al; 1994)

- **Capas Rojas del grupo San Jerónimo (5000 m)**

Las capas rojas del grupo San Jerónimo, sobreyacen al grupo Yuncaypata, Moho, formación Puquin o al Paleozoico inferior. Se trata de una intercalación de areniscas y lutitas rojas y escasos conglomerados de origen fluvial, correspondientes a ríos de canales entrelazados y de llanura de inundación (Noblet 1985). La existencia de estructuras tectónicas sin sedimentarias (discordancias progresivas) y una subsidencia importante muestran que el bloque de capas rojas de Sicuani corresponde a una cuenca activa de tipo pull – apart origina por movimientos de rumbo dextrales (Noblet 1985; Carlotto 1998) sobre la edad a partir de su posición estratigráfica y dotaciones radiométricas se le considera como Eocena - Oligocena inferior. En esta unidad se han encontrado importantes niveles de cobre estrato ligado.

- **Formación Anta**

Aflora largamente entre Pomacanchis y Limatambo sobre el borde norte de la cuenca occidental Mesozoica y limitada con el Altiplano. Esta sobreyace en discordancia angular al grupo Yuncaypata, las formaciones Quilque y Chilca y las rocas intrusivas del Batolito de Andahuaylas – Yauri. Esta compuesta de conglomerados con clastos volcánicos, de areniscas y niveles de brechas, además de raros niveles calcáreos y coladas volcánicas. Las facies indican un medio de conos aluviales (Carlotto 1998). La formación Anta esta recubierta en discordancia por las rocas volcánicas que parecen probablemente de la formación Tacaza, o por los conglomerados no datados. En las partes medias y superiores de la formación, las coladas volcánicas han dado la edad K/Ar sobre anfíboles de 38.4+- 1.5y 37.9+- 1.4Ma (Carlotto 1998).

2.2.1.7.- Cenozoico (Neogeno)

- Formación Punacancha

La formación Punacancha reposa en concordancia o ligera discordancia angular sobre la formación Soncco del grupo San Jerónimo (Carlotto 1998) aflora al SE de la ciudad del Cusco. La parte inferior de la formación Punacancha, esta compuesta por Lutitas y Limolitas rojas intercaladas con niveles de areniscas finas, conglomerados y microconglomerados. La parte superior esta compuesta por areniscas finas, areniscas con laminación horizontal y oblicua con intercalación de conglomerados. Los medios sedimentarios de la formación Punacancha son llanura de inundación, medios fluviales de canales divagantes medios fluviales entrelazados. La edad de esta unidad es atribuida al Oligoceno superior - Mioceno inferior en base a su posición estratigráfica.

- Formación Paruro

La formación Paruro fue descrita por Mendivil (1979) y Cordova (1986) y mas reciente, Jaimes y Romero (1996) y Carlotto (1998). La formación Paruro litológicamente esta compuesta por lutitas, limolitas, areniscas, microconglomerados, conglomerados y raramente niveles volcánicos indicando medios de abanicos aluviales, medios fluviales entre lazados, proximales y llanuras de inundación. La edad de la formación Paruro es atribuida al Mioceno superior en base a una adaptación por el método K /Ar sobre biotitas, dando una edad $10.1+ - 0.5$ Ma (Carlotto 1998) y además que se han encontrado carofitas que indican una edad Mioceno superior (Jaimes y Romero 1996; y Carlotto et al 1997)

2.3 GEOLOGÍA LOCAL:

Se ha tomado como base el trabajo de la Geología del Cusco del Dr. Elmer Córdova Málaga - 1986. Se describe la geología, de la formación mas antigua a la mas reciente.

2.3.1.- GRUPO MITU

Se encuentra en discordancia erosional sobre el grupo Copacabana y conforman las formaciones Pisac y Pachatusan como Mitu inferior y superior respectivamente. Las primeras constituyen materiales detríticos de conos aluviales y niveles volcánicos de Andesitas; los segundos constituyen Andesitas y Riolitas además presentan conglomerados (Formación Pachatusan) Se le asigna una edad Permico Superior – Triasico Inferior

2.3.2.- GRUPO YUNCAYPATA

Anteriormente formación Yuncaypata Kalafatovich 1957 posteriormente es elevado al rango de Grupo Yuncaypata (Carlotto et.al 1991) el nombre deriva de la localidad de Yuncaypata ubicada a 5 Km. al norte de la ciudad del Cusco, esta unidad no presenta una columna completa debido a que comprende varios niveles de de despegue.

Aflora en el sector de los cuadrángulos de Calca y Urubamba anteriormente este grupo era dividido en varias secuencias estratigráficas (Carlotto et.al 1991,1992) posteriormente se define en cuatro secuencias (Carlotto et.al 1996) Formación Paucarbamba , Maras, Ayacabcas (Yuncaypta) y formación Puquin . Dentro del área de estudio se presentan las siguientes formaciones:

2.3.2.1.- Formación Ayabacas

Esta compuesta de calizas gris oscuras a gris azuladas, esta unidad calcárea se presenta en forma de afloramientos discontinuos, bancos aislados, estructuras vesiculares, caprichosamente replegadas, a su vez fracturadas y desplazadas manifestándose como pequeños lentes.

Se han identificado dos secuencias Transgresivas y Regresivas (Facies intratidales y subtidales), y otra superior de lutitas rojas. Con alteración amarillenta a veces están dolomitizadas.

Esta unidad se depositó durante una trasgresión marina estableciéndose una plataforma carbonatada muy somera, puede correlacionarse , con la Fm. Miraflores de Bolivia; y asignarle una edad Cenomaniana a Turoniana.

2.3.2.2.- Formación Puquin

Dávila ha descrito una secuencia areniscosa seguida de arcillitas rojas y verduzcas, cuyos afloramientos mas típicos se encuentran en la quebrada Puquin.

La base de la formación Puquin es concordante con la formación Sangarara mientras el tope esta cubierto en discordancia angular por la formación Lucre.

Los componentes Litológicos de la formación Puquin son areniscas Cuarzosas de grano fino con niveles de arcillitas rojas a verdes. Las areniscas cuarzosas lateralmente, pueden pasar a curzitas en estratos delgados de color blanquecino, que en algunos casos conforman farallones que destacan dentro de las rocas circundantes, también se encuentran capas de margas y brechas calcareas. Hacia la parte media se tiene también areniscas cuarzosas de grano fino y con arcillitas negras a rojizas. En la parte superior de esta unidad se encuentra arcillitas y limolitas rojas con niveles de calizas y nodulos calcareos, capas lenticulares de yeso pero en volumen muy reducido además se encuentran areniscas, arcillitas amarillentas.

El grosor de la formación Puquin se estima entre 200 a 300m Edad y Correlación.- Se le asume una edad tentativa del cretacio superior ya que provablemente se acumulo durante el campaneano – Maestrichtiano inferior. Se le correlaciona con la base del grupo Cotacucho.

2.3.3.- GRUPO SAN JERÓNIMO

El grupo San Jerónimo Según Carlotto V; (1998) esta conformado por dos Formaciones: Fm. Káyra y Fm. Soncco.

2.3.3.1.- Formación Kayra

Litológicamente esta constituida por bancos de arenisca masivas blancas, rojas y marrones, intercaladas con lutitas, limolitas y arcillas de color rojo a marrón, algunos conglomerados, hasta de 5cm.de diámetros que corresponden a canales fluviales, a veces contienen malaquita, cantos blandos, hacia la parte superior se encuentran areniscas, lutitas, micro conglomerados, conglomerados de color marrón rojizo, blancos y verdes hacia el techo se encuentran intercalaciones de areniscas rojas y marrones, lutitas marrón rojizas y anaranjadas.

El espesor de esta formación es de 3000m.

La Formación K'ayra corresponde a secuencias de medios fluviales entrelazados débilmente trenzados con canales asimétricos cuyas paleocorrientes indican direcciones S-N. Con migraciones de E-W indicándonos también facies dístales de la cuenca de Kayra.

La edad fue considerada del Maestrichtiano por Córdova E(1986) en las basada en la huella de Dinosaurio y datadas por PAQIJET J. Del Museo de Paris, otros autores con recientes estudios dicen que estas huellas podrían corresponder a huellas de aves por lo que se asume una edad de Paleoceno

2.3.3.2.- Formación Soncco

Litológicamente esta conformado por facies finas de lutitas, limonitas masivas, areniscas de grano fino a medio, areniscas feldespáticas y algunas intercalaciones de conglomerados, con niveles de malaquita cantos blandos, presencia de piro clásticas producto de explosiones volcánicas que caían en la cuenca de sedimentación. Esta formación es de 1500mts.

La estratificación grano estrato creciente significa una evolución vertical correspondiente a un medio fluvial débilmente trenzado, con canales de gran energía cuyas paleo corrientes indican direcciones S-N indicando los aportes de la zona sur.

Es del Eoceno envase a las dataciones radio métricas en los niveles volcánicos (tobas), aunque Córdova en (1986), le considero del Maestritiano

2.3.4.- FORMACIÓN PUNACANCHA

Esta constituida por las siguientes secuencias: una primera constituida por sedimentos finos, lutitas de color rojo, marrón oscuro, areniscas finas rojizas intercaladas entre si en estratos que no sobrepasan el metro.

Las siguientes secuencias son algo similares a la primera de su consistencia litológica con presencia de conglomerados de (clastos de rocas volcánicas, cuarcitas y areniscas) cuyo tamaño aumento gradualmente hacia el tope da la formación cuyas dimensiones de bloques y cantos con matriz de arena limpia y cemento silicio, los cantos volcánicos subredondeados sobrepasan los 0.50 cm de diámetro terminando en secuencias de arena masiva y derrame volcánico. Su espesor aproximado es de 1500m, pertenece al Oligoceno superior – Mioceno inferior

2.3.5.- VOLCÁNICO HUACOTO

Es un cuerpo volcánico importante emplazado en la localidad de Huacoto.

Corresponde a un sistema de vulcanismo de edad cuaternaria compuesto por rocas extrusivas; tal aseveración cronológica se debe a criterios como son las relaciones de contacto con las rocas más antiguas y por la perturbación de la red fluvial del río Huatanay

La litología esta compuesta de lavas ácidas y muy potasicas. Se trata de Andesitas, Lutitas y por análisis químico se definen como Shoshonitas. Su edad de acuerdo a datación radiométrica (K/Ar) dan una edad menor a los 700 000 años (Kaneoca y Guevara 1984)

2.3.6.- INTRUSIVO RODADERO

Se encuentra al NW de la ciudad del Cusco siendo un afloramiento de reducida extensión

La composición representativa de esta facie en general. Corresponde a una Diorita cuarcifera, de coloración gris verdosa y muy fracturada con abundantes espejos de falla muy conspicuos y una modalidad propia dentro de todo lo observado. La textura es mediana a gruesa y en parte se halla con una alteración apreciable.

Este intrusivo esta relacionado directamente con estructuras de fallamiento, en base a la cual se le puede indicar como una intrusión semitectonica, esta unidad puede estar vinculada con algunos de los cuerpos aflorantes (conjuntamente) con el batolito de Apurimac. Se le puede asignar una edad del Paleogeno.

2.3.7.- FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN

Esta unida fue puesta en evidencia por Gregory H (1916) encontrándose en el valle del Cusco posteriormente se hicieron algunos estudios de carácter paleontológico como los de Ramirez J. (1959- 1968) Y Sedimentologico realizado por Cordova E. (1988- 1990).

Morfológicamente conforma una superficie depresiva a manera de una cuenca cerrada alargada, delimitada por las laderas del valle del Huatanay sobre ella se encuentran distritos importantes del Cusco como San Sebastián, San Jerónimo, Cusco etc

Litológicamente esta constituido por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, flujos de barro, diatomitas extendidas en toda la unidad litoestratigrafica, limos, arcillas intercalados con horizontes de paleosuelos de colores claros, también se encuentra turba.

El ambiente de sedimentación de esta secuencia correspondería a una cuenca lagunar con influencia de sedimentación fluvial, donde en sus bordes se acumularon sedimentos organogenos (turba) que en muchos casos fueron sepultados por depósitos de conos de deyección

2.3.8.- FORMACIÓN PUMAMARCA

Litoestratigraficamente esta formación esta conformada por dos miembros.

2.3.8.1.- Miembro Pumamarca Inferior

Esta secuencia aflora en la hondura norte de la cuenca del Cusco, alcanzando espesores mayores a 120m; es proveniente de la erosión tectónica y remoción de las secuencias rocosas y pelíticas del Grupo Yuncaypata.

Litológicamente están conformados por un conjunto sedimentario caótico constituido por limonitas violáceas a gris verdosa con brechas, olistolitos y bloques aislados de Calizas y yesos que alcanzaron hasta tamaños de 50cm de diámetro.

Estratigráficamente subrayasen en discordancia sobre el Grupo Yuncaypata posiblemente relacionada a la Neotectónica Plio-Cuaternaria.

2.3.8.2.- Miembro Pumamarca Superior.

Esta secuencia se ha diferenciado de la secuencia inferior, porque Litológicamente es de color rojo ladrillo, con bloques pequeños de calizas hasta del orden de 0.30 cm de diámetro. Producto de la destrucción y erosión de potentes secuencias pelíticas del Grupo Yuncaypata.

Estratigráficamente se encuentra suprayacendo concordantemente al miembro inferior, esto significa una variación de las zonas de aporte; que le asigna una edad Pliocénica

2.3.9.- DEPÓSITOS FLUVIOGLACIARES

Vienen a constituir elementos morfológicos (talud del valle)

Son suelos residuales de intemperismo transportados en forma lenta por el hielo (glaciación e interglaciación, episodios climáticos)

Los restos de glaciaciones cuaternarias han sido encontrados hasta los 3600 metros de altitud aproximadamente por sus depósitos propiamente dichos mayormente por las huellas de las acciones glaciares dejadas en diferentes afloramientos aunque el mayor porcentaje se halla por encima de los 3900 y más aun de los 4000m

Litológicamente esta constituido por pedregones, guijas, gujarros, fragmentos de roca (areniscas rojas), Heterométricas y angulosas con tamaños mayores a 2 cm representan un 60% con matriz de arcilla, limo arenosos, altamente permeables representan un 40 % mal clasificados, no presentan estratificación visible.

Los depósitos fluvioglaciares se ofrecen casi siempre caóticamente estratificados y provienen también de la remoción de las mismas morrenas estando constituidos en forma muy similar ha estas aunque casi siempre con una textura mas pequeña.

2.3.10.- DEPÓSITOS MORRÉNICOS

Denominados también como cuaternario morrenico. Es un conjunto sedimentario caótico donde se observan clastos de diferentes tamaños y su litología es mayormente de areniscas rojas envueltas en brechas, limolitas y arcillas.

Su edad es de fines del pleistoceno (desglaciación)

2.3.11.- DEPÓSITOS ALUVIALES

Durante el Holoceno reciente se inicia la fase de erosión de los depósitos fluvio glaciares, lacustres, coluvioaluviales y parte de los sedimentos marinos del Yuncaypata superior (lutitas rojas) y surca la gran depresión confluyendo al Huatanay (corrientes entrelazados) con llanuras de inundación formando sistemas de terrazas. Depositando sedimentos en el piso del Valle .Por el efecto del transporte estos depósitos no cohesivos han sufrido desgaste entre si (abrasión con selección de material), controlados por cargas de máxima y minima avenidas o flujos.

La litología está formada por bloques de roca redondeada a sub redondeada de areniscas rojas de diferentes tamaños, guijas mayores a 02 cm representando un 65% hasta 40 cm de diámetro y tamaños menores a 02 cm representan un 0% que viene a ser la matriz constituida de arenas y limo arcillosos, sueltos.

Ocupa todo el actual lecho del río Huatanay, llanuras de inundaciones y causes antiguos, su edad los ubica en el Cuaternario – Holoceno actual y tiene un espesor variable entre 0.4m y 8 m

2.4.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

2.4.1.- ESTRUCTURAS DE PLIEGUE

2.4.1.1.- Anticlinal Puquin.

Se ubica al oeste del Cusco, su eje tiene una dirección predominante N-S , corresponde a una tectónica dúctil

Deforma las rocas aflorantes del Mesozoico tardío al Cenozoico temprano (Fn Yuncaypata. Grupo San Jerónimo

2.4.1.2.- Flexura de San Sebastián

Constituye la principal estructura tipo compresivo que tiene una dirección de 120° E y su flanco Sur tiene una inclinación de 45° SSE y su flanco Norte de 5° a 10° NNE, constituyendo a un anticlinal de tipo asimétrico con un ángulo de 5° W y una vergencia hacia el Sur.

Se extiende de la quebrada tenería pasando por la quebrada Cuychipata descansando sobre los paquetes caóticos y brechados de la formación Pumamarca, para luego hacerse marcadamente deprimida 45° al Sur, la flexura de San Sebastián de disloca hasta crear un sistema de fallas de dirección E – W con buzamiento al Sur.

Esta estructura se extiende hasta la quebrada de Salinera donde se atenúa la deformación.

Morfológicamente se manifiesta por la presencia de su borde Sur con fuerte inclinación su dirección a la depresión del Cusco y la existencia de una serie de quebradas ligeramente perpendiculares al eje de la flexura.

2.4.2 ESTRUCTURAS DISYUNTIVAS

2.4.2.1.- Falla Huanacaure

De extensión algo reducido se le ha considerado como una zona independiente con rumbo N275°E considerado como falla de rumbo, por ser su desplazamiento paralelo a la estratificación (no corta estratos) y actúa como delimitador del anticlinal Lucre y el sinclinal de Arahuay-Mollehorcco

2.4.2.2.- Falla Kayra

Tiene un rumbo de sur a norte cubierto por el depósito aluvial Kayra, el tipo de falla es inversa y su extensión abarca 6km aproximadamente

2.4.2.3.- Falla Tambomachay

Es la mayor estructura de deformación frágil que establece todo un comportamiento dinámico en la región

Inicialmente esta falla se ha comportado como inversa en contacto fallado al grupo San Jerónimo (Capas Rojas) (piso) con la formación Yuncaypata techo posteriormente a fines del terciario e inicios del cuaternario esta falla ha rejugado en falla transcurrente (falla de Rumbo o de desgarre) dando lugar a la abertura de la cuenca del Cusco y la posterior formación y deformación de la falla Kenco y todo un sistema enrejado de fallas E-W y SE- NW ploteadas en la Zona de estudio.

El comportamiento actual parece del tipo normal (sebrier et.al 1982 Cabrera J. 1984 E. Hauman 1986)

2.4.2.4.- Falla Quenqo

Sigue una dirección N 280° E aflora en la quebrada Cuychipata entre las altitudes de 3450 a 3475 m.s.n.m en las cabeceras de las quebradas Cychuipata y el Angelhuyco, se observa zonas escarpadas y terrazas a lo largo de la traza de la falla lo que evidencia una reactivación durante el Pleistoceno – Holoceno.

La traza de la falla Kenco limita la sedimentación de la cuenca Pumamarca de la roca grupo Yuncaypata actuando como un control estructural para la sedimentación.

2.4.2.5.- Falla Tankarpata

Se observa en el margen derecha del río Huatanay donde la línea de altas cumbres de los cerros Huanacaure y Molleorco han sido desplazados hacia atrás con un movimiento Sinextral y una dirección predominante NW-SE

2.4.2.6.- Falla Huancaro

Se observa notoriamente sobre el relieve SW de la depresión del Cusco cuya línea de falla es recorrida por las aguas del río Huamancharpa con Rumbo SSW-NNE de movimiento normal tiene una longitud aprox de 4 Km.

2.4.2.7.- Falla Saphy

Se ubica al NW de la depresión del Cusco . Esta falla pone en contacto los depósitos cuaternarios lacustres y los fluvioglaciares, acompañados de movimientos verticales de bloques de orientación Norte 120° - 140° lo que justifica que afloren en diferentes niveles indudablemente de la quebrada Saphy. Por cuya línea de falla recorren las aguas del río Saphy con una dirección NW- SE

2.4.2.8.- Falla Picchu

Se ubica al N de la depresión del Cusco y posee un rumbo WNW –ESE habiendo desplazado las unidades de la formación Yuncaypata y grupo San Jerónimo (capas Rojas)

2.4.2.9.- Falla Salineras-Tenería

Responde al desplazamiento de una falla normal sinextral con buzamientos al Este con un rumbo variable que va de N-S (desembocadura del río Tenería) en el río Cachimayo

hasta la comunidad de Ticapata), para luego torcer bruscamente al NW- SE (Comunidad de Tticapata hasta la comunidad de Pumamarca) donde se disipa en la línea de falla Tambomachay

Esta falla desplaza los depósitos de la formación Pumamarca y en etapas mas recientes destruyo los depósitos de la formación San Sebastián suprayacente al Pumamarca en la línea de rotura. Se ubica sobre el lecho del río Teneria

2.4.2.10.- Falla Pumamarca

Sigue una dirección N 280° con un desplazamiento que aflora hacia el Sur de la falla Kenco entre las altitudes de 3400 a 3450 m.s.n.m .

En la parte media de las quebradas se observa zonas escarpadas y terrazas evidenciando su reactivación reciente, esta traza de falla limita y controla la sedimentación esta muy relacionado al inicio de la primera fase de la flexura de San Sebastián.

2.4.2.11.- Falla Chocco

Es una falla no importante pero que esta asociada en cierto modo a la falla de Huancaro y tiene una dirección NW – SE

2.4.2.12.- Falla Saylla

Es una falla de Rumbo de dirección NW-SE y que se encuentra en contacto fallado entre el Grupo Yuncaypata y la Formación Kayra

Las fallas de la cuenca del Cusco se han agrupado en 4 sistemas (Marocco R 1988) en la cuenca se reconoce el sistema E – W (N 80° - N100°) y NW – SE (N30° - N150°). Dentro de este sistema tenemos a la falla Tambomachay, Qoricocha, Pachatusan.

El sistema N – S tiene movimientos verticales a sub verticales, dentro de este sistema tenemos: falla Tancarapata. Huancaro, la falla más importante que controla el flujo de

las aguas y se comporta como umbral hidráulico en la cuenca del Cusco es la falla Tambomachay.

2.4.3.- ESTRUCTURAS MENORES

2.4.3.1.- Sistema de Fisuramientos Norte - Sur

Son familias de fallas perpendiculares y oblicuas al anticlinal Lucre, al sinclinal Arahuay - Mollehorcco y al sistema de fallas inversas (Tambomachay y Huanacaure) Tienen direcciones que varían entre N-S a NNO-SSE y pudieron haberse formado durante el Mio-plioceno .

La presencia de estrías de falla, estructuras de pliegues anticlinal Lucre y sinclinal Arahuay, sistemas de fisuras norte sur, prueban que las formaciones pertenecientes al grupo San Jerónimo sufrieron subsidencia activa durante la sedimentación, i han sido afectados por los movimientos posteriores de la orogenia andina. Evidencias de neotectónica durante el cuaternario (Erupciones volcánicas de Rumicolca), así como la presencia de movimientos sísmicos que ocurren en la región indican que la actividad tectónica continua actualmente.

2.4.3.2.- Sistema de Fallas Este Oeste

Dislocan la secuencia sedimentaria de la formación San Sebastián principalmente con un rumbo de E-W y un buzamiento de 45° a 70° hacia el sur se observa una identificación con una presencia de un conjunto de escarpes inclinadas en una dirección hacia la depresión de la ciudad del Cusco

2.4.3.3.- Falla NW – SE

Se trata de un complejo sistema de desgarre que ocasiona fallas en dirección sinextral y con un rumbo predominante NW- SE son fácilmente identificables puesto que las líneas de falla constituyen el lecho de las quebradas que descargan sus aguas hacia el centro de la cuenca (época de avenidas)

El movimiento de estas ha generado con las fallas E- W un conjunto limitado de bloques o islotes al estilo de las fichas de un rompecabezas.

Su existencia ha determinado la presencia de un drenaje de dirección paralela al centro de la depresión del Cusco. En los lados que penetran hacia la cuenca se ha construido viviendas, las que en la probabilidad de una reactivación corren el riesgo de destrucción.

2.4.3.4.- Fallas Sin Sedimentaria

Este sistema de falla sin sedimentaria es el complemento de la formación de la flexura de San Sebastián y esta controlado por las estructuras mayores de las fallas de Tambomachay, Falla Cusco y fallas Menores Kenco, Falla Pumamarca.

2.4.3.5.- Fallas Post – Sedimentarias

Después de la sedimentación de la cuenca Pillao de los esfuerzos de compresión y la cuenca San Sebastián y activándose las fallas Cusco , Tankarpata, Kenco, Huancaro , Saphy, Salineras y Pumamarca todos estos controlados a la estructura mayor de la falla de Tambomachay.

La presencia de estructuras regionales de deformación y dislocación, han creado desde tiempos remotos, un conjunto de estructuras con un relieve inconfundible, que en la mayoría de los casos ha inestabilizado los bordes superior e inferior, modificando la morfología, creando cuencas de sedimentación, variando la esorrentía de las aguas superficiales y subterráneas así como condicionando la tectónica de la región. Por ejemplo podemos decir que la presencia de la falla Tambomachay ha dado lugar a la formación de la cuenca Plio –cuaternaria Cusco, ha condicionado la existencia de todo un sistema de deformación como la flexura San Sebastián, sistema de fallas Kenko y el intrincado sistema de fallas menores. Igualmente la falla Tancarpatá ha desplazado largamente las líneas de crestas de los cerros Huanacaure y Molleorco y quizá haya creado las condiciones para la formación del valle del mismo Nombre.

2.4.4.- POSIBLE FALLA CUSCO.-

La zona Urbana del Cusco en el distrito de Wanchac y alcanzando la parte Oeste del distrito de San Sebastián muestra varios desniveles bruscos que separan zonas marcadamente planas y conformadas por materiales sedimentarios lacustres, la zona de pendiente muestra numerosos afloramientos de agua y zonas húmedas así como estratigrafía de suelos interrumpida claramente visibles en excavación de calicatas pues presenta capas de arcilla blanca a blanca verduzca y amarillenta que han sido identificadas como un tripoli calcáreo o diatomita y que recibe la denominación local de Ccontay.

Este desnivel de unos 25m de alto se nota por el alineamiento de numerosas calles paralelas de fuerte pendiente en un tramo de 2 a 3 cuadras de longitud, las mas importantes son la bajada de Huamantiana, Av. Espinar, tramo final de la Av. 24 de Junio.

Otros desniveles similares no están alineadas con las anteriormente citadas pero podrían ser parte del mismo fenómeno son el desnivel que produce fuerte pendiente en las vías, Av. Tacna, Huayna Capac, y paralelas.

Estos sectores no han sido identificados como una falla geológica pero podrían ser el producto de un desplazamiento relativo que por ser posterior a la deposición de los materiales lacustres correspondientes a lago Morkill sería considerado como reciente.

Información periodística y fotográfica del terremoto de 1950 que arrasó la ciudad del Cusco indica la formación de grietas importantes en chacras de San Sebastián, el titular de "La Tierra se Abre en San Sebastián" da indicios de que de existir esta falla podría haber sufrido desplazamiento relativo durante dicho evento sísmico.

Ya sea por la existencia de esta falla o por la presencia de suelos blandos, humedad y fuerte pendiente se ha considerado esta zona como de peligro en el Mapa de Contornos de peligros Específicos" y se aprecia en el "Mapa de Peligros" del presente informe.

2.5.- MAPA DE PELIGRO GEOLOGICO ESTRUCTURAL.

Todas las fallas mostradas en el plano Geológico correspondiente y descritas en el presente capítulo del informe han sido verificadas en campo y son mencionadas en los informes geológicos anteriores al presente estudio que se cita en este capítulo.

Las fallas geológicas están acompañadas por materiales alterados por los fuertes esfuerzos a que están sometidos los sectores en proceso de falla, son materiales permeables y por consiguiente provocan afloramiento de aguas subterráneas o favorecen la infiltración de agua superficial conformando sectores húmedos y finalmente en el caso de ser fallas activas, pueden convertirse en puntos de desplazamientos relativos o generadores de actividad sísmica.

Por estas razones se ha considerado una franja de unos 200m de ancho aproximadamente, 100 metros a cada lado de la falla, como zona de peligro para el presente informe, de acuerdo a la metodología de elaboración del presente proyecto, los contornos que se generan bajo este criterio aportan una unidad al peligro acumulado.

CAPITULO III

FENOMENOS CLIMATICOS

Los fenómenos climáticos considerados en el mapa de peligros son por inundación, Erosión de riveras y Nivel freático alto. : (Ver plano de fenómenos climáticos P-11)

3.1.- ZONAS DE INUNDACION DE LA CIUDAD DEL CUSCO

3.1.1.- MICROCUENCA SAPHY.

Esta Microcuenca presenta problemas de inundaciones en el sector donde se encuentra ubicado en campamento Municipal antes del inicio de la canalización del río Saphy. Siendo zonas de peligro de inundaciones las áreas como el campamento Municipal, Urb Villa las Mercedes, Canalización del río Saphy, calle Saphy, calle Plateros, Plaza de Armas, Paraninfo Universitario, Toda la Avenida el Sol en una franja simétrica de 30m de ancho aproximadamente, hasta su intersección con el río Huancaro (terminal Terrestre).

3.1.2.- QUEBRADA CHOQUECHACA.

Esta quebrada tiene sus nacientes en la alturas de la meseta de Sacsayhuaman- Sector rodadero.

Las áreas de inundación serían los sectores de Sapantiana, calle Choquechaca, Tullumayo, Limacpampa grande hasta su intersección con la Av. El Sol. En este recorrido afectaría seriamente las construcciones ubicadas hacia la fachada de los terrenos y levemente a la integridad de dichos lotes.

3.1.3.- QUEBRADA AYAHUAYCO.

Presenta un amplio historial de inundaciones. Esta Microcuenca tendría como zonas de inundaciones los sectores próximos a la quebrada de las: APV San Benito y Villa María,

Av Arcopata y calles aledañas hasta su intersección con la Microcuenca Sipaspuquio (Av. Ejercito).

3.1.4.- MICROCUENCA SIPASPUQUIO Y PICCHU.

Estas Microcuenca debido a su historial de inundaciones causarían estragos en los sectores de Independencia adyacentes a las quebradas indicadas, toda la Av. Ejercito hasta su intersección con la Av. Alameda, óvalo de Pachacutec. Estas dos quebradas afectarían a la carretera Cusco- Abancay interrumpiendo el tránsito vehicular.

3.1.5.- QUEBRADA SACRAMAYO.

Ésta tendría como probables zona de inundación la parte baja de: APV Primero de Diciembre, Hermanos Ayar, El Bosque, APV Independencia y la APV Amauta; las que drenan sus aguas a la Av. El Ejercito, en el sector del Puente Almudena. Esta quebrada puede afectar la circulación en la Vía Cusco - Abancay.

3.1.6.- QUEBRADA KORIMACHAHUAYNIYOC.

Las nacientes de esta Microcuenca se encuentra en la APV Dignidad Nacional la cual constituye un área de inundación así como también los sectores de la APV Ruiz Caro y La Villa Militar drenando sus aguas al río Huancaro. El riachuelo de Korimachahuayniyoc podría inundar la parte adyacente de las asociaciones mencionadas así como de la Urb. Huancaro.

3.1.7.- MICROCUENCA CHOCCO.

Nace en las serranías de Vilcacongá y drena hacia el río Huancaro. El sector que presenta peligro de inundaciones son las áreas adyacentes al río de la comunidad Campesina Chocco, APV Juan E. Medrano y APV Villa Cesar.

3.1.8.- MICROCUENCA HUANCARO.

Ésta área, cuya naciente está en la intersección de los ríos Chocco y Huamancharpa, también tiene antecedentes de inundaciones. Entre los sectores susceptibles a inundaciones podemos mencionar parte baja de: APV Villa Primavera, Los Pinos, Barrio de Dios así como también a la Microcuenca Chocco que incluye los sectores de: Chocco, APV Las Américas, APV Juan Medrano, Urbs. Nueva América y Vallecito hasta su desembocadura con la canalización del río Saphy.

3.1.9.- SECTOR NOR-ESTE DE CUSCO.

La problemática de inundaciones a que se refiere en este caso comprende las calles que nacen del sector de Uchullo y son la Calle Retiro, Av. Comercio 41, Av. Universitaria y Av. Victor Raúl Haya de la Torre, estas 4 afluentes drenan hacia la Av. de la Cultura, y se desvían parcialmente por la Av. Diagonal Angamos y la Quebrada de Huamantiana desembocando hacia una amplia planicie en la que se ubican las Urb. Ttio Norte, Kennedy y Parque industrial.

El peligro de inundaciones abarca edificaciones adyacentes a las calles y afluentes mencionadas y casi la totalidad de la planicie indicada .

3.1.10.- MICROCUENCA CACHIMAYO.

Esta Microcuenca tiene como áreas de inundación las áreas adyacentes al río en su recorrido por: la Urb. Los licenciados, pasando por la APV Victoria, APV Las Salineras, Urb. Vallecito, APV Carlos Mariátegui, APV Kantu, Villa Mercedes , Vista Alegre, APV Manantiales. desembocando en le río Huatanay frente a la APV Naciones Unidas. El curso natural de este riachuelo ha sido desviado hacia el Este paralelo al Aeropuerto Velazco Astete a la altura de la Urb. José Carlos Mariátegui.

3.1.11.- CÁRCAVAS DEL SECTOR SAN SEBASTIÁN NORTE.

Consisten en 10 cárcavas principales que se encuentran al lado Norte de la Av. de la Cultura entre la Urb. Los Licenciados y CONAFOVICER. A la fecha son se comportan

como cárcavas secas en las que el agua proveniente de precipitaciones pluviales se infiltra por la naturaleza arenosa del alta permeabilidad de los materiales que la constituyen, Sin embargo el proceso de urbanización en este sector es intenso tanto en el fondo de las cárcavas como en la parte superior (terrazas) lo cual tiende a cambiar el coeficiente de escorrentía por lo que los caudales generados podrían generar inundaciones en el futuro. Las cárcavas de mayor longitud en este sector alcanzan hasta 1.5 Km en dirección perpendicular a la Av. de la Cultura.

3.1.12.- MICROCUENCA PUMAMARCA - TENERIA.

Esta microcuenca se inicia en la parte alta en las inmediaciones del poblado de Yuncaypata, tendría como áreas de inundación a los sectores bajos de: Urb Villa los Próceres . Urb Tenería , Santutis Chico donde se encuentran el colegio Pukllasunchis y el Instituto superior tecnológico Arco Iris, hasta su desembocadura en el río Huatanay.

3.1.13.- AV. PRINCIPAL SANTA MARIA - LARAPA.

Nace al pie del cerro Picol . Por no tener un cauce amplio para el drenaje natural hace que esta área sea una zona susceptible a inundaciones afectando un área que se abre a medida que se aproxima a la Av. de la Cultura debido a que el cauce no esta bien definido por lo que afectaría a las viviendas que se encuentran contiguas a la Av. Principal y a las adyacentes una a cada lado.

3.1.14.- QUEBRADAS DE LLOCLLAPATA Y ROMERITOS.

Ubicadas en el poblado de San Jerónimo constituyen áreas de inundación a las viviendas que se encuentren en los bordes de estas quebradas. En el caso de Llocllapata puede verse afectado el mercado de Vinocanchón.

3.1.15.- MICROCUENCA KAYRA.

Nace en el cerro Huanacaure y cruza la propiedad de la Granja Experimental Kayra de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, la parte baja de esta cuenca presenta

riesgo de inundación en una franja delgada que se inicia a 1.5 Km aguas arriba de su desembocadura al río Huatanay.

3.1.16.- MICROCUENCA HUACOTO.

Tiene sus nacientes en cerro Huaccoto y cuyo sectores de inundación son la parte baja de esta microcuenca hasta su desembocadura en el río Huatanay cerca al área de tratamiento de aguas servidas de Seda Qosqo. (San Jerónimo)

3.1.17.- QUEBRADA UCCHULLO.

También corresponde a un área de inundaciones ya que presenta cronología de inundaciones comprometiendo áreas importantes como la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Hospital Regional , Av La Cultura y Barrio de Mariscal Gamarra.

Así mismo existen pequeñas quebradas tales como la quebrada de Lucrepata, Balconcillo, Ucchullo y Primero de Mayo las que drenan sus aguas a la Av. La Cultura haciendo de esta avenida un área de inundación hasta su intersección con el río Cachimayo.

Se menciona que el fenómeno descrito era frecuente en la década pasada pero con la ejecución de obras de drenaje como son la canalización de la Av. Collasuyo, Av Universitaria, Av. Victor Raúl Haya de la Torre y el dren colector de la propia Av. de la Cultura ha disminuido el peligro de inundación mencionado, sin embargo la evolución urbana de la ciudad del Cusco con la expansión de áreas techadas y pavimentadas hace que se incremente el volumen de esorrentía haciendo que estas obras podrían quedar insuficientes a corto plazo, quedando latente el riesgo de inundaciones.

3.1.18.- CUENCA DEL HUATANAY.

Esta tiene sus nacientes en la intersección del río Huancaro con la canalización del río Saphy. En época de lluvias el río del mismo nombre que forma parte de esta cuenca aumenta de caudal inundando a todas las viviendas que se encuentran ubicadas en las riberas de este río. Entre los sectores que podríamos mencionar son: Terminal Terrestre, Centro Comercial El Molino, APV Herrera Farfan, Rosaura, San Judas Chico, Santa

Lucila, Urb. Sol Naciente, APV Señor de los Milagros, Urb. Kenyi Fujimori, Urb. San Luis, Surihuaylla, APV San Antonio, Las Joyas, Naciones Unidas, Urb. Mollepata, Santa Rosa, Urb. Pícol, Los Pinos, Versalles, La Kantuta, San Juan de Dios, Virgen del Rosario , Parte de la localidad de Chimpahuaylla, APV Angostura, hasta llegar a la localidad de Saylla .

Todos estos poblados corresponden a los distritos de Huanchaq, San Sebastián, San Jerónimo y Saylla y se verían afectados en un ancho aproximado de 25 a 30m en general alcanzando hasta 50m en el sector inicial del tramo hasta la altura donde termina el aeropuerto Velazco Astete.

Existen dos zonas importantes por su magnitud que presentan riesgo de inundación la primera en el sector de la APV Angostura y la segunda en el sector que se encuentra entre el río Huatanay y la vía férrea a la entrada de la población de Saylla en un ancho máximo aproximado de 450m.

3.1.19.- MICROCUENCA DE POROY.

Ubicada al NW de la ciudad del Cusco presenta peligro de inundación en las áreas corresponden a las riberas del riachuelo Poroy y tributarios teniendo como límite la línea férrea, abarcando sector de Cruz Verde y poblado de Poroy.

3.2.- ZONAS DE VIENTOS

La ciudad del Cusco no presenta fenómenos de fuertes vientos que compromentan la seguridad física de las edificaciones en toda su extensión.

Se han reportado algunos casos aislados de fuertes vientos que han afectado a comberturas ligeras que en la mayoría de los casos estaban mal construidas o en proceso de construcción.

Por estas razones se puede afirmar que no existen zonas de peligro alto o moderado y solamente podría establecerse de modo aproximado zonas de peligro bajo y con base en reportes cualitativos.

Por esta razón no se ha incluido este tema en el mapa de Fenómenos Climáticos sin embargo se indica las zonas que podrían presentar vientos fuertes en el Plano de Vientos que se muestra en la página siguiente.

Se tiene referencia se produjo fuertes vientos fuertes en el distrito de Santiago en la zona de Belén Pampa el 29 de setiembre de 1954, esto de acuerdo al la cronología de fenómenos climáticos del Cusco (Diario el Sol del Cusco-1954).

3.3.- EROSIÓN DE RIVERAS.

Este fenómeno se presenta en todas las microcuencas y quebradas de la ciudad del Cusco tomando en cuenta las fuertes precipitaciones pluviales y presencia de fenómenos antropicos que en algunos casos aceleran el proceso geodinámico en estas áreas.

La erosión de riberas es mayor en las partes de las microcuencas que se ha mencionado en este estudio siendo las zonas de mayor peligro las siguientes:

- Riachuelos de Muyuorcco y Chacan en la zona alta de la microcuenca Saphi, el tramo medio del río Saphi hasta la el campamento Municipal.
- La quebrada de Ayahuayco desde sus nacientes en el cerro Picchu hasta la mitad de su curso aproximadamente erosiona materiales de ambas márgenes y frecuente los deposita en las calles Arcopata y Avenida, fenómeno del cual esta ultima recibe su nombre.
- La quebrada Sipaspuquio en temporada alta de precipitaciones pluviales erosiona ambas márgenes llegando a afectar zonas pobladas en la parte baja.
- En la microcuenca Huancaro la erosión de riberas es intensa en la parte alta e intermedia.
- Así mismo se pueden observar la erosión de cárcavas sobre todo en el Sector Norte del Distrito de San Sebastián, donde se presentan 10 cárcavas aproximadamente paralelas. La característica arenosa y sin cohesión de los estratos inferiores de este sector hace que se presente también la erosión eólica.

Ver plano de Fenómenos Climáticos.

3.4.- ZONAS SATURADAS EN EPOCAS DE LLUVIAS

Este fenómeno se presenta sobre todo en la parte baja y plana del valle del Huatanay, incrementado por las fuertes precipitaciones pluviales en los meses de Diciembre a Abril de cada año elevando el nivel en estas áreas así como se puede ver en el plano de Fenómenos Climáticos.

Las mayores áreas que presentan este problema son:

- El área donde se ubican la Urbanizaciones de Ttio, todo el aeropuerto Alejandro Velazco Astete y parque Industrial.
- El piso de valle del Distrito de San Jerónimo desde la Urb. Tupac Amaru hasta la Granja Kayra y desde la Urb. Santa Maria, Penal Kenccoro hasta el Sector de Angostura.
- También se puede observar este fenómeno en la parte baja y plana adyacente al riachuelo Poroy, así como en las partes bajas y planas del poblado de Saylla

3.5.- MAPA DE PELIGROS CLIMÁTICOS.

Los fenómenos de erosión de riberas, inundaciones y nivel freático alto que se describe en los títulos anteriores han sido considerados en un solo plano temático bajo el título de peligros climáticos. Consisten en franjas alargadas muy estrechas ubicadas en las quebradas de los ríos que atraviesan la zona de estudio.

Para fines de confección del mapa de peligros se ha considerado como un solo área de peligro puesto que las áreas son casi siempre complementarias, puesto que las cabeceras de las cuencas son las que presentan peligro de erosión y las partes bajas presentan peligro de inundación y nivel freático alto.

Como ya se mencionó no se ha visto por conveniente considerar el peligro de vientos huracanados para el caso del Cusco puesto que no se tienen registros históricos de daños serios por este fenómeno.

CAPITULO IV

GEODINÁMICA EXTERNA - GEOTECNIA

El término Deslizamiento abarca diferentes fenómenos de inestabilidad de taludes entre los que se tiene: Deslizamientos rotacionales, Traslacionales, Flujos lentos o reptación, flujos rápidos o Huaycos, derrumbes y otros. En el lenguaje técnico así como en el presente informe se entiendo como deslizamiento a los deslizamientos rotacionales y traslacionales y para identificar los demás tipos de deslizamientos se empleará el término específico. (Ver plano Geodinámico P-06)

4.1.- DESLIZAMIENTOS.

El Tema de los deslizamientos serán abordados en el presente informe ordenados por Microcuencas, Quebradas y Calancos denominados Cárcavas de acuerdo a la terminología local, todos estos forman parte de la gran Cuenca del Cusco.

4.1.1 MICROCUENCA SAPHY :

Tiene una dirección NO-SE con nacientes en la parte alta de Sacsayhuaman alturas del Sencca, esta formando por dos riachuelos el Muyoorcco y Chacan. Estas quebradas que forman la microcuenca Saphi corresponden a unidades geomorfológicas muy dinámicas las que se encuentran en proceso de profundización y ampliación, favoreciendo a esta actividad las formaciones geológicas de débil resistencia a la erosión hídrica, las que originan numerosos deslizamientos en ambas márgenes. (Ver plano de Deslizamientos Saphi, P-6-A)

Lo dividimos en tres secciones parte alta Media y Baja.

- **Parte Alta**.- Comprende desde sus nacientes hasta la unión de estos dos riachuelos antes mencionados que conforman el Saphy en ella se puede observar la litología compuesta por Calizas y Lutitas presentando una geomorfología casi ondulada, cercano a la confluencia de este riachuelo se puede apreciar la geodinámica activa con presencia de

deslizamientos y derrumbes (ver plano Geodinámico) esto por estar presente el aspecto litológico es decir presencia de la formación Pumamarca en la margen izquierda y depósitos fluvioglaciares en la margen derecha.

Existen numerosos deslizamientos que generan gran cantidad de sedimentos que son transportados durante la época de lluvias, existen diversos tipos de deslizamientos algunos Pleistocénicos (fundo Llaullipata) con un volumen aproximado de mas de 20'000,000 de metros cúbicos (Fleming 1982). Algunos de estos deslizamientos son lentos y otros son rápidos.

Parte intermedia.- Se inicia a partir de la confluencia de los dos riachuelos Muyorcco y Chacán (naciente del río Saphy) en ella se puede apreciar presencia de deslizamientos activos y pasivos , siendo de mayor incidencia el de la margen izquierda (Formación Pumamarca) con presencia de pequeñas Cárcavas .Se observa afloramientos de aguas subterráneas, este sector se encuentra forestado (eucaliptos) a pesar de esto siguen los deslizamientos.

El campamento de la Municipalidad Provincial del Cusco se ubica en esta zona y para su construcción se ha encausado con gaviones el río en este sector, se observa también asentamientos de viviendas en su margen derecha (A.P.V Virgen de Fátima) y llega hasta la desembocadura canalización del río Saphy siendo este sector de alto riesgo y peligro por la alta vulnerabilidad que presenta este sector.

En la margen derecha del río Saphy se observa presencia de depósitos fluvioglaciares presenta escarpas empinadas, siendo mas competentes que las de Pumamarca del frente, también se observa presencia de Cárcavas que nacen desde el contacto de la formación Puquin y depósitos fluvioglaciares, presenta derrumbes activos y pasivos haciendo esta zona de alto riesgo.

La quebrada del río Saphi también presenta el fenómeno de erosión lateral en este sector, la mayor incidencia se observa en el tramo de 500m medidos desde la confluencia de los ríos Muyorcco y Chacán hasta antes de la canalización, este fenómeno geodinámico va acompañado del proceso erosión sedimentación, que acumula grandes cantidades de sedimentos en este ultimo tramo.

Algunos deslizamientos están relacionados a la erosión lateral, que cuando estos ocurren represan el río, modifican el cauce y cambian el sentido de la erosión lateral del río de una margen a la otra, desestabilizando así la otra ladera para producir otros deslizamientos, siendo esta mecánica recurrente a lo largo de todo el río.

- **Parte Baja.-** Con nacientes en el inicio de la canalización del río Saphy atravesando la ciudad canalizado pasando por las calles Plateros, Plaza de Armas, Av. El Sol hasta desembocar en el río Huancaro (terminal terrestre) siendo este sector de alto riesgo y vulnerable a futuros embalses en la parte alta e intermedia siendo altamente vulnerables a inundaciones como la plaza de Armas y el centro histórico de la ciudad.

El mayor deslizamiento de este sector se ubica en la margen izquierda de la parte intermedia del río Saphy cerca de la confluencia de los ríos Muyorcco y Chacan es un deslizamiento activo y de alto riesgo que amenaza con represar el río en este sector , presenta materiales incoherente de la formación Pumamarca y depósitos fluvio-glaciarios , se calcula un volumen de 7000 m³ de material por deslizarse se observa grietas de arranque en la corona del deslizamiento siendo de alto peligro , se ubica en la margen izquierda así mismo existen otros pequeños deslizamientos y derrumbes aguas arriba de esta margen .

En la margen derecha se observa otro derrumbe activo con materiales fluvio-glaciares haciendo de esta zona la parte mas critica en este sector.

En la parte alta naciente del río Muyuorcco se observa en ambos flancos de la quebrada canteras con explotación de calizas (terraza Sacsayhuaman) , ya que hay presencia de afloramientos rocosos (calizas) , formación Yuncaypata.

Por su importancia se incluye mayor información con referencia a estos deslizamientos en el Capítulo de Deslizamientos Analizados.

4.1.2.- MICROCUENCA HUANCARO- CHOCCO:

La microcuenca Huancaro Chocco se ubica al Sur Oeste de la Ciudad del Cusco y está conformada por numerosas quebradas siendo las más importantes desde el punto de vista de peligros geodinámicos las quebradas de Huancaro y Chocco.,

4.1.2.1.- QUEBRADA HUANCARO

Zonificación de los fenómenos de Remoción en masa.-

Se ha zonificado los riesgos Geodinámicos de la Microcuenca del Río Kcachona – Huancaro fenómenos que ocurre y afecta en la zona de estudio que se manifiesta en diferentes grados de intensidad y se agrupa en función de un riachuelo o Quebrada se ha podido diferenciara cuatro zonas de riesgo y/o peligro. (Ver plano de Deslizamientos Huamancharpa, P-6-B)

ZONA A.-

Se ubica al lado derecho de la Microcuenca al lado adyacente de la carretera Cusco- Paruro entre los kilómetros 1 y 9.

a) tipos de fenómenos de la zona:

- Derrumbes.- Son de amplia distribución a lo largo de la carretera Cusco- Paruro son movimientos de masa a pequeña escala por pérdida de resistencia al esfuerzo cortante sin plano de deslizamiento.
- Desprendimiento de rocas.- Son de carácter violento y se producen en épocas lluviosas a lo largo de la carretera y zonas aledañas.
- Deslizamientos.- Estos fenómenos se realizan en ambos flancos del río Cachimayo en el cual se aprecian deslizamientos rocosos de la formación Kayra.

b.- Mecanismos dominantes:

- Estructurales.- fracturamiento y alteración de las rocas del basamento, tipo de material y relleno de fundación que constituye el deslizamiento y la estratificación de la zona con buzamiento de 75° - 80° al NW
- Geomorfológicos.- por presencia de laderas abruptas con fuerte pendiente
- Climatológicos.- las precipitaciones pluviales debilitan los bloques sueltos perdiendo su cohesión producen desprendimientos rocosos de los suelos superficiales que son muy permeables y se saturan fácilmente con las precipitaciones.
- Hidrológicos.- Por filtración de agua subterránea provocando pequeñas coladas de lodo (aurífero de la formación Kayra.)

- Antropicos.- Provocadas por la carretera que no tiene canal de desfogue y presencia del canal de riego que provoca filtraciones.

ZONA B.

Ubicado Al lado izquierdo de los ríos Kcachona y Locochoymayo. En el flanco oriental de los cerros Pumahorcco y Cabracanchapata, en esta roca se observa 3 sub-zonas de deslizamientos de desgarre que son:

- Deslizamiento B-1 (antigua)
- Deslizamiento B-2 (actuales)
- Deslizamiento B-3 (de reactivación temporales)

Deslizamiento B-1

Ubicado en el flanco derecho del deslizamiento de Huamancharpa presenta una zona de desgarre semicircular con una curva de aproximadamente 550 m .La altura de ruptura llega a 20m ,su cuerpo esta constituido por tres sistemas de escarpe secundaria.

Este deslizamiento es antiguo en las cuales las grietas de ruptura se halla cubierta con material de relleno, en la parte media anterior presenta corrimientos violentos de masas por acción de socavacion.

Deslizamiento B-2

Conocido también como el deslizamiento de Huamancharpa, este deslizamiento contemporáneo de gran magnitud se ubica en el cerro Sillahorco en el flanco derecho del cerro Pumahorco . Presenta una zona de desgarre semicircular como una cuerda de 650 m , la altura de ruptura principal llega a los 60 m con grietas tensionales encima de la corona.

El cuerpo de deslizamiento esta perturbado , presenta numerosos bloques de masas con rotación concéntrica y superficial de rupturas definidas con ciertas cavidades hacia el río Kcachona , en materiales poroso y blando ,la corona de la cabecera de deslizamiento presenta una corona de 60°| ,para luego presentar una inclinación moderada de 30° en el cuerpo seguida de un cambio abrupto de frente del deslizamiento de 88° hacia el canal recolector , el movimiento del cuerpo se tipifica como rápido y violento hacia el canal colector.

Por su importancia se incluye mayor información con referencia a este deslizamiento en el Capítulo de Deslizamientos Analizados.

Deslizamiento B-3

Es un deslizamiento antiguo ubicado en el flanco oriental derecho del cerro Cabracanchapata, presenta una zona de desgarre semicircular con una cuerda de 500 m a la altura norte existen dos zonas de desgarre de cortas dimensiones.

Mecanismos dominantes en la zona B

Estructurales

- Las rocas se encuentran plegadas y fracturadas por el tectonismo.
- El buzamiento de los estratos esta a favor de la pendiente.
- La presencia de la falla Huancaro (NE-SW) que atraviesa la quebrada.

Geomorfológicos

- El impacto de las precipitaciones pluviales afecta los suelos en condiciones de estabilidad precaria.
- La temperatura de -3°C Y 11°C en verano

Hidrológicos

- Por acción del agua de escorrentía superficial que perfora a través de las grietas que aumenta la fuerza de empuje disminuyendo la fuerza de cohesión.
- En cárcavas: produciendo laderas como producto de escorrentía superficial y subterránea se ha abierto una cárcava profunda en el cuerpo del deslizamiento de Huamancharpa , con un ancho de 2-3 m y con una profundidad de 30m
- Fenómenos Antropicos: Utilización de técnicas inadecuadas de cultivo y deforestación.

ZONA C.-

Ubicada en ambos márgenes de la quebrada de Lintaray que tiene desde la comunidad de Jakira , delimitado por el lado derecho con los cerros Occani y Cbracanchaypata por el lado izquierdo con los cerros Himparay y Capulipata se observa reptación de suelos , erosión de cárcavas , caídas de bloques , deslizamientos y derrumbes , arroyos y flujos de lodo.

- Deslizamientos.- La mayor parte de los deslizamientos de las zonas son antiguos y de carácter lento, presenta zonas de desgarré , con cuerdas que van mas de 300 a 20m. y una altura desde el pie del deslizamiento hasta la corona de 200 m en la parte media inferior presenta pequeñas perturbaciones en su morfometría formando escarpas secundarias
- Derrumbes.- Son movimientos violentos, considerándose uno de los principales dentro del área, se encuentra ubicado en el flanco derecho del cerro Occani área en el que se aprecia una ruptura en la superficie del frente del cerro de dimensiones considerables de forma cóncava observable desde la ciudad del Cusco.

Mecanismos dominantes de la zona C

Geomorfológicos.

Presenta una fuerte pendiente aprox. 70° , la quebrada Lintaray es profunda (valle Juvenil) y tiene una erosión fuerte provocando movimientos de masas violentas.

Climáticos.- los suelos pueden saturarse rápidamente por la presencia fluvial que origina corrientes y movimientos de flujo de lodo.

Antrópicos.- Técnicas agrícolas inadecuadas, por el lado izquierdo de la quebrada Lintaray existe un canal cubierto que fue para riego que además a rebosado por una tubería de agua, para los asentamientos humanos Tincco y Kcachona.

ZONA D

Esta ubicada en los flancos izquierdo y derecho Qqopani en le flanco izquierdo del río Huancaro , presentando tres zonas.

Deslizamiento D-1.

se observa deslizamiento de forma semicircular de diferentes dimensiones presenta zonas de desgarramiento principal, cortas cubiertas y presenta escarpas secundarias y siendo antiguas con movimientos medianos y rápidos en el frente del deslizamiento existen derrumbes y caídas de bloques violentos.

Deslizamiento D-2

En el lado izquierdo del río Huancaro se presenta una gran zona de desgarramiento principal con escarpas secundarias escalonadas de movimientos lentos , al frente con pequeños movimientos de masas mediano y rápido movimiento.

Deslizamiento D-3.

Ubicado En la parte NW del cementerio de Huancaro , emplazado por encima de la quebrada de Ttínco , es de forma circular presenta una gran zona de desgarramiento con escarpa escalonada que en el frente hacia la quebrada provoca movimientos considerables.

El peligro considerable que se tiene principalmente el deslizamiento de Huamancharpa puede producir represamiento del río Kcachona con acumulación de grandes volúmenes de agua y posterior desborde de estas que producirían un aluvión de consecuencias catastróficas para la ciudad del Cusco y los habitantes de la microcuenca Huancaro.

4.1.2.2.- QUEBRADA CHOCCO.

Se observa que en su desembocadura existe un estrecho de rocas areniscas, Lutitas y se puede observar a lo largo del valle emplazamiento de viviendas , que son playas del río , indicando gran vulnerabilidad , se puede notar también en el sector de Caychuirí depósitos lacustres cuyo basamento rocoso son Lutitas y areniscas el que podría ser una buena zona de reubicación del poblado de Chocco .

Agrietamiento de Suelos.

Por la reactivación de un antiguo deslizamiento sector Ancco cuyo basamento rocoso son areniscas con delgadas capas de Lutitas con buzamiento a favor de la pendiente siendo este sector de peligro presenta un ancho de grietas de 20 a 30 cm en una longitud aproximada de 350 m que amenazan con deslizarse hacia la quebrada de Chocco ; encontrándose en la actualidad activo , con asentamiento de suelos hasta de 40 y 50 cm .Dirigiéndose hacia la quebrada de Chocco se puede apreciar también presencia de aguas subterráneas y agrietamientos en el sector , se calcula con un volumen de material por deslizarse de 1600 m³ que podrían embalsar dicho río , se recomienda hacer el control de dicha zona (reptación del suelo)

La velocidad de los fenómenos en esta zona se considera lento a extremadamente lento según la clasificación Norte Americana de velocidad de deslizamientos.

Los fenómenos de inestabilidad en la zona de estudio son mayormente deslizamientos , derrumbes, y flujos detríticos. También se ha registrado zonas con posibles inundaciones, represamiento, truncamiento de cause , laderas con erosión fuerte , afloramientos de manantes como zonas de alta humedad y pantanos que nos indican un punto en superficie del nivel freatico.

Los deslizamientos, derrumbes y flujos detríticos –lodo se dan en suelos coluvial , aluvial , lacustre de la formación San Sebastián y rocas fuertemente meteorizadas (a la altura de la trocha carrozable de la comunidad de Chocco) ; se tiene también áreas con erosión y socavación por parte del río Chocco en el cimientto del puente de la comunidad de Chocco y su talud natural .También existe zonas con posible ruptura de la roca que produzcan caídas de bloques , por un movimiento sismico , en la entrada a la comunidad de Kuykiro (Chocco).

4.1.3- MICROCUENCA CACHIMAYO :

En la microcuenca de Cachimayo se tienen Deslizamientos, Conos de escombros, caída de bloques, asentamientos y derrumbes que se describen a continuación.

- Deslizamientos en Cachimayo:

En el recorrido del canal se evidencia la existencia de deslizamientos estos muestran un deslizamiento racional, donde su ancho es mayor que su longitud.

En su mayoría los deslizamientos han quedado colgados debido a la erosión causada por el mismo canal y por el río Cachimayo en la quebrada salineras.

En la parte lateral izquierda del río Cachimayo se observa un deslizamiento que se encuentra aprox de 3300 a 3600 m. s. n. m que se encuentra cubierto por arboles de eucalipto.

Por sus características los deslizamientos secundarios los hemos considerado como activamente inestables donde por sus causas desencadenantes tales como precipitaciones pluviales, temperatura y principalmente gravedad, inicia el movimiento del material poniendo la pendiente en condición inestable.

El deslizamiento principal es activo lo que significa un peligro natural para las obras de ingeniería (canales) así como para las viviendas cercanas.

- Conos de Escombros en Cachimayo:

Son los fenómenos de inestabilidad mas frecuentes en la zona de estudio encontrándose distribuidos en ambas márgenes del río Cachimayo, los bloques de roca suelta son el producto del intemperismo mecánico los cuales caen por efecto de las laderas de pendiente fuertes. El fenómeno comienza cuando el agua agente principal de las grietas, por el descenso de la temperatura separa las rocas en bloques. Luego ayudados por las pendientes fuertes y la gravedad ruedan formando al pie de las laderas conos de escombros, al acumularse estas rocas fragmentadas toman la típica forma de embudos canales de arrastre.

Los conos de escombros al ser los fenómenos de inestabilidad mas frecuentes de la zona de estudio son los que mas comprometen las obras de ingeniería por encontrarse activamente inestables. Los escombros en la zona tienen un movimiento rápido.

- Caída de Bloques en Cachimayo:

En la margen izquierda del río Cachimayo al pie del talud de pendiente fuerte a muy fuerte, se tiene la caída de bloques cuya trayectoria que siguen estos se asumen coincidentes con las direcciones de las líneas de máxima pendiente del talud.

Los bloques tienen deslizamientos rápidos, tanto en forma de caída libre desde la pendiente así como desplazamientos por rebote. Debajo de tales bloques sueltos tiene diámetros hasta de 2.50 a 3.00 m con contornos angulosos.

- Asentamientos en Cachimayo:

En la zona de estudio se encuentran pequeños asentamientos que en su mayoría se encuentran en el talud exterior por donde se desplazan los canales. Estos asentamientos son el resultado de movimientos verticales de las masas rocosas enfrente de laderas con muy fuertes pendientes, estos asentamientos pueden ser la fase inicial de pequeños deslizamientos, el movimiento de estos asentamientos es lento.

Los asentamientos comprometen la estabilidad de los taludes exteriores de los canales, significando un peligro natural para las obras de Ingeniería por encontrarse activamente inestables.

- Derrumbes en Cachimayo:

Fenómenos geodinámicos que consiste en el desprendimiento del material de una ladera por acción de la gravedad. Este fenómeno se presenta en las partes laterales del río Cachimayo tanto en la parte izquierda como derecha del río antes mencionado. La caída de la masa rocosa fragmentada es acompañada por material terroso los mismos que descienden a manera de flujo de detritos.

4.1.4.- MICROCUENCA PUMAMARCA-TENERÍA:

En esta micro-cuenca se aprecia fracturamiento subvertical en la formación Pumamarca que aflora a lo largo de esta. Además de observarse deslizamientos antiguos en la margen izquierda de regular proporción al igual que deslizamientos recientes por saturación de suelos, taludes de fuerte pendiente 60° promedio y por su puesto agrietamientos o cárcavas

que son frecuentes encontrar en la superficie del terreno con direcciones E-W la mayoría de estas en la margen izquierda donde afloran la formación San Sebastián que tiene un comportamiento geotecnico regularmente inestable por tener horizontes de gravas y arenas casi horizontales (San Sebastián Lacustre) y diatomitas y turbas de comportamiento geotecnico malo (Fm San Sebastián Palustre) mientras que en la margen derecha esta constituido por material morrenico que tiene un comportamiento geotecnico mas estable además de estar arborizado lo cual le da algo mas de estabilidad.

Podemos citar otro fenómeno como las corrientes de barro que por la constante caída de material detritico hacia el lecho de la quebrada, hace que en épocas lluviosas se formen corrientes de barro, y que pueden ser muy peligrosas porque en su seno transportan bloques de gran tamaño de manera diseminada producto de anteriores corrientes, este puede ocurrir con una precipitación abundante característica de la zona por lo que hay que prevenir.

4.1.5.- MICROCUENCA HUACCOTO

Tiene una dirección casi N-S para después cambiar de dirección NE-SW sus nacientes son cerca de la metesa de Huacoto , formado por dos riachuelos que conforman el río Huacoto .El ancho del este río es aprox de de 30m desembocando en el río Huatanay .

Esta microcuenca litológicamente esta formada por depósitos aluviales,morrénicos, Fn Kayra y Soncco.

Aguas abajo a 2 Km de la intersección de los dos riachuelos se observa presencia de cárcavas las cuales se encuentran controladas por presencia de abundante vegetación en las paredes laterales y terreno aledaños a ellos no constituyendo problema alguno para las pocas viviendas que se encuentran cerca de ellas no presenta problemas de deslizamientos ni derrumbes. La mayor parte de la población se concentra en la parte baja donde la pendiente es suave.

4.1.6.- MICROCUENCA KAYRA

Tiene una dirección NE-SW cuyas nacientes se encuentran en la parte alta del poblado de Uspabamba esta formado por dos riachuelos Suncco y Puncuhraylla.

Esta microcuenca ha sido dividida en dos partes:

Parte Alta.-

Comprende desde sus nacientes hasta que se unen estos dos riachuelos anteriormente mencionados los cuales al unirse forman el río Kayra , litológicamente se observan depósitos morrénicos ,aluviales ,no se observan fenómenos geodinámicos de deslizamientos ni derrumbes de gran magnitud a excepción de uno muy pequeño el cual es antiguo.

En esta zona se concentra una población considerable en la cual se observan cárcavas en mayor numero sobre depósitosmorrénicos las cuales se encuentran controladas no significando peligro alguno.

Parte Baja

La cual se inicia en la confluencia de los riachuelos en ella se puede apreciar en el flanco izquierdo del río aguas abajo cárcavas en la formación San Sebastián las cuales se encuentran lejos de la población y al igual que en la parte alta controladas por cubierta vegetal evitando su profundización .

4.1.7.- QUEBRADA AYAHUAYCO:

Tiene sus nacientes en le cerro Picchu Alto es de corto recorrido , su litología presenta rocas de la formación Puquin (areniscas y lutitas) teniendo como cobertura depósitos morrénicos en la margen derecha y depósitos fluvio glaciares en la margen izquierda, se pude dividir en dos partes:

Parte Alta.

comprende desde sus nacientes sector Picchu hasta el inicio de la pavimentación .

La margen derecha presenta depósitos fluvio glaciares con fuerte pendiente hasta de 70° de inclinación por ello las viviendas se emplazan el parte alta Terraza Santa Ana

La margen derecha presenta afloramientos de rocas de la formación Puquin y su pendiente es mas moderada por ello es donde se emplazan las Asociaciones Proviviendas emplazándose la mayor parte de las viviendas en la cuenca de la quebrada (ver fotos) . En cuanto a los

problemas geodinámicos se observan pequeños derrumbes y deslizamientos por socavación del río, presentando manantes en los inicios de esta quebrada siendo de alta vulnerabilidad este sector por la cronología de inundaciones que presenta siendo de alto riesgo en inundaciones.

Parte Baja.

Se inicia desde el grifo hasta la confluencia de Sipaspuquio donde se emplaza la ciudad antigua este sector es de alto riesgo en cuanto a inundaciones de acuerdo a su cronología de inundaciones.

Este sector es de alto peligro por las construcciones de viviendas en los flancos de la quebrada y suelos morrénicos y con las fuertes precipitaciones pluviales que erosionan las laderas , como el cause mismo, creando inundaciones .

Requiere de obras como muros de contención así como tratamiento de erosión de la Quebrada.

4.1.8.- QUEBRADA PICCHU

Se ubica al NO de la ciudad del Cusco se emplaza sobre la formación Puquin, es de corto recorrido presenta cárcavas con presencia de fenómenos geodinámicos activos, (deslizamientos) en la actualidad no se encuentra esta quebrada poblada, requiriendo de tratamiento de control de Cárcavas y sistema de drenaje y forestación.

La zona de alto riesgo es de la pista Cusco – Abancay hacia abajo con zonas de inundación, por la alta vulnerabilidad que presenta , desembocando a la mencionada cuenca Sipaspuquio.

4.1.9.- QUEBRADA SIPASPUQUIO:

Tiene una dirección SO-NE nace en la elevaciones de Corcca se puede dividir en tres sectores.

Parte Alta.

Se observa afloramientos de la formación Kayra y Puquin , observándose pequeños deslizamientos en la quebrada , en la actualidad se encuentra poblado con presencia de viviendas dispersas y terrenos de cultivo.

Parte Intermedia.

Corresponde al anticlinal Puquin por donde el eje del anticlinal ha sido fallado y por donde discurre la cuenca Sipaspuquio(formación Puquin) este sector presenta problemas geodinámicos de deslizamientos de tierras tanto en el flanco derecho e izquierdo(ver plano), se observa hasta cuatro deslizamientos activos siendo el 01 y 02 de regular volumen correspondiendo a filtraciones de agua comprometiendo al embalse de este riachuelo , se calcula 1000 m³ en ambos deslizamientos (margen izquierda), el deslizamiento 03 y 04 son deslizamientos activos de grandes proporciones los que comprometen con embalsar el riachuelo en este sector con un calculo aproximado de 2000 m³ entre los dos deslizamientos llegando hasta la curva de la pista Cusco- Abancay.

Parte Baja.

Este sector es el área de alto peligro por ser de alto riesgo y vulnerabilidad ya que sus aguas confluyen a la canalización de la Av. Ejercito al que compromete con inundar esta área (centro poblado Santiago) llegando al río Huancaro

4.1.10.- QUEBRADA SACRAMAYO:

Tiene una dirección SO-NE nace en las alturas de Puquin (formación Puquin) , la margen derecha presenta afloramientos de evaporitas (yeso anhidrita y sales) siendo esta son bastante alterada por la presencia de la geodinámica activa en este sector, la margen izquierda presenta también deslizamientos antiguos con presencia de lutitas y areniscas con geodinámica activa , la erosión de la quebrada es bastante dinámica sobre todo en época de lluvias y en la parte baja de este sector se ubica la A.P.V. el Bosque presentando un moderado riesgo por la presencia de obras de estabilización en el sector que vienen siendo eficientes en el control del deslizamiento, no se observa la presencia de viviendas en la cuenca de esta quebrada por ser activa en las inundaciones pluviales y en la parte baja donde están las obras de estabilización ha sido cercada para evitar su ocupación.

En este sector el puente Independencia se encuentra deteriorado con presencia de colapsamiento del techo como de sus astiales, siendo este de alto riesgo en la parte baja es altamente vulnerable ya que existen viviendas en el cauce del riachuelo (inundación) Presenta deslizamientos antiguos así mismo requiere de un tratamiento de drenajes y muros de encausamiento no debe darse uso para viviendas por ser terrenos deleznable, la quebrada sigue la dirección de los estratos y es altamente erosionable.

4.1.11.- QUEBRADA HERMANOS AYAR

Con nacimiento en la parte alta del cerro Puquin y la quebrada es el contacto entre la formación Puquin y Kayra con problemas geodinámicos la margen izquierda (Puquin) se observan pequeños deslizamientos en ella se ubican asentamientos humanos.

En la parte baja se encuentra la quebrada la que es susceptible a inundación en épocas de lluvias requiere de drenajes (deslizamiento activo Dignidad Nacional)

4.1.12.- QUEBRADA CCORIMACHAHUAYNIYOC

En las nacientes margen izquierda se observa agrietamientos de suelos que amenazan con desprendimiento, la que embalsaría este sector poniendo en peligro de inundación en la parte baja (zarzuela) ver foto se calcula en unos 3000 m³ de materiales por desprenderse.

4.1.13.- SECTOR SAN SEBASTIÁN NORTE

El sector de San Sebastián Norte abarca desde el río cachimayo hasta la quebrada de San Tutis, conocida por la presencia del centro recreacional de CONAFOVICER. En este sector se encuentran numerosas cárcavas (Ver plano de Deslizamientos -San Sebastián Norte)

4.1.13.1.- Quebrada Cuychipata

Esta quebrada a partir de unos 400m de la pista se divide en dos ramales. El ramal derecho es el más pequeño presenta deslizamientos que en la actualidad se encuentran cubiertos por vegetación y están estables. El ramal izquierdo que es la mayor longitud. También presentan altas pendientes en la parte superior y en todo el recorrido se observa escarpas de antiguo

deslizamientos en la actualidad se encuentran estabilizados y cubierto por vegetación es así que se observa en la margen izquierda antes de llegar a la bifurcación de los ramales el material depositado de un antiguo deslizamiento de gran magnitud.

4.1.13.2.- Quebrada Ángel Huayco

Presenta escarpas de un antiguo deslizamiento, Litológicamente esta conformada en su mayor parte por arenas que presentan espesores de 1 a 3m. Debido a este factor en la margen izquierda se ha producido la reactivación de un antiguo deslizamiento de pequeña magnitud cuyo material ha sido retirado por los habitantes de la parte baja de la quebrada

4.1.13.3.- Quebrada Sollo – Tocco

En La parte alta existe escarpas de antiguos deslizamientos que ya ha sido trasladado y se encuentran en los taludes , en la actualidad las laderas han sido reforestadas con Eucaliptos.

4.1.13.4.- Quebrada Salsaccata.

Presenta escarpas de antiguo deslizamiento y en la parte media del recorrido se están produciendo pequeños deslizamientos de material limo arenoso , que son originados por la socavación del pie del talud para la apertura de una carretera que comunicara lateralmente a los asentamientos humano ubicados en la parte baja.

4.1.13.5.- Quebrada Perol Huayco.

En esta quebrada también se llega a observar escarpas de antiguos deslizamientos litológicamente esta constituido por material limo arenoso , en la actualidad las laderas han sido reforestadas por los asentamientos humanos de la zona de la parte baja de la quebrada.

4.1.13.6.- Quebrada Vallecito.

Esta quebrada en parte presenta también escarpas de deslizamientos antiguos.. La expansión urbana ha llegado hasta la parte alta y en la actualidad se esta realizando cortes de ambas laderas con evacuación del material para la construcción de una pequeña loza deportiva, efectuando la estabilidad de las partes altas de los taludes.

4.1.13.7.- Quebrada Santa Rosa.

Debido a que las pendientes son relativamente bajas la expansión urbana ha cubierto todo el recorrido de esta quebrada, presentándose pequeños deslizamientos de material suelto producido por la excavación de la base de los taludes para la construcción de viviendas. En la parte alta se observa el contacto de la formación San Sebastián y Pumamarca.

4.1.14.- DERRUMBES EN EL SECTOR SAN SEBASTIÁN NORTE.

Estos fenómenos de Geodinámica externa están distribuidos mas ampliamente afectan a la mayoría de las quebradas y se generan en todos los flancos por la pendiente pronunciada de las laderas y actualmente se observa la presencia de bloques de consistencia regular en la parte alta , media y baja .Los taludes como en le caso de las quebradas Cuychipata , Sollotocco , etc.

En la quebrada Cuychipata a unos 250 m del puente en la margen izquierda se ha producido un derrumbe de pequeña magnitud , de material compuesto por limo-arcilla saturado por las filtraciones de agua, el talud presenta fuertes agrietamientos , por lo que resulta una zona riesgosa.

En resumen podemos decir que: la poca compactación de los sedimentos de la formación San Sebastián aunada a la densa fracturación por las fallas así como la presencia de aguas en épocas de precipitaciones pluviales , han dado lugar a la formación de fenómenos de geodinámica externa como son los deslizamientos y derrumbes.

El sistema predominante de los deslizamientos esta condicionado por la profundización del lecho del río , que quita el soporte lateral , así como por la presencia de aguas subterráneas que saturan el suelo y contribuyen a su desplazamiento hacia las zonas de menor resistencia al corte .

Los derrumbes en la zona están condicionadas por:

- Presencia de grietas o fracturas que delimitan bloques alterados de material que fácilmente se puede desplomar hacia el fondo de la quebrada.

- La sobrecarga que se le impone a los suelos en las zonas de Cárcavas de los taludes (construcción de viviendas)
- La sobre saturación de los suelos por aguas de infiltración de las lluvias y/o de los sistemas de agua y desagüe mal instalado en los asentamientos humanos

4.1.15.- SECTOR SAN SEBASTIÁN SUR:

El área presenta substrato rocoso perteneciente a la formación Kayra y depósitos lacustres de la formación San Sebastián la que llega a los flancos de valle en esta zona , con presencia de terrazas amplias como la terraza Tankarpata compuesto por depósitos lacustres correspondientes a la formación San Sebastián en ella se puede apreciar deslizamientos derrumbes en los flancos de las quebradas , como también como también en las cárcavas indicando que estas se ubican en al formación San Sebastián.

Dentro de las quebradas podemos mencionar ala Quebrada Tankarpata, Huimpillay, Pillao Matao entre las principales, mencionando también las cárcavas . Indicamos de esta manera que la formación San Sebastián es la de mayor Geodinámica externa en el área ya sea por el tipo de suelo así como la saturación de aguas , la presencia antropica (ubicación de suelos de cultivo y presencia de asentamientos humanos) (ver plano geodinámico)

4.1.15.1.- Cárcava de San Antonio.

Esta cárcava merece un comentario especial puesto que el problema que presenta es de diferente naturaleza que los que se ha tratado en este informe. (Ver plano Geodinámico)

Se ubica al margen derecho del río Huatanay, en distrito de San Sebastián, frente a la Urb. Las Joyas, y ha sido utilizada para depositar los residuos sólidos de la Ciudad del Cusco en las últimas décadas y ha sido recientemente clausurada.

El peligro que presenta este sector es inminente debido a que viene siendo ocupado informalmente para la construcción de viviendas. Debido a la gruesa capa de basura que existe se tienen los peligros de: Asentamientos, Deslizamientos, Emisión de gases tóxicos, Contaminación Química, Contaminación Bacteriológica y no se puede descartar el peligro de que ocurra una explosión de gases inflamables.

A la fecha de inspección de campo para el presente proyecto se ha observado que para nivelar el terreno se ha empleado maquinaria pesada llegando a retirar la cobertura de tierra y aparece la basura.

Se observa que las chimeneas que fueron instaladas al momento de la clausura del botadero se encuentran parcialmente obstruidas.

En la base de la cárcava el agua altamente contaminada que filtra del botadero (lechada) viene escurriendo superficialmente al aire libre, emitiendo fuertes olores y contaminando el ambiente. Se recomienda:

- Cercar esta área para evitar su mal uso.
- Elaborar un proyecto para su cierre definitivo y uso apropiado a futuro.

En el plano geodinámico y el mapa de peligros se ha indicado la ubicación de este botadero con su nombre propio.

4.1.16.- SECTOR SAN JERÓNIMO NORTE

(Ver plano de deslizamientos - San Jerónimo Norte)

4.1.16.1.- Deslizamiento Pícol

El deslizamiento Pícol es el mas importante de esta zona y es de tipo gradacional y traslacional , tiene lugar en la naciente de la quebrada. La zona de arranque es en contra de la estratificación de dirección Nor- Este a Sur- Oeste , con aproximadamente 500 m de longitud y 300 m de ancho , la escarpa de arranque que se observa en la parte alta del cerro Huaynapicol tiene un salto de 1500 m. aproximadamente. El material deslizado está compuesto mayormente por gravas en una matriz limo arena arcillosa. De acuerdo con las observaciones de campo, el deslizamiento ha sido arrastrado por las aguas de escorrentia superficial y por algunos afloramientos. En esta quebrada todo el material ha sido arrastrado en flujos de lodo , hasta la cantera de lastre actualmente es explotado por la comunidad de Pícol Orcompugio tal arrastre no ocasionó ningún problema de desastre muy a pesar que el deslizamiento se reactivo por el sismo del 5 de Abril de 1986

4.1.16.2.- deslizamiento kachui.

Tiene lugar en la quebrada del mismo nombre situada en la margen izquierda aguas arriba del lugar y que debido al socavamiento de la base erosionada por el riachuelo Kachui , estos materiales se vienen deslizando aprovechando el intenso fracturamiento por estar cerca de la falla, tiene una relativa dimensión .Este deslizamiento avanza porque se encuentra en un recodo y que las aguas llegan a socavar con fuerza, erosionando solamente el lado izquierdo de la quebrada tal es que la parte superior también se encuentra desprovista de vegetación haciendo mas intenso este deslizamiento.

4.1.16.3.- Deslizamiento Orcompugio

Está al norte de la población de San Jerónimo, el deslizamiento tiene una dimensión regular en la que se observa superficies de arranque originadas por la constante erosión del río Orcompugio, esto solamente se origina en tiempo de lluvias porque los comuneros dan constante mantenimiento y limpieza del lecho del río y evitar desfogue de sus aguas porque estas son utilizadas para el regadío, es por eso que esta quebrada es conservada en la mayor parte de su extensión y reforestada en los deslizamientos ocasionados en cada época de lluvias.

4.1.16.4.- Deslizamiento Concevidayoc

Es un deslizamiento regular de material de cobertura inconsolidada impidiendo su avance la vegetación de Eucaliptos que esta en el área y que no es de consideración.

También podemos observar otros deslizamientos de menor magnitud en las nacientes de la quebradas por efecto de saturación de aguas de riego , en la actualidad sin mucho riesgo ni vulnerabilidad.

Contribuyen a la inestabilidad de este talud:

- Las rocas se hallan fuertemente fracturadas y falladas constituyendo planos de discontinuidad que contribuyen a la ocurrencia de deslizamientos.
- Relieve de fuerte pendiente y abrupta que inestabiliza las laderas del cerro Huaynapicol. Presencia de acuíferos en contactos litológicos.

- Abundancia de lluvias que favorecen el intemperismo de suelos y rocas.

4.1.16.5.- Deslizamiento Huaccoto

Se ubica en las partes altas de la quebrada Huaccoto en la margen izquierda en la que se puede observar agrietamientos fisuras, es de magnitud intermedia y afectaría a las viviendas que se encuentran en la margen Izquierda de la Carretera Cusco - Urcos en este sector y a las Urbanizaciones que pudieran establecerse puesto que es una zona inmediata de expansión urbana.

Podemos observarlas en la parte alta de la Urb. Larapa, además en las nacientes de la quebradas pero con dimensiones mas pequeñas

4.1.17.- SECTOR SAN JERÓNIMO SUR:

Numerosas cárcavas se encuentran distribuidas en la laderas de los cerros Jatum Cuno, Lloqueocmojo, Pantiojo , Sucso Aucalle.y sobre depósitos lacustres de la formación San Sebastián y parte del substrato rocoso de la formación Kayra.

Dichas cárcavas se van profundizando al llegar a su parte terminal se tiene un aproximado de 10m de profundidad, estas no constituyen riesgo para las población puesto que ellas no llegan al sector Urbano ya que la población se encuentra lejos de ellas, pero si necesitan de un tratamiento de control de cárcavas y de drenaje para una futura población de dicha zona.

4.1.18.- SECTOR SAYLLA

En el sector adyacente al poblado de Saylla se tienen numerosas Cárcavas, Deslizamientos importantes y flujos de lodo, estos fenómenos se describen a continuación.

Cárcavas en el Sector Saylla.

Este fenómeno se encuentra en ambas márgenes del río Huatanay pero con más incidencia en la margen derecha cuya característica principal es que se encuentra afectando al grupo San Jerónimo esencialmente a la formación Kayra. y formación San Sebastián

Se encuentran en las laderas de los cerros que circundan este distrito. Se puede observar que no están siendo tratadas en toda su extensión es decir desde sus nacientes hasta su parte terminal. Por ahora estas cárcavas no representan peligro alguno puesto que no existen población en dichos sectores donde se presentan estos fenómenos.

Deslizamientos en el Sector Saylla.

Los deslizamientos activos son principalmente procedentes de la margen izquierda de la quebrada Hatunhuayco donde son notorias las escarpas recientes, además de la parte superior y otros pequeños deslizamientos en la margen derecha. la mayor parte de estos deslizamientos son de riesgo inminente, especialmente en épocas de lluvias

En esta quebrada se tiene tres zonas donde se ubican deslizamientos en transición , estos se encuentran en proceso de activación y que ocasionaran posibles problemas de seguridad en el futuro ya que podrían causar embalses .También se han reconocido grietas de corona en la cabecera de esta quebrada (zona de arranque) , las que delimitan posible material a deslizarse en el futuro.

En general la acumulación de materiales aluviales en el sector de Llocllapampa poseen un volumen aproximado de 1000 metros cúbicos , los cuales proviene del deslizamiento de Hatunhuayco , cabe mencionar que el aporte de agua proviene tanto de la laguna que se encuentra en la cabecera de esta quebrada , estos aportes sísmicos se ven incrementados en las épocas de lluvias las que en sus transcurrir erosionan fuertemente ambas márgenes de esta quebrada, afectando seriamente la estabilidad de Taludes.

4.1.18.1.- Deslizamiento Hatunhuayco.

Este deslizamiento es compuesto. Este deslizamiento activo esta situado al sur oeste de la localidad de Saylla, ha tenido varias etapas criticas, habiendo afectado en dichas oportunidades estructuras de el escuela, puente y pista.

Las causas de este deslizamiento es que en épocas de lluvias la quebrada Hatunhuayco puede reactivarse principalmente por el grado de alteración por meteorización, el contenido de

humedad, el desarrollo natural de valle la constitución del terreno y las fuertes precipitaciones pluviales todos ellos unidos a los factores antrópicos, producen movimientos de masas de tierras saturadas por efecto de la gravedad.

Dentro de los aspectos que influenciaron en este deslizamiento podemos señalar aspectos geológicos, tectónicos geomorfológicos, geotectónicos, etc.

Dimensiones de los taludes identificados en la quebrada Hatunhuayco (en mts.)								
Sección	(1) W_d	(2) W_r	(3) L_d	(4) L_r	(5) D_d	(6) D_r	(7) L	(8) L_{ci}
D1	59.8	74.4	---	294.6	---	50.22	(4)	217.3
D2	---	79.0	---	360.2	---	36.0	(4)	227.0
D3*	188.4	213.3	376.1	462	34.24	(6)	(4)	346.8

(*) El deslizamiento se encuentra en actividad y se puede percibir la superficie de contacto entre el suelo desplazado y la base rocosa que constituye la superficie de falla.

Estas secciones estudiadas en el deslizamiento de Hatunhuayco son partes del deslizamiento compuesto que aparece como uno solo en el mapa de fenómenos Geodinámicos.

Flujos de Lodo en el Sector Saylla.

Se circunscribe al sector de viviendas ubicadas en la parte intermedia del cono de deyección de la quebrada, en ambos flancos, por encontrarse dentro de la dirección proyectada del flujo que discurre por el cause de la quebrada y que se encuentran en plena etapa de construcción, en un sector que además se encuentra en conflicto de límites entre los distritos de Saylla y Oropesa; teniéndose antecedentes que ya se han originado flujos de lodo que han ocasionado destrucción de viviendas terrenos de cultivo, infraestructura de carreteras, línea férrea, ya que en su recorrido estos flujos arrastran gran cantidad de material sólido y piedras sueltas acumuladas en su trayecto. En dicha área las quebradas de Hatunhuayco y Mullucancha son las más propensas a originar este tipo de problema

Derrumbes en el Sector Saylla.

El cerro Kunturccata, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Hatunhuayco posee una antigua corona de derrumbe de aproximadamente 1 km de longitud donde la pared del talud es vertical y las rocas se encuentran muy fracturadas con suaves plegamiento a favor y en contra del talud.

El 4 de Junio del 2001 ocurrió en los afloramiento rocosos de la margen derecha de la quebrada Hatunhuayco un derrumbe que formo una corona de aproximadamente 400 m de longitud donde en la actualidad existen agrietamientos de rumbo E – W y N – S con aberturas de 0.15 metros en la roca muy fracturada.

El derrumbe involucro el desplazamiento de una masa de rocas conformado por grandes bloques y fragmentos distribuidos en forma caótica en estado seco hacia la margen izquierda de la quebrada, acumulándose el material en el lecho. En la ladera de la escarpa de derrumbe existe abundante material suelto que sigue cayendo, haciendo de la zona de cause un área inestable y critica.

Adicionalmente el material desprendido y acumulado en la base es removido constantemente por las aguas estacionales, producto de las lluvias que discurren por el curso principal de la quebrada Hatunhuayco, lo que ya esta originando flujos de lodo, a manera de huaycos, que por lo observado en el lugar ha llegado inclusive a represar el río Huatanay

Los derrumbes que se producen son bloques y particular en conjunto que descienden de los taludes y nichos principales de los deslizamientos e incrementan materiales para la formación de flujos de lodo y huaycos por consiguiente depositan en el cono de deyección en Saylla .Los derrumbes se están generando aprovechando el sistema de fracturas de dirección)(N-SE 75° SE) (EW-65° N) y (NW vertical) y el fenómeno de fisilidad de las capas

Socavación en el Sector Saylla.

Se observa un área donde el río esta socavando dicha zona comprometiendo ha campos de cultivo que se encuentran por encima del nivel del río siendo necesario realizar la corrección y limpieza del cause en este sector para evitar que continúe este fenómeno.)(ver plano geodinámico)

4.1.19.- SECTOR POROY

El poblado de Poroy se Ubica al NW de la ciudad del Cusco presentando substrato rocoso correspondiente al grupo Yuncaypata hacia el Norte y el Sur la unidad de formación Puquin. (Ver plano Geológico) además puede apreciarse depósitos de suelos cuaternarios y nivel freático alto.

En ella se puede apreciar formación de Cárcavas en el grupo antes mencionado y con la presencia de algunos deslizamientos y pequeños derrumbes en los flancos de las quebradas provocados por saturación de suelos, erosión fluvial y en algunos casos por la acción antrópica ya que se encuentra en proceso de ocupación urbana.

El riesgo geodinámico en este sector es bajo y solamente requiere de tratamiento de cárcavas y sistema de drenaje en las áreas críticas.

4.2.- DESLIZAMIENTOS ANALIZADOS.

Luego de evaluar de forma expeditiva los deslizamientos mencionados se llega a la conclusión de que existen 5 sectores que presentan un peligro marcadamente mayor que los demás, por su magnitud, bajo grado de estabilidad y ubicación crítica para provocar daños a la población. estos, ordenados en orden de importancia son los siguientes: Saphi, Huamancharpa, Picol, Hatunhuayco y San Sebastián Norte.

Estos 5 sectores son conocidos en el Cusco hace mucho tiempo como sectores de alto peligro por lo que instituciones públicas y privadas han realizado estudios de estas zonas, con excepción del deslizamiento de Picol cuya importancia es reconocida pero por su magnitud aún no ha sido estudiado a profundidad.

Los taludes de Saphi, San Sebastián - Norte y Huamancharpa han sido estudiados siguiendo una metodología uniforme que se describe a continuación:

4.2.1.- CALCULOS DE ESTABILIDAD.

Para el cálculo de estabilidad se eligió un método simple (Método de las Rebanadas) puesto que lo aproximado de los datos no justifica el empleo de métodos más sofisticados, sin embargo se consideró 3 casos para el cálculo:

Estabilidad del talud en estado actual.

Estabilidad con sismos de 3 magnitudes.

a = de 0.1g correspondiente al un periodo de retorno de 30 años.

a = de 0.2g correspondiente al un periodo de retorno de 50 años.

a = de 0.3g correspondiente al un periodo de retorno de 100 años.

Estabilidad de talud saturado

Estabilidad de talud saturado con flujo

de 50cm de carga a lo largo del plano de falla

de 1m de carga a lo largo del plano de falla

de 1.50m de carga a lo largo del plano de falla

Estabilidad del talud con falla progresiva.

Este ultimo análisis es novedoso y considera el modelaje paso a paso de la propagación de la grieta desde la parte superior del talud una dovela a la vez considerando en el cálculo de la fuerza resistente el estado intacto o remodelado del material según sea el caso.

4.2.2.- COMENTARIOS DEL CÁLCULO REALIZADO.

En la mayor parte de casos la superficie de falla más crítica se ha considerado en la interface del material deslizado con el material inalterado, esto por que se trata de taludes cuya falla se ha producido hace mucho tiempo y se reactivan con frecuencia. Por esta razón se emplea los parámetros correspondientes al material deslizado.

4.2.2.1.- Análisis normal (falla general - Humedad Natural)

El factor de seguridad en el estado actual normalmente debe resultar mayor que la unidad puesto que el talud está en pie al momento del estudio. Si hay valores menores implica que en el interior se tienen materiales más resistentes que los que se ha ensayado durante los estudios. Para valores próximos a la unidad puede tratarse de imprecisiones del estudio en sus distintas etapas.

No se ha considerado el cálculo combinado con los efectos de sismo y flujo, puesto que las probabilidades combinadas resultan excesivamente pequeñas.

4.2.2.2.- Análisis con sismo.

Los taludes cuyo factor de seguridad resulta inferior a la unidad con sismo de 0.1, pueden fallar con un sismo como los que se registra frecuentemente.

Los taludes cuyo factor de seguridad resulta inferior a la unidad con sismo de 0.2, pueden fallar con un sismo como los que se registra frecuentemente en el Cusco como el del 05 de Abril de 1986 o de 08 de Mayo de 1965.

Los taludes cuyo factor de seguridad resulta inferior a la unidad con sismo de 0.3, pueden fallar con un sismo como los que se registró en Cusco el 21 de Mayo de 1950.

4.2.2.3.- Análisis con flujo.

Si el factor de seguridad es menor que la unidad para el análisis con $\mu=0$ (talud saturado pero sin flujo) implica que el talud fallará con en temporadas de lluvias normales luego de que se produzcan precipitaciones fuertes.

Si el factor de seguridad es menor que la unidad para el análisis con $\mu=1$ (flujo de 1m sobre la superficie de falla aproximadamente) implica que el talud fallará con precipitaciones extraordinarias y condiciones de repetición de lluvias fuertes en el mismo sector en días consecutivos o precipitaciones de prolongada duración.

Se ha verificado casos con mayor altura de carga sobre el plano de falla ($\mu= 2$ y 3) y es para los casos en que se tienen materiales con drenaje pobre o agrietamiento que favorece la infiltración de grandes cantidades de agua hacia la superficie de falla.

4.2.2.4.- Análisis con falla progresiva.

Este análisis que como ya se dijo considera la propagación de la falla o grieta en el talud incluye los siguientes pasos:

- Si la fuerza actuante "T" en la primera dovela superior es mayor que la resistencia del suelo "S", la falla se inicia en esta dovela formándose una grieta y una zona con el suelo remoldeado; por esta razón debe calcularse nuevamente la resistencia pero esta vez con los parámetros residuales de resistencia. Siendo este valor "Sr" aún menor se tiene que aparece una fuerza remanente "T-Sr" que se traslada a la siguiente dovela.
- Se realiza el cálculo en la siguiente dovela bajo el mismo criterio pero considerando en ella la fuerza que le transmite la dovela anterior. Así se continúa hasta la base del talud.
- Las últimas dovelas tienen menor pendiente en la base por lo que tienden a disminuir las fuerzas remanentes, aportando mayor fuerza resistente y menor fuerza actuante por lo que el talud puede resultar estable si en la última dovela la fuerza resistente es mayor que la actuante.
- En el caso de que la fuerza actuante sea mayor que la resistente en la última dovela, se tiene el valor de la fuerza desequilibrada en todo el talud. Conociendo la masa del talud así como la fuerza desequilibrada se puede calcular (estimar) la aceleración del deslizamiento y predecir su recorrido para diferentes tiempos.

En este caso el factor de seguridad resultante es el de la última dovela al momento de la falla por lo que se obtienen valores muy pequeños y no pueden ser comparados con los obtenidos por los otros criterios.

4.3.- FACTOR DE RIESGO - RIESGO NORMALIZADO

Para estimar la magnitud del deslizamiento se ha tomado el criterio de la masa deslizada, que ha sido obtenida de la sumatoria del peso de las dovelas calculado en el análisis de

estabilidad, y su ancho determinado en campo ha sido medido en los planos del levantamiento topográfico al detalle que existe en cada deslizamiento.

Para el presente proyecto se ha definido un factor de riesgo que se basa en el principio de que la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento es inversamente proporcional al factor de seguridad que le corresponde en el cálculo y directamente proporcional a la masa deslizada:

$$FR = \text{Masa} / F. \text{ Seguridad}$$

Este factor de riesgo ha sido normalizado en la escala de 0 a 5 .

4.4.- PREDICCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS.

Una vez determinado que la mayoría de los taludes evaluados pueden fallar en condiciones críticas, se desea saber la altura del dique se podría formar con el material deslizado en la quebrada del río. Para esto se ha hecho una estimación asistida con cálculos simples siguiendo los siguientes pasos:

- Es conocido el peso de un metro de ancho de talud que entra en proceso de falla, del análisis de estabilidad del análisis de estabilidad realizado.
- Se determina el ancho del talud promedio del plano en planta del deslizamiento.
- Se determina el volumen de la masa deslizada dividiendo el peso entre el peso específico del material.
- Se calcula el volumen de esta masa en su posición final considerando un volumen de esponjamiento razonable para cada caso.
- Se asume que la quebrada tiene una forma parabólica y que los escombros conformarán una parábola invertida en el sentido longitudinal del valle abarcando un ancho 20% mayor que el ancho del deslizamiento.
- Se calcula el alto que ocupará esta figura geométrica tridimensional para el volumen conocido y el ancho del valle, requiriéndose un proceso de iteración hasta encontrar que el alto del valle calculado corresponde al ancho del valle supuesto inicialmente.

4.5.- RESULTADOS DE TALUDES ANALIZADOS.

4.5.1.- RESULTADOS - SECTOR DE SAPHI.

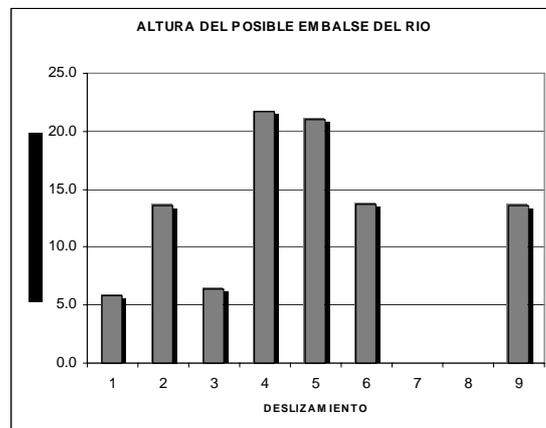
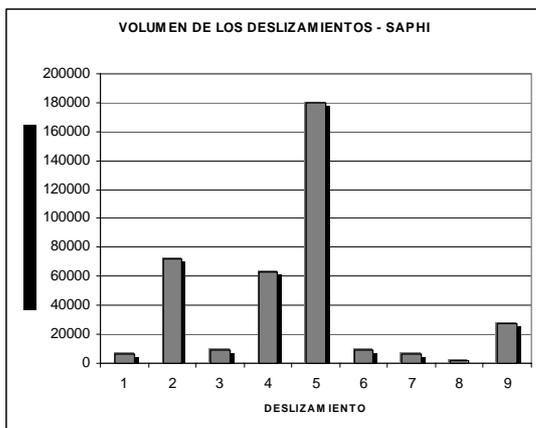
En este caso el fenómeno de mayor peligro es el que produciría un embalse de las aguas del río y su posterior desembalse violento. (ver plano de taludes analizados P-6-A1)

T	Factor de Seguridad										a*	R ₁₀ *	Calificación
	Con Sismo (Factor g)				Con Flujo (μ= m)								
	0	0.1	0.2	0.3	0	0.5	1	1.5	2	3			
1	1.29	1.05	0.88	0.82	1.23	1.16	1.09	1.02	...	...	...	...	Estable
2	0.94	0.82	0.73	0.66	0.85	0.84	0.83	0.82	...	...	0.12	6.0	Inestable
3	1.42	1.29	1.20	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	...	...	...	...	Estable
4	0.97	0.82	0.69	0.59	0.95	0.93	0.90	0.88	...	...	0.20	10.0	Inestable
5	1.22	1.01	0.83	0.69	1.22	1.13	1.05	0.96	...	...	0.19	9.7	Inseguro
6	0.78	0.68	0.60	0.53	0.75	0.73	0.71	0.69	...	...	0.51	26.0	Inestable
7	2.24	1.90	1.65	1.46	2.19	2.07	1.96	...	1.73	...	...	...	Estable
8	6.33	5.27	4.56	4.07	5.11	5.11	5.11	...	5.11	...	...	...	Estable
9	1.39	1.16	0.98	0.84	1.37	1.30	1.22	...	1.07	0.92	0.38	19.0	Inseguro

* Aceleración de la masa deslizada en m/seg².

** Recorrido (m) de la masa deslizada en 10 segundos.

Talud	Volumen		Ancho del		Alto del	F. S.	Factor de Riesgo Normalizado
	Inicial	Deslizado	Valle	Dique	Dique	c/sismo	
	(m ³)	(m ³)	(m)	(m)	(m)	a=0.2	
1	4985	6232	40	60	5.8	0.88	1
2	57739	72174	95	126	13.6	0.73	3
3	7378	9222	50	64.5	6.4	1.20	1
4	50465	63082	91	72	21.7	0.69	5
5	143834	179792	93	207	21.0	0.83	4
6	7115	8893	37.5	39	13.7	0.60	4
7	5418	6773	...	...	...	1.65	0
8	1235	1543	...	...	...	4.56	0
9	21749	27186	68	66	13.6	0.98	2



La zona donde se pueden presentar los deslizamientos de taludes comienza en la calle Saphi y abarca ambas márgenes de la quebrada hasta 1Km de distancia hacia el Nor-

Oeste y la quebrada del río Sencca afluente del río Saphi en una longitud de 500m aproximadamente.

La quebrada es cerrada y tiene la forma de "V" característica de los valles jóvenes y presenta muestras evidentes de deslizamientos antiguos y recientes en ambos lados. En la zona que aparenta ser de mayor riesgo se encuentra la construcción del campamento municipal que ha realizado cortes y rellenos para lograr un área horizontal donde ubicar sus instalaciones que comprenden oficinas, depósitos, áreas de estacionamiento, campos deportivos, piscinas y un acceso vehicular.

Saphi por ser una quebrada muy estrecha con taludes inestables a ambos lados por lo que el mayor riesgo es la posible formación de un embalse que al romperse podría afectar al centro de la ciudad y a los monumentos históricos más importantes del Cusco. El trabajo realizado comprende estudios de suelos, análisis de estabilidad de taludes en: condiciones normales, de sismo (leve, moderado y fuerte) así como condiciones de precipitación pluvial en 3 intensidades. Luego se ha llegado a determinar de modo aproximado la aceleración probable del movimiento mediante el análisis de estabilidad con falla progresiva y la altura del dique que formaría cada uno de los deslizamientos

Dos de los 9 taludes inestables identificados conformarían un dique de 21m de alto en caso de colapsar, a partir de esta información se ha estimado las Áreas que afectaría este fenómeno y son las más "valiosas" de la ciudad del Cusco pues incluyen a la calle Saphi, la Plaza de Armas y la Av. el Sol. Monumentos como La Iglesia de la Compañía de Jesús, El Paraninfo Universitario el Palacio de Justicia y muchas edificaciones importantes serían severamente afectadas (algunas serían destruidas).

Casi en todos los casos se tiene que, de producirse la falla, esta será violenta puesto que se registran recorridos entre 6 y 26m en 10 segundos.

Como puede apreciarse el estudio de este caso cuenta con base técnica detallada y fundamentada hasta la etapa de la determinación de la altura de posible embalse producto de los deslizamientos, y se recomienda sea complementado con el cálculo del volumen de agua almacenada en el embalse para cada caso y la modelación física

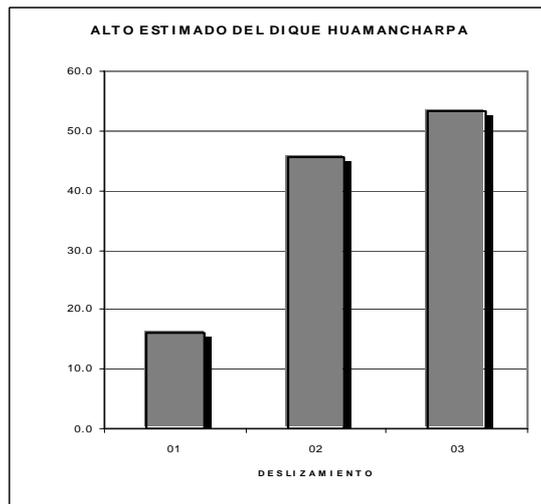
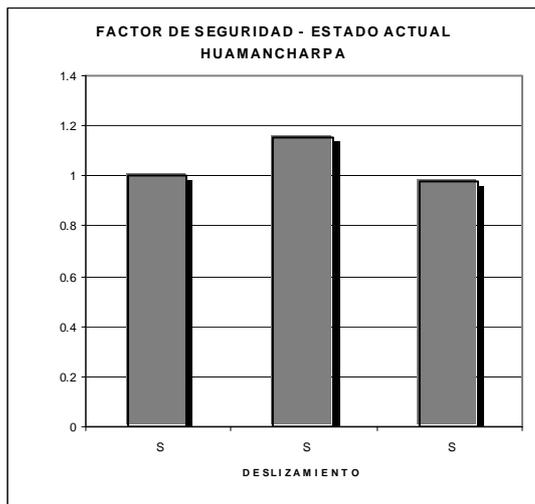
(real) o computarizada del flujo del desembalse para poder determinar con precisión la zona afectada por este fenómeno. Se prevé que la mitigación de daños en este caso puede requerir de obras de alto costo.

4.5.2.- RESULTADOS - HUAMANCHARPA

Huamancharpa presenta un caso similar pero conformado por un solo deslizamiento de mayores dimensiones, se trata de un talud que presenta diversas superficies de falla en su interior por lo que en este caso se ha analizado 3 superficies diferentes del mismo talud, también el mayor riesgo está constituido por el embalse del río que fluye a su pie. (ver plano de taludes analizados P-6-B1)

Sup.	Peso 1000Tn	FACTORES DE SEGURIDAD								a*	R10*
		CON SISMO				CON FLUJO					
		0	0.1	0.2	0.3	0	0.5	1	1.5		
01	90.6	1	0.78	0.63	0.52	1.00	0.98	0.96	0.94	0.089	4.4
02	3226.9	1.15	0.89	0.71	0.58	1.15	1.14	1.14	1.14	0.016	0.8
03	8388.1	0.98	0.77	0.63	0.52	0.98	0.98	0.97	0.96	0.120	6.0

Sup.	VOLUMEN		ALTURA	FS	FACTOR DE RIESGO	
	Inicial	Deslizad.	DEL	c/sismo	Abs.	Norm.
	(1000m3)	(1000m3)	DIQUE	a=0.2g		
01	61.8	77.2	16.1	0.63	26	2
02	1861.7	2327.1	45.5	0.71	64	4
03	5719.2	7148.9	53.1	0.63	84	5



El desembalse de estos taludes y de las dimensiones que los cálculos indican afectaría a las urbanizaciones adyacentes a los ríos de Chocco, Huancaro y Huatanay, que comprenden un área importante de la ciudad del (Lado Sur del Cusco), el análisis por

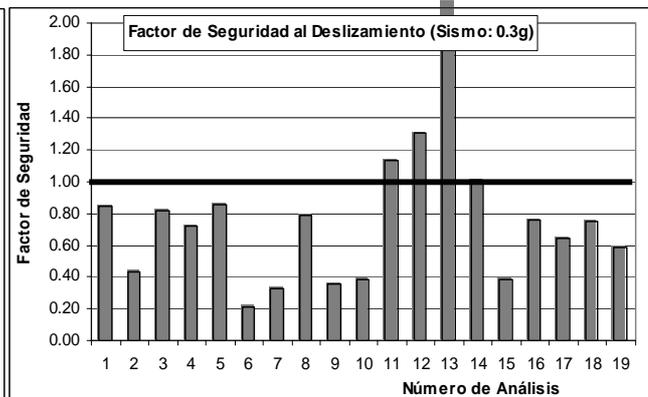
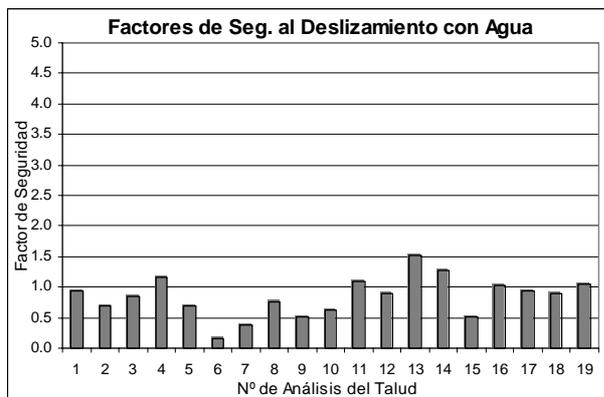
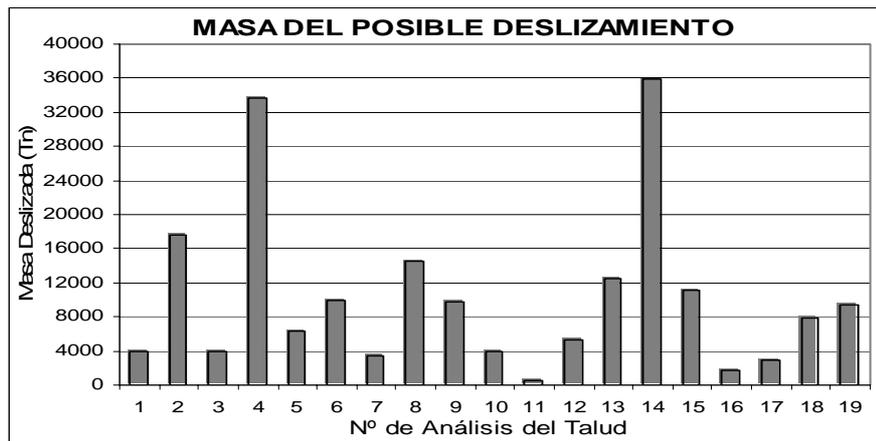
procedimientos similares a los descritos para la quebrada de Saphi muestran que se formaría un dique de 53m de alto.

4.5.3.- RESULTADOS - SAN SEBASTIÁN NORTE

San Sebastián Norte es una zona conformada por potentes estratos de arena fina limpia y ligeramente cementada, cubierta por una costra calcárea que en las zonas que ha sido rota o erosionada por el agua presenta grandes y profundas cárcavas con flancos verticales. Este sector que vienen siendo urbanizado tanto en la parte alta como en la parte baja de las cárcavas, como se ve en el plano de peligro geodinámico existen taludes en todas las cárcavas y los más grandes se encuentran hacia el extremo norte de las mismas, sin embargo se ha considerado que las que presentan mayor riesgo inmediato son las que están más próxima a la Av. de la Cultura por lo que han sido priorizados para el cálculo. (ver plano de taludes analizados P-6-C1)

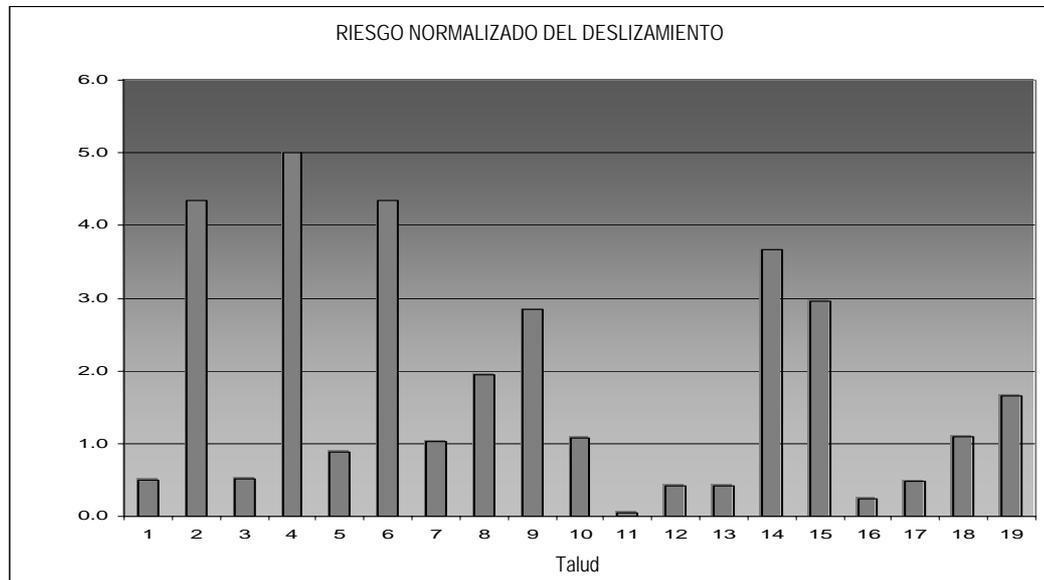
En este caso se ha realizado también estudios de suelos así como análisis de estabilidad con sismos de diverso grado y presencia de agua, y se ha determinado cuales son los deslizamientos que presentan mayor peligro.

Talud #	Alto (m)	Peso 1m Ancho	Peso Total (Tn)	FACTORES DE SEGURIDAD					OBSERVACIONES		
				Estado Actual	CON SISMO			CON AGUA	ESTADO Actual	Peligro	
					0.1g	0.2g	0.3g			c/sismo	c/agua
1	19.0	313.8	3975	1.60	1.27	1.03	0.85	0.94	Estable	Bajo	M.Alto
2	40.0	663.2	17685	0.78	0.63	...	...	0.69	Inest.	Alto	M.Alto
3	20.7	284.7	3929	1.50	1.21	0.99	0.82	0.84	Estable	Medio	M.Alto
4	50.5	1000.0	33667	1.30	1.05	0.86	0.72	1.17	Estable	Medio	Estable
5	25.7	367.7	6300	0.83	0.76	...	...	0.69	Inest.	Alto	M.Alto
6	37.7	392.8	9872	0.49	...	...	...	0.15	Inest.	M.Alto	M.Alto
7	23.6	216.3	3403	0.65	...	...	...	0.39	Inest.	M.Alto	M.Alto
8	31.7	690.6	14595	1.44	1.17	0.96	0.79	0.77	Estable	Medio	M.Alto
9	34.1	432.2	9825	0.65	...	...	...	0.51	Inest.	M.Alto	M.Alto
10	24.3	243.6	3946	0.70	...	...	...	0.62	Inest.	M.Alto	M.Alto
11	8.8	86.4	507	2.26	1.69	1.37	1.13	1.09	Estable	Bajo	Inseg.
12	17.8	440.5	5227	2.75	2.05	1.61	1.31	0.89	Estable	Bajo	M.Alto
13	42.8	440.1	12558	4.31	4.06	3.87	3.73	1.51	Estable	M.Bajo	Estable
14	34.2	1573.0	35864	2.17	1.60	1.25	1.01	1.28	Estable	Bajo	Estable
15	36.5	456.1	11098	0.72	...	...	...	0.51	Inest.	M.Alto	M.Alto
16	17.4	145.9	1692	1.39	1.12	0.92	0.76	1.02	Estable	Medio	Inseg.
17	19.8	223.2	2946	1.16	0.94	0.77	0.64	0.94	Estable	Alto	Bajo
18	23.3	502.7	7809	1.45	1.13	0.91	0.75	0.90	Estable	Medio	Medio
19	26.9	521.1	9345	1.09	0.87	0.72	...	1.04	Inseg.	Alto	Inseg.



El análisis en este caso muestra que es la saturación del suelo el que provocaría más fácilmente la desestabilización de los taludes, el drenaje del material es bueno y no se forman cursos de agua en el fondo pues el agua se infiltra, por lo que el mayor riesgo

que se tiene es que las fugas en las redes de agua o desagüe provoquen la saturación de cualquier sector adyacente a las cárcavas y se produzca un deslizamiento inmediato y violento.



4.5.4.- DESLIZAMIENTO PICOL

Este deslizamiento muestra una espectacular escarpa de falla con grietas de tracción en la parte superior visibles desde toda la ciudad del Cusco, los materiales producto de este deslizamiento conforman un amplio cono de acumulación de materiales coluviales sobre los que se ubican las urbanizaciones de Larapa, Santa María, Aproveite, San Martín, Santa Martha, Miraflores y otras. (ver plano de taludes analizados P-6-D1)

Pese a las visibles evidencias de este deslizamiento en los últimos años no muestra signos de actividad, por lo que no preocupa a los habitantes de la zona. Hasta la fecha no se ha realizado ningún estudio al detalle de este deslizamiento por su gran magnitud y su complejidad puesto que por este sector pasa la Falla de Tambomachay. Existe información geológica descriptiva de este deslizamiento en la Tesis Profesional de Geología del Ing. David Tito Silva 1992, titulada "Geodinámica Riesgo y Vulnerabilidad de la Zona de Expansión Urbana Tenería San Jerónimo". Se recomienda un estudio al detalle con la inclusión de sistemas de control. Para el presente informe se ha considerado este sector como de alto riesgo.

4.6.- ELABORACIÓN DEL MAPA DE PELIGROS GEODINÁMICOS

Una vez ubicados todos los deslizamientos existentes en la zona de estudio, los mismos que han sido identificados y verificados in situ, se ha procedido a delimitar la zona de influencia de estos deslizamientos con una línea cerrada, ésta define las áreas de peligro ante deslizamientos que será empleada para la confección del plano de peligros final. (Ver plano P-06)

4.7.- ELABORACIÓN DE PLANOS GEOTÉCNICOS

La distribución de los suelos un determinado sector es producto de la superposición de diversos factores y resulta casi siempre muy difícil de predecir. Los tipos de suelos son muy variados, su estructura puede ser diferente incluso para suelos de la misma composición, su ubicación en planta depende de las condiciones topográficas del fondo donde les tocó depositarse durante su formación geológica y su distribución en la dirección vertical depende de la secuencia de eventos climáticos dominantes en la época de su formación, a esto se agrega que pueden haberse producido alteraciones posteriores a su deposición tales como erosión fluvial elimina franjas alargadas del material base y esta franja puede ser rellenada con depósitos propios del fenómeno fluvial o con materiales que son el producto de otras formas de transporte como coluviales o antrópicos.

Es por esta razón que es imprescindible realizar un estudio de suelos en cada punto de la geografía donde se desee edificar una obra civil, sin embargo con fines de establecer sectores de peligro en el área de estudio, se ha realizado un esfuerzo de zonificación basada en diversas propiedades de los suelos. Lo que se presenta los planos del presente estudio corresponde a los materiales predominantes en cada lugar de la ciudad, esto implica que pueden encontrarse otros materiales a diferentes profundidades.

Con referencia al esfuerzo admisible, este valor depende de las características de la estructura a cimentar y de la profundidad de cimentación, por consiguiente los valores de este parámetro que se han ploteado en los planos son referencias de esfuerzo admisible para un tipo de edificación y profundidad de fundación asumida para toda la ciudad. Por consiguiente datos obtenidos por "lectura" de estos mapas temáticos de geotecnia tienen valor referencial y tienen validez para comparativa mas no pueden ser usados en proyectos de edificación ni ser

contrastados con resultados de estudios geotécnicos posteriores que no empleen las mismas premisas de referencia.

4.7.1.- INFORMACIÓN UTILIZADA.

Para la elaboración de los mapas temáticos de Geotecnia del presente estudio se han empleado:

- A.- 176 Puntos correspondientes a estudios de suelos existentes estos estudios son en su mayoría los realizados directamente por el suscrito entre 1988 al 2003. (CFBV)
- B.- 80 Puntos correspondientes al proyecto "Plan de Expansión de Mínimo Costo de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado" del PRONAP realizado por contrato por la Consultora Figueiredo Ferraz de Brasil. (PRONAP)
- C.- 43 Calicatas con ensayos de clasificación de suelos y calidad de aguas y ensayos de penetración dinámica tipo "pdc" ejecutadas por la Municipalidad Provincial del Cusco y supervisadas por el suscrito, distribuidas en los alrededores de la ciudad donde se carece de estudios existentes. (MPC)
- D.- 17 Puntos consignados en el informe "Características Geotécnicas de los Suelos de La ciudad del Cusco" versión resumida para el V Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones de 1987, por el Ing. Juan Menendez García. Este estudio abarca solamente lo que hoy es la zona céntrica de la ciudad. (JJMG)
- E.- "Estudio de Riesgo y Control en la Quebrada de Saphi" 4 Volúmenes, contiene poca información geotécnica pero apreciaciones importantes de evaluación de riesgo e impacto ambiental del sector de Saphi.

El detalle de estos puntos de investigación de acuerdo a la fuente y con referencia a la numeración en el mapa de ubicación es:

FUENTE	NUMEROS	TOTAL
CFBV	(1 - 89) + (169 - 219) + (236 - 269)	176
PRONAP	90 - 168	80
MPC	274 - 316	43
JJMG	220 - 235	17
	TOTAL:	316

En las páginas siguientes se muestra al detalle un listado de esta numeración indicando el proyecto al que corresponde, así como las coordenadas en el mapa base del proyecto; luego se adjunta los cálculos geotécnicos realizados para los mapas temáticos de geotecnia. Así mismo se adjunta otro listado indicando los resultados de dicho cálculo para los mapas temáticos de geotecnia (ordenados por tipos de suelo)

Todos estos resultados han sido ploteados sobre mapas base para obtener los respectivos mapas temáticos. Los sistemas de interpolación elegidos para generar contornos de cada característica son función del tipo de variable sea esta cualitativa o cuantitativa, discreta o continua y de acuerdo a la densidad de puntos disponibles para cada caso.

Las áreas caracterizadas por cada variable están estrictamente de acuerdo al sector donde se distribuye la información disponible, razón por la cual estos mapas exhiben un menor área sombreada.

4.7.5.- MAPA DE TIPOS DE SUELOS

Para la confección del mapa de tipos de suelos se ha recurrido a realizar una serie de simplificaciones a los sistemas de clasificación existentes en Ingeniería Civil hasta lograr un número de tipos de suelos razonable para su interpretación en un mapa temático y su aplicación de los tipos de suelos considerados de riesgo al mapa de peligros del Cusco. (ver plano P-07)

4.7.6.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS

En cada punto se toma como suelo representativo a aquel que se encuentra ubicado dentro de la zona activa para el diseño de la cimentación típica.

La cimentación típica a sido asumida como zapatas aisladas cuadradas de 1m de lado cimentadas a 1m de profundidad por lo que la zona activa que se encuentra entre la base de la cimentación y un nivel a 2 veces el ancho de la cimentación por debajo de la misma. De acuerdo a estos criterios el suelo representativo de cada sector estaría conformado por el material ubicado entre 1 y 3m de profundidad. Se ha considerado para el estudio i el material predominante o más crítico entre 1 y 3m de profundidad en cada sitio.

Se ha utilizado la el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) para representar el tipo de suelo de cada punto en el mapa. Esto es:

- C = Arcillas M = Limos, S = Arenas y G = Gravas
- L = baja compresibilidad, H = alta compresibilidad
- P = Mal gradadas o uniformes, W = Bien gradadas.
- y las combinaciones posibles de estos símbolos.

Para fines de sectorizar el área de la ciudad en tipos de suelos resulta que el sistema SUCS posee demasiados tipos de suelos producto de la combinación de las iniciales que se indica líneas arriba por lo que en una primera etapa del estudio se ha reducido a 5 los tipos de suelos y han sido complementados con el símbolo de Roca y Relleno del modo siguiente:

- S para SW, SP, SM, SC, SP-SM, SP-SC, SW-SP y SW-SC. Arenas

- G para GW, GP, GM, GC, GP-GM.... etc. Gravas
- C para CL, CH, CL-ML Arcillas
- M para ML y MH Limos
- O para OL, OH, Pt. Suelos orgánicos y Turba
- Rc para Roca Afloramientos rocosos.
- RII para Rellenos Rellenos artificiales sueltos.

Esta simbología ha dado como resultado demasiados tipos de suelos (7) generando formas caóticas e intrincadas. Para fines de determinar el peligro geotécnico de los distintos sectores de la ciudad se ha decidido considerar solo 4 tipos que son:

Suelos Finos (F)	para	Arcillas, Limos y Arenas.
Gravas (G)	para	Gravas o Suelos Gravosos.
Orgánicos (O)	para	Turbas y Arcillas orgánicas.
Roca (R)	para	Afloramientos rocosos macizos.

Estos tipos de suelos están representados en el plano "Tipos de Suelos" que forman parte del presente informe. En ellos se tiene:

4.7.6.1.- Suelos Finos (F)

En el presente estudio se agrupa bajo ésta denominación a los suelos conformados por Arcillas y Limos y se ha incluido a las Arenas puesto que se observa que los suelos que se clasifican como arenas en el área de Cusco están conformados por arenas finas a muy finas y uniformes que de acuerdo a la clasificación SUCS colindan en forma muy cercana con los materiales limosos y su comportamiento está algo alejado de los denominados suelos granulares Gravas y Arenas en general.

Arcillas.

Las arcillas que predominan en el área del proyecto son en su mayoría suelos de color marrón rojizo de plasticidad media, de alta resistencia y baja compresibilidad, suelos transportados de origen lacustre aluvial, que se depositan en la parte baja del valle del Cusco, antiguamente ocupado por el Lago Morkill. Las arcillas rojas en

general son medianamente resistentes competentes para cimentación de edificaciones.

Se tienen sectores hacia el Nor-Este de la Ciudad donde se presentan materiales arcillosos de colores vivos entre los que se tiene blancos, gris claro, verdoso, rosado pálido y otros. Estos se encuentran en el contorno de la formación Yuncaypata, parte baja hacia el valle del Cusco. Son producto de la degradación de Calizas, Yesos y materiales sedimentarios químicos que conforman dicha formación. Estos materiales son escasos y se presentan en el piso de valle en la escarpa topográfica ubicada al Norte del Parque industrial. Estas últimas son materiales de mala calidad para taludes y cimentaciones.

Limos.

No son muy abundantes en el área del valle del Cusco y son en su mayoría Tripoli calcáreo o Diatomita, conocida en la zona con el nombre de "Ccontay", tienen generalmente color amarillento claro o blanquecino, son materiales muy duros en seco, poco compresibles (densos) pero de baja resistencia al corte. Su característica principal es su casi nula resistencia residual, esto significa que luego de producirse la falla, la superficie resultante es resbalosa por lo que no presenta ninguna resistencia a que continúe el deslizamiento. (material muy sensible o sensitivo). Estos son materiales de riesgo para estabilidad de taludes y cimentaciones.

Arenas finas.

Como se ha mencionado líneas arriba en el área del proyecto abundan los materiales arenosos finos de color rojizo que en estado húmedo pueden confundirse con arcillas puesto que tienen textura fina y se soportan bien en excavaciones verticales pero al secar o saturarse pierden su pseudo-cohesión y se desmoronan. Abundan en el piso de valle en capas delgadas intercaladas con arcillas y gravas y se presentan en potentes capas en el Sector Norte de San Sebastián formando profundas cárcavas de flancos casi verticales.

Estos materiales son compactos y densos, buenos para fundación cuando están a cierta profundidad pero inestables en taludes para condiciones de sismo o saturación.

4.7.6.2.- Gravas (G)

Los suelos gravosos que se presentan en el proyecto son de dos tipos.

Gravas de origen fluvio aluvial, redondeadas, arenosas y compactas que se ubican adyacentes a los ríos actuales del valle o en antiguas ubicaciones fluviales enterradas (paleocauces). Estas se encuentra generalmente en la parte baja del valle, formando venas alargadas de recorrido irregular. Van acompañadas estos depósitos por delgadas capas de arena media limpia sin grava, frecuentemente son conductoras de agua sub-superficial.

Gravas de origen coluvial, formadas por fragmentos angulares de diverso tamaño mezclados con arena y limo, general mente de color rojizo distribución caótica (sin estratificación). Se ubican todo el rededor del valle del Cusco conformando la zona de transición topográfica entre el llano de piso de valle y las laderas empinadas.

Ambos son materiales competentes para cimentación.

4.7.6.3.- Suelos Orgánicos (O)

Los suelos orgánicos son escasos en la ciudad del Cusco, se han identificado 2 sectores señalados en el mapa de suelos del presente estudio.

En la zona de Choquechaca y Tullumayo se tiene depósitos de arcilla orgánica de color negro y verde oscuro mezclado con fragmentos de piedra grande, alcanzan hasta 6 m de profundidad y se encuentran a ambos lados del cauce del río actualmente canalizado. Causan problemas a la construcción y requieren ser eliminados para ejecutar cualquier tipo de proyecto.

En la zona de Huancaro - Ttio - Aeropuerto se tiene una franja larga de arcilla orgánica negra de alta compresibilidad que se presenta en una configuración estratigráfica especial; se encuentra debajo de una capa de arcilla roja de 2 metros y una capa de grava de 1m

(aproximadamente) y tiene un espesor de 3m por lo que en toda el área señalada resulta apareciendo desde los 3 hasta los 6m metros de profundidad. Esta característica la hace peligrosa puesto que prospecciones geotécnicas que se topan con la capa de grava (que contiene agua) hacen pensar que ya se llegó a material firme. Ensayos de penetración desde la superficie presentan rechazo a 2m de profundidad en la delgada capa de grava no permitiendo detectar la peligrosa capa de turba.

4.7.6.4.- Roca (R)

Los afloramientos de roca en la zona del proyecto se encuentran en las partes altas que circundan y flanquean al valle del Cusco, Hacia el Norte son predominantemente calizas y pocos yesos, Hacia el Nor Oeste se tienen Dioritas en pequeña cantidad y se tienen Areniscas intercaladas con delgadas capas de lutitas rojas en el resto del perímetro del valle.

En la parte central del valle se ha encontrado algunos afloramientos de roca que se han ubicado en el plano de tipos de suelos, habiéndose observado un solo punto de afloramiento rocoso en el sector de la Urb. Entel Perú (al pie de Huamantiana y Santa Mónica) conformado por una capa de arenisca en disposición vertical y dirección Norte - Sur.

4.7.7.- MAPA DE ESFUERZO ADMISIBLE

Existen numerosos indicadores de la resistencia de los suelos, estos son la resistencia al corte, la resistencia a la penetración dinámica, la capacidad de carga y otros. Existe cierta relación entre ellos aunque para diferentes tipos de suelos esta relación no es igual, siempre es directa pero tiene diferencia sustanciales. En el presente proyecto se ha elaborado como elementos de trabajo diversos mapas temáticos que han servido de referencia para la interpretación final que permita determinar las áreas de peligro. Sin embargo es el esfuerzo admisible, obtenido como una fracción de la capacidad portante la variable que ha servido para definir las áreas de riesgo ocasionado por suelos inestables para la construcción. (ver plano P-08)

En el mapa de peligros, se ha incluido como material peligroso a los suelos con esfuerzo admisible menor de 1Kg/cm² y a estas áreas se ha sumado las que muestran presencia de suelos orgánicos.

4.7.8.- CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante es una propiedad que depende de los suelos y las cimentaciones. Por esta razón ha sido necesario asumir un tipo de cimentación para determinar este parámetro. Los estudios de suelos recopilados son elaborados para distintos tipos de proyectos por lo que los resultados de capacidad portante que presentan obedecen a diferentes criterios.

Para sistematizar la información ha sido necesario recopilar los parámetros de resistencia de ángulo de fricción interna y cohesión (ϕ , c) y el peso específico natural (γ_N) de cada sitio.

4.7.8.1.- Cimentación Tipo y Método de Cálculo.

Para determinar el esfuerzo admisible para las características de la cimentación tipo elegida como representativa de este proyecto son:

- Zapata cuadrada $B/L = 1$
- Ancho de Cimentación $B = 1\text{m}$
- Profundidad de Cimentación: $D_f = 1\text{m}$
- Teoría Meyerhof
- Criterio de falla Localizada
(Estructuras sensibles a asentamientos)
- Factor de seguridad: $FS = 3$
- Zona de influencia: Desde 1 hasta 3m de profundidad

Se ha elegido la Zapata Cuadrada por ser la cimentación aislada la más frecuente en edificaciones de concreto armado en Cusco. Los valores obtenidos son ligeramente diferentes que los que se tendría para el caso más difundido de construcciones populares en la ciudad que son los cimientos corridos de piedra y barro para edificaciones de adobe.

Las expresiones de cálculo empleadas corresponden a la teoría de Meyerhof y son:

Expresión general $q_c = cN_c s_c + \gamma D_f N_q s_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma$

Siendo N , s y d , los factores de capacidad de carga, factor de forma y de profundidad respectivamente. Estos valores son calculados en base a las siguientes expresiones.

Factores de:

<u>Capacidad de carga</u>	<u>Forma</u>
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$s_c = 1 + 0.2N\Phi \frac{B}{L}$
$N_q = e^{\pi \tan \phi} N\Phi$	
$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1N\Phi \frac{B}{L}$

No se han empleado factores de profundidad por ser superficial la cimentación típica en la ciudad del Cusco.

Los resultados se presentan en Kg/cm^2 ($1\text{Kg/cm}^2 = 100 \text{KPa}$.)

4.7.8.2.- Elección de parámetros de comportamiento.

Los estudios geotécnicos proporcionan directamente parámetros de comportamiento a diferentes profundidades y se ha elegido los parámetros de diseño a corto plazo por ser las arcillas el material predominantes en la Ciudad (ϕ_U , c_U) es decir parámetros no drenados para profundidades entre 1 y 3m, es por esta razón que los parámetros seleccionados para el presente proyecto no necesariamente corresponden a los que han sido usados en cada estudio específico recolectado.

En el caso de las 77 calicatas de los estudios de PRONAP de la Consultora Figueiredo Ferraz, se tienen los parámetros de resistencia al corte ϕ_U , c_U en base a tablas y correlaciones pero no siempre en los materiales que se encuentran entre 1 y 3m de profundidad por lo que se ha aplicado teorías mas precisas para recalculer los parámetros para las características del presente estudio.

Los parámetros de resistencia al corte en función del límites de consistencia para los suelos arcillosos (CL, CH, SC y GC) que son la mayoría son:

Para la cohesión: (KPa)

Si el índice de Liquidez es mayor a 0.5: $s_U = 0.18(IL)^{-1/2}$

Si el índice plástico es mayor a 5% $s_U = 0.45(IP)^{1/2}$

Para el ángulo de fricción interna: (°)

Se ha empleado la correlación expresada en una tabla de Joseph E Boules que acumula datos de Ladd et al 1977, Bjerrum and Simos 1960 Kanjay Wolle 1977 y Olsen et al 1986. En esta tabla se ha leído valores de f para diferentes valores de IP con los que se ha ploteado un gráfico de coordenadas x,y determinando la ecuación de correlación de segundo grado siguiente:

$$\phi = 0.0028IP^2 - 0.4246IP + 37.954$$

Para suelos friccionantes (arenas y gravas: SP, SW, GP, GW; SP-SM GP-GM) el estudio emplea directamente una tabla valores de f de acuerdo a la descripción del los materiales, para el presente estudio se coloca directamente los valores de esfuerzo admisible calculados por el proyecto.

Para los casos en que se ha encontrado roca el proyecto determina una capacidad portante de $5Kg/cm^2$

La información recopilada por la municipalidad presenta los ensayos de penetración dinámica de cono, conocido como PDC fue realizado con el equipo de las siguientes características:

<u>CARACTERÍSTICA</u>	<u>PDC</u>	<u>PDL</u>
Masa del martillo:	6.00 Kg.	18
Altura de Caída:	78 cm	80
Punta: Área de la sección recta:	1.98 cm ²	5.067
Ángulo:	60°	60°
Peso del varillaje:	1.5 Kg/ml	2.5
Módulo elástico del varillaje:	2.1 x 10 ⁶ Kg/cm ²	2.1 x 10 ⁶ Kg/cm ²
Energía específica del equipo:	23.66 Kg/cm/cm ³	7.94 Kg/cm/cm ³

Los valores del número de golpes correspondientes al penetrómetro utilizado han sido correlacionados por analogía matemática en ecuaciones de energía con el ensayo SPT (Standard Penetration Test), procedimiento considerado apropiado de acuerdo a la correlación

empírica propia de nuestro medio entre estos 2 equipos mencionados; estos valores se han reemplazado en la ecuación para capacidad de carga para 1" de asentamiento propia del método SPT.

$$q_a = (N'_{70})(1+0.3/B)^2(1+D/3B)/6 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Todos estos valores se han ploteado en los planos de la ciudad y zonas de expansión para determinar las zonas que se muestra.

4.7.9.- MAPA DE RESISTENCIA SPT.

La existencia de abundante información de ensayos de penetración dinámica ha permitido elaborar un mapa de valores de resistencia a la penetración dinámica dentro de la profundidad activa de cimentación considerada de 1 a 3m bajo el nivel del terreno natural. Para estandarizar los valores de penetración se ha convertido a N_{SPT} (numero de golpes en el ensayo de penetración estandar) todos los valores de diversos tipos de penetrómetros usando para ello ecuaciones de equivalencia de energía específica. Los valores asignados a cada punto han sido ploteados en el plano e interpolados automáticamente por el ordenador utilizando para ello sistemas de interpolación apropiados a la densidad y distribución de puntos así como al tipo de variable representativa. (ver plano P-09)

4.7.10.- MAPA DE PROFUNDIDAD DE RECHAZO

En las etapas preliminares del estudio también se observó que el espesor de suelos blandos podría ser de interés para el análisis del peligro geotécnico en la zona de estudio. Esta profundidad es claramente indicada en los ensayos de penetración dinámica, puesto que estos rechazan o no permiten la penetración cuando topan con una capa muy dura. Esta profundidad se ha consignado en todos los puntos ploteados en la ciudad y se ha procedido a realizar la interpolación automática con criterios similares a los empleados en el caso del título anterior. Se adjunta este mapa al presente informe como material complementario, puesto que como ya se dijo es el esfuerzo admisible el parámetro que ha servido para definir los sectores de peligro geotécnico.

4.7.11.- MAPA DE NIVEL FREÁTICO.

En cuanto a la evaluación del nivel freático se tienen dos tipos de información:

Una es la referencial que se tiene de sectores donde se ha reportado nivel freático alto y son conocidos por la población y en algunos casos son detectables por la presencia de vegetación característica.

Otra es la que se ha observado en calicatas y perforaciones de los estudios de suelos recopilados y realizado para el presente trabajo, en estos casos se tiene la medición de la profundidad del nivel freático. (ver plano P-10)

Como puede verse ambos tipos de información son valiosos pero no son compatibles para el análisis, por esta razón, la información de datos medidos complementada con la observación cualitativa y referencial de presencia de agua se ha consignado en el mapa de fenómenos climáticos pero el resultado de niveles observados o reportados con medidas directas ha sido motivo de la elaboración de un mapa específico que se presenta como complemento al presente informe, haciendo la aclaración que para el mapa de peligros se ha considerado el que aparece en el mapa de peligros climáticos.

4.8.- GEOFISICA

La prospección directa tiene innumerables ventajas en el trabajo geotécnico pero difícilmente alcanza grandes profundidades ni puede determinar las características de los suelos en secciones continuas del terreno, puesto que normalmente la prospección geotécnica por calicatas, perforaciones o ensayos de penetración brinda información acerca de un punto en el mapa.

Esta y otras razones han motivado la firma de un convenio para la elaboración de un completo estudio geofísico de la Ciudad del Cusco con el Instituto Geofísico de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, el mismo que fue desarrollado directamente por el equipo profesional que se indica:

Ing. Armando Minaya Lizárraga

Ing. Edgard Gonzáles Zenteno

Ing. Javier Ticona Paucara

Ing. José Campano Frisancho

Ing. Victor Aguilar Puruhuaya

Br. Luis Bustamante Valdivia

El informe final del citado estudio acompaña y es parte del presente estudio y el resumen y conclusiones generales se presentan a continuación.

4.8.1.- RESUMEN - ESTUDIO GEOFÍSICO

Se han ejecutado Estudios Geofísicos (Prospección Sísmica de Refracción, Sondaje Eléctrico Vertical y Georradar) para la formulación del Mapa de peligros de la ciudad del Cusco, comprendiendo las localidades de; San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Cusco Monumental, Santiago y zonas de expansión urbana: Saylla y Poroy.

En base a los Estudios Geofísicos se ha elaborado una columna estratigráfica determinándose 11 estructuras geológicas, con diferentes espesores, en algunos con gran presencia de humedad y con una notable presencia de sales.

La profundidad máxima de investigación alcanzada es de 380 metros, determinándose en general estratos sedimentarios con una depositación regular, siguiendo la forma de una cuenca o depresión, estas estructuras siguen una disposición horizontal, comprendiendo las localidades de San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq y Santiago.

Pese a la profundidad alcanzada (380 metros) no se ha logrado determinar el basamento, debido a la gran potencia de los estratos sedimentarios el cual puede encontrarse a una mayor profundidad.

En la localidad de Saylla, los primeros estratos determinados son diferentes a los demás en cuanto al contenido de agua, los que en su parte superior están saturados y en algunas partes aflora en la superficie (parte baja), de igual modo en la localidad de Poroy, sus estratos tienen otras características geológicas y algunas estructuras con presencia de humedad.

El Método de Georradar, ha proporcionado información continua de la geoforma de los estratos iniciales, así como de sus espesores y profundidad.

En el trabajo se presenta un cuadro con los valores de velocidades sísmicas determinadas en las diferentes localidades (Método de Refracción Sísmica), con sus características y la calidad de suelos, con la finalidad de que los datos presentados puedan ser utilizados al momento de elaborar el Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco.

4.8.2.- CONCLUSIONES GENERALES - ESTUDIO GEOFÍSICO.

Los estratos determinados en su mayoría corresponden a depósitos sedimentarios, originados por depósitos coluvio-aluvionales y aluviales.

Los capas superficiales determinadas presentan valores bajos de velocidades sísmicas y las capas subyacentes un relativo incremento de éstas, debido principalmente a la compacidad de los estratos.

Existen otros tipos de suelos que se encuentran en las laderas de los cerros, los que generalmente están formados por suelos erosionados de las partes altas.

Por el método eléctrico (SEV) se han determinado 11 estructuras (horizontes geoelectricos), con diferentes características y espesores.

La disposición de los estratos determinados sugiere que la ciudad del Cusco está asentado bajo una antigua depresión en un ambiente lagunar.

Los estratos superficiales determinados con el Método de Sondaje Electrico Vertical, muestran valores que indican presencia de humedad y existen horizontes con presencia de agua.

Existe un afloramiento considerable de agua al Este del Aeropuerto, así como también en la parte baja de Saylla, próxima a la línea férrea.

El Método de Sondaje Eléctrico Vertical alcanzó una profundidad de investigación de 300m, no llegando a determinar el basamento, lo que sugiere que éste estaría a mayor profundidad.

Mediante el Método de Georradar se ha determinado dos fracturas en la zona de Poroy (Anexo E, Sección de GPR-52).

La información de estos últimos mapas al ser plotada e interpolada mediante la computadora no han resultado en áreas definidas y coherentes con la experiencia que se tiene de la geotecnia del Cusco, debido a la poca cantidad de puntos con dicha información y concentración en el área urbana de Cusco y Wanchaq y muy baja densidad en las zonas perimétricas y especialmente en la zona de San Sebastián.

Se ha observado las secciones geofísicas de exploración por Refracción Sísmica, Resistividad Eléctrica y Georradar, realizados por los especialistas del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Estas secciones son coherentes con los tipos de suelos observados en los estudios geotécnicos que conforman la base de datos del presente proyecto, sin embargo no se puede complementar la información procedente de ambas fuentes pues la proveniente de estudios geofísicos es genérica (poco específica) y clasifica cada capa de acuerdo a su rigidez o porosidad y contiene en su descripción a varios tipos de suelos; sin embargo la profundidad que ausculta es mucho mayor, especialmente la obtenida de ensayos de Resistividad Eléctrica y la capa que ha sido observada para la zonificación geotécnica es muy delgada para la escala de este ensayo.

4.8.3.- MAPA DE PELIGRO DE AMPLIFICACIÓN SISMICA.

Cusco es una zona sísmica. La historia de registros sísmicos muestra que la ciudad del Cusco es afectada por sismos leves en una frecuencia de aproximada de 1 a 3 años y Sismos fuertes con una frecuencia hasta 30 años; existe alguna información de eventos sísmicos catastróficos cuya recurrencia anda en el orden de los 300 años.

Los sismos registrados son de dos tipos: unos de foco profundo posiblemente originados en el contacto tectónico de la Placa de Nazca y la Placa Continental Americana y otros de foco superficial originados en el sistema de fallas Tambomachay. Posiblemente son esto últimos los que producen mayores daños por sus características de fuerte aceleración y predominancia horizontal de desplazamientos.

Las ondas sísmicas que se originan en el interior de la corteza terrestre se propagan por los materiales rocosos que la conforman con características de amplitud y aceleración que se van modificando a medida que atraviesan diferentes materiales.

Cuando las ondas sísmicas llegan al material blando que cubre a la corteza terrestre que denominamos suelo, se produce una disminución en el parámetro de aceleración pero un incremento en la amplitud registrada de la onda sísmica que llega a la superficie. Este incremento en la amplitud se denomina amplificación sísmica y ha demostrado ser muy perjudicial para las edificaciones y obras civiles así como para la estabilidad de taludes.

La amplificación sísmica es mayor cuando la onda atraviesa gruesos espesores de suelos blandos o de baja rigidez. Es también conocido que son los últimos 30m de la estratigrafía los que originan la mayor parte de la amplificación sísmica.

Bajo este criterio se ha seleccionado el mapa de isovelocidades sísmicas de la segunda capa para determinar las zonas de material con menor velocidad de onda ($v < 630$ m/s) que sería la que corresponde a sectores de suelos de baja rigidez y estos han sido considerados como de peligro por este fenómeno en el mapa de peligros del Cusco. Este estudio es reciente y requiere de una contrastación con la distribución de daños en eventos sísmicos anteriores y futuros.

CAPITULO V.

SEGURIDAD FISISCA FRENTE A PELIGROS NATURALES.

5.1.- INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se está incrementando la ocurrencia de diversos procesos geodinámicos, de índole violenta y de acción permanente, que provocan efectos acumulativos y de daño progresivo en los diferentes sectores del valle del Cusco. Los peligros geodinámicos y de fenómenos climáticos no han sido aún tomados en cuenta en la reglamentación de ocupación y uso de suelos en la planificación urbana y los proyectos de desarrollo.

El criterio de localización de los asentamientos humanos con relación a los peligros antes mencionados, es fundamental para determinar sus condiciones de seguridad y de habitabilidad.

La reducción de los niveles de vulnerabilidad de la población y de su patrimonio en conjunto así como la optimización de inversiones; requiere tomar en cuenta el factor peligro natural en la planificación urbana.

5.1.1.- PROBLEMÁTICA

- La ocupación progresiva de zonas peligrosas por fenómenos geodinámicos, climáticos y geotécnicos hacen que el crecimiento espacial y funcional de la ciudad se venga dando en un marco de vulnerabilidad creciente.
- Los factores antrópicos modifican la calificación del peligro por deslizamientos y fenómenos climáticos.
- La población de la ciudad del Cusco, su patrimonio arqueológico, ecológico, las áreas urbanas, las áreas agrícolas, la infraestructura, servicios y actividades económicas se encuentran expuestos en diferentes grados de peligros.

- La tendencia de ocupación urbana en la ciudad del Cusco es predominantemente informal, y se produce haciendo caso omiso a la reglamentación existente y a la evidencia física de peligros naturales.
- La falta de zonas expansión urbana debidamente señalizadas y planificadas hace que la población crezca desordenadamente ocupando áreas peligrosas e invadiendo terrenos agrícolas.
- La limitación generalizada de número de pisos de construcción limita la densificación urbana favoreciendo la expansión horizontal de la ciudad hacia zonas de peligro y zonas agrícolas.

5.1.2.- TRATAMIENTO DE AREAS CRITICAS

Los fenómenos naturales generalmente ocurren en una escala en la que el ser humano difícilmente puede intervenir para modificarlos de modo que sus efectos sean menos desfavorables. Generalmente los resultados de la acción del hombre y la sociedad, por su actividad industrial y simple ocupación urbana, produce ligeras modificaciones al comportamiento natural del entorno físico que resulta en condiciones desfavorables que ponen en peligro sus obras y vidas.

En muchos casos las obras de prevención de desastres terminan produciendo mayores riesgos a la infraestructura o población que se desea proteger. Por esta razón se debe realizar estudios serios y profundos antes de ejecutar obras, y de hacerlo estas deben ser lo menos intrusivas posibles al equilibrio natural.

En el título de "Identificación de Peligros", subtítulo de "Análisis de Peligros Seleccionados" se hace una descripción de las particularidades que tiene las amenazas observadas para la zona del Cusco, estas han sido consideradas en la propuesta de obras de mitigación que se indica a continuación. (ver plano P-13)

5.1.3.- CUADRO DE TRATAMIENTO DE AREAS CRITICAS.

UBICACION	DESCRIPCION	ENTIDAD PROMOTORA
Quebrada Saphy	<p>La cuenca de Saphy-Chacán requiere un tratamiento urgente e integral</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encauzamiento y corrección del cauce del río, - Recuperación del sistema hidráulico incaico. - Sistemas de drenaje generalizado, superficial y subterráneo - En la margen izquierda, prohibición de urbanización y de habilitación de vías. - En la margen derecha, evitar el avance de urbanización hacia los bordes del barranco o crear franjas de seguridad forestadas, de unos 30 m. de ancho 	Municipalidad Provincial del Cusco
Deslizamientos en Saphi	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar la elaboración proyecto y de obras de estabilización y control en esta zona usando el factor de riesgo calculado en el presente proyecto. - Control inmediato de zonas críticas controlando desplazamientos mediante extensómetros e inclinómetros, erosión superficial por control topográfico referencias físicas y aguas subterráneas mediante piezómetros. - Ensanchamiento del cauce al cause actual recuperando el cauce original en el sector del campamento municipal. - Presencia de un área de disipación de energía en el sector donde se ubica el campamento Municipal. - Reubicar los peines de rieles clavadas, a una posición aguas arriba, en el cauce puesto que pueden atrapar materiales gruesos y bloquear la entrada a la canalización. - Evacuación de aguas máximas mediante obra de rebose de los ríos de Myuorcco y Chacán mediante una canalización por que iría por la parte norte de Saccsayhuamán hacia uno de los tributarios del río Cachimayo. - Drenes revestidos en la parte superior de los taludes (drenes de coronación) - Trabajos de descarga (corte masivo) en la parte superior y relleno en la parte inferior. - Protección de la erosión al pie de los taludes para los volúmenes de máximas avenidas mediante muros de enrocamiento y gaviones. - Revegetación con arbustos nativos y pastos naturales de los taludes y zonas adyacentes. - Captación de los manantiales existentes mediante drenes sub-horizontales. - Pilotes masivos al pie de los taludes más críticos. - Para la mitigación de desastres del centro histórico de la ciudad del Cusco puede ser necesario transformar un tramo del río en canal cerrado y enterrado en una longitud de 700m aguas arriba de la canalización existente (canalización de Saphi) para evitar la formación de un embalse. 	Municipalidad Provincial del Cusco
Sector: Picchu-Ayahuaycco	<ul style="list-style-type: none"> - Construir redes de drenaje en toda la cuenca. - Construir canales de disipación y derivación de crecidas con bocatomas situadas en la parte alta de la cuenca y orientadas hacia otras calles aparte de Avenida. - Evaluar situación del reservorio de agua potable situado en la zona. - La canalización construida para reducir las coladas exige un mejor mantenimiento, pues está obstruida parcialmente en varios tramos, lo cual reduce su eficiencia. - Recuperar o reimplantar la antigua cobertera vegetal. - Restringir la densificación de las urbanizaciones. - Controlar la edificación al borde de cortes de talud. - Tras evaluación, determinar la eventual reubicación de viviendas situadas al borde de barrancos. 	Municipalidad Provincial del Cusco
Sector: Quebrada de Sipasmayo-Sipaspuquio	<ul style="list-style-type: none"> - Control inmediato de zonas críticas mediante control topográfico de precisión, y aguas subterráneas mediante piezómetros. - Transformar un tramo del río en canal cerrado y enterrado para evitar la formación de un embalse. - Drenes revestidos en la parte superior de los taludes (drenes de coronación) - Captación de los manantiales existentes mediante drenes sub-horizontales. - Despeje de cauces, canalizaciones, terrazas, y franjas forestales. - Estabilización de deslizamientos críticos o zonas de derrumbe mediante obras de anclaje, reacomodo de masas, drenajes y muros. - Señalización y transformación de áreas críticas en terrenos de reserva forestal o agrícola. 	Municipalidad de Santiago

Sector: Ccorimacha huayniyoc	<ul style="list-style-type: none"> - Despeje de cauces, canalizaciones, terrazas, y franjas forestales. - Estabilización de deslizamientos críticos o zonas de derrumbe mediante obras de anclaje, reacomodo de masas, drenajes y muros. - Restringir la urbanización, definiendo franjas de seguridad al borde barrancas o de áreas de erosión. - Implementación de sistemas de drenaje y mantenimiento de cauces. 	Municipalidad de Santiago
Sector: Quebrada Saqramayo	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar el trazo del primer tramo de la carretera a Ccorca. - Construir un nuevo canal de captación de aguas pluviales que transite por el centro del relleno y cuente con un canal de emergencias que pase por la carretera a través de una alcantarilla. - Mejorar drenaje de la masa del relleno e instaurar un sistema de control de movimientos en el mismo. - Ampliar el cauce del riachuelo Saqramayo, aguas abajo del puente de Puquín. - Sistema de evacuación de excedentes en todo el eje de la Avenida del Ejército. - Los deslizamientos menores situados sobre ambas márgenes del riachuelo requieren tratamientos de estabilización individualizados, ya sea por descarga de cabeceras, rellenos restringidos, aterrazamiento, muros. - Prohibir la ocupación de los bordes de barrancos. - Declarar como peatonales las calles que bordean estos barrancos - Impedir urbanización en ambas márgenes del riachuelo.(Ley de aguas) 	Municipalidad de Santiago
Sector: Quebrada Huancaro	<ul style="list-style-type: none"> - Preservar las áreas agrícolas, forestales y de pastoreo, mejorando su manejo. - Implementación de sistemas de drenaje y mantenimiento de cauces. - Restringir y racionalizar la extracción de agregados del cauce del río Huancaro. - Conservación de suelos (no zanjas de infiltración ni terrazas de absorción) - Cuidado y enrocado de cauces (Prioritario) - Tratamiento del cauce para proteger el cementerio y no reactivar el deslizamiento - Consolidación de vías de acceso para tránsito pesado. - Construcción de alcantarillas o pasos adicionales al costado del puente de Huancaro, para permitir el paso de crecidas y de huaycos. - Mantener el carácter rural de la zona: área de protección o reserva ecológica. - Restringir la urbanización. - Incrementar las superficies forestales. - Prohibir y sancionar el arrojo de desmonte en el cauce del río. - Planificar la explotación de agregados. 	Municipalidad de Santiago
Deslizamientos en Huamancharpa	<ul style="list-style-type: none"> - Control continuo de desplazamientos en base hitos topográficos de precisión, instrumentación por sismógrafos, inclinómetros o extensómetros y control de aguas subterráneas mediante piezómetros. - Drenes revestidos en la parte superior de los taludes (de coronación) - Protección de la erosión al pie de los taludes propiciando del desarrollo de pastos naturales y arbustos nativos. - La construcción de un túnel que asegure el paso del agua del río cuando se produzca alguno de los deslizamientos. 	Municipalidad de Santiago
Sector: Quebrada Chocco	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de drenaje y mantenimiento de cauces. - Conservación de suelos (no zanjas de infiltración ni terrazas de absorción) - El deslizamiento de Ancco y otros en fase de aceleración requieren sistemas de vigilancia y de alerta para prevenir posibles represamientos. - Mantener el carácter rural de la zona: área de protección o reserva ecológica. 	Municipalidad de Santiago
Inundaciones en el río Huancaro - Huatanay.	<ul style="list-style-type: none"> - Ensanchamiento de la canalización del río Huatanay en los tramos que existente entre el terminal terrestre hasta angostura en base a caudales calculados para precipitaciones extraordinarias. - Establecer los anchos mínimos de canalización para los sectores inferiores del río, que estén acorde con el incremento de caudal que entregan los cauces tributarios en su recorrido. - Reservar las márgenes del río en áreas de recreación pasiva que incluya arborización. - Establecer una prohibición de echar desmonte a las riveras del río y establece mas bien escombreras municipales en zonas apropiadas. - Tomar en cuenta las recomendaciones indicadas para la elaboración del proyecto de colectores de desagüe paralelos al río que se viene impulsando. 	Municipalidades de Santiago y Cusco

Sector: Quebrada Cachimayo	<ul style="list-style-type: none"> - Canalización del riachuelo mediante enrocados - Badenes o empedrados al pie de los deslizamientos secundarios más activos - Terrazas para descargar cabeceras de masas deslizantes - Drenaje superficial y subterráneo, con acondicionamiento de exutorios mediante el aprovechamiento de cauces naturales. - Reconstrucción del canal de riego mediante el uso de tuberías flexibles - Construcción y señalización de caminos para las personas y el ganado - La preservación de este sector como área intangible es imprescindible, por su carácter arqueológico, riqueza ecológica y por fragilidad geodinámica. Cualquier ocupación humana sería de alto riesgo. Convertirlo en una reserva ecológica. 	Municipalidad del Cusco y San Sebastián
Sector San Sebastián Norte	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas especiales en la red de distribución de agua potable y colectores de aguas negras, con materiales y juntas tolerantes a los desplazamientos. - Diseño de un sistema de drenaje de aguas pluviales. - Protección de la erosión al pie de los taludes sembrando árboles y evitando los cortes para edificaciones o campos deportivos. - Plantación de arbustos nativos y pastos naturales de taludes y zonas aledañas. - Pantallas ancladas en los casos más críticos. - Inyecciones de estabilización en los casos de arenas sueltas. - Reconstruir taludes mediante terrazas y muros de contención. - Encauzar los riachuelos temporales que recorren las cárcavas. - Consolidar los conos coluviales y las zonas donde se ha acumulado desmonte, mediante plantaciones de pastos densos y muros de contención al pie. - Evacuar las construcciones existentes e impedir otras nuevas en las franjas paralelas a las barrancas, hasta una distancia de por lo menos diez metros. - Frenar y restringir la urbanización en general. - Prohibir la extracción de arena. 	Municipalidad de San Sebastián
Botadero San Antonio	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de impacto ambiental. - Cercar esta área y prohibir su uso para la ubicación de asentamientos humanos o recreación en sectores contaminados. - Elaborar un proyecto de cierre definitivo y uso apropiado a futuro. 	Municipalidad de San Sebastián
Surihuaylla	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio geotécnico - Control continuo de desplazamientos en base hitos topográficos de precisión, instrumentación por sismógrafos, inclinómetros o extensómetros y control de aguas subterráneas mediante piezómetros. - Drenes sub-horizontales para reducir la presión de poros en la superficie de falla. - Limpieza del cauce del riachuelo que circula por el centro del deslizamiento. - Evitar la ubicación de asentamientos humanos en la zona de descarga de este deslizamiento mediante ordenanzas municipales y difusión del peligro que amenaza esta zona. 	Municipalidad de San Sebastián
Sector San Jeronimo Norte Deslizamiento Picol	<p>El deslizamiento de Picol, visible desde toda la ciudad del Cusco, es de gran importancia y requiere con urgencia de un estudio técnico completo para poder estimar el peligro que representa y las medidas de mitigación que podrían ser efectivas. Este estudio deberá tener el alcance que amerita su magnitud y la complejidad del fenómeno que lo alimenta puesto que está influenciado por la Falla Tambomachay y Falla Picol que son consideradas como fallas activas (sismotectónicas).</p>	Municipalidad de San Jeronimo
Deslizamiento de Huaccoto	<ul style="list-style-type: none"> - Control continuo de desplazamientos en base hitos topográficos de precisión, instrumentación por sismógrafos, inclinómetros o extensómetros y control de aguas subterráneas mediante piezómetros. - Drenes revestidos en la parte superior de los taludes (de coronación) - Protección de la erosión al pie de los taludes propiciando del desarrollo de pastos naturales y arbustos nativos. 	
Sector Saylla Hatunhuayco	<ul style="list-style-type: none"> - Encauzamiento y corrección del cauce - Sistemas de drenaje generalizado, superficial y subterráneo - Construcción de terrazas para descargar cabeceras de masas deslizantes - Prohibición de nuevas urbanizaciones en la parte intermedia y baja del cauce. 	Municipalidad de Saylla

5.2.- SECTORES SEGUN EL AREA DE PELIGROS

Tal como se indica en el Capítulo I del presente informe la información básica de topografía, geología y geotecnia ha sido plasmada en los planos de la ciudad a manera de mapas temáticos de carácter general e informativo, luego se ha identificado sistemáticamente los peligros específicos produciendo los mapas de peligros específicos entre los que se ha priorizado los de fenómenos climáticos, geodinámicos, peligro geológico estructural, de asentamiento en suelos y de amplificación sísmica para finalmente combinar las áreas de mayor peligro específico en un solo plano de envolventes que, pese a ser de trabajo se ha presenta en este informe, pues ha servido de base para elaborar el mapa de peligros final. con el aporte de experiencia y conocimiento del medio.

En el mapa de peligros final se ha considerado los grados de peligro consignados en el Libro “ Reduccion de Desastres” capitulo ciudades Sostenibles tabla 2.1 del Dr Julio Kuroiwa en el que se consideran 4 niveles de peligro con colores distintos y que se definen en el cuadro que se adjunta en la página siguiente.

Estos sectores de peligro, aun teniendo el mismo color, pueden provenir de diferentes fuentes siempre que les corresponda similar probabilidad de ocurrencia y nivel de daños estimado como se indica en el presente informe. (ver plano P-13)

5.3.- SECTORES SEGUN EL GRADO DE PELIGRO			
Grado de Peligro	características	Ejemplos	Restricciones y recomendaciones de uso
PELIGRO MUY ALTO	<p>a) Las fuerzas naturales o sus efectos son tan grandes que las construcciones efectuadas por el hombre no las pueden resistir.</p> <p>b) De ocurrir el fenómeno las pérdidas llegan al 100%</p> <p>c) El costo de reducir los daños es tan alto que la relación costo – beneficio hace impracticable su uso para fines urbanos</p>	<p>a) Sectores amenazados por alud, avalanchas y flujos repentinos de piedras y lodo (Huayco)</p> <p>- Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebradas que nacen de la cumbre de volcanes activos y zonas de deposición afectables por flujos de lodo.</p> <p>b) Sectores amenazados por deslizamientos. Zonas amenazadas por inundaciones con gran fuerza hidrodinámica, velocidad y poder erosivo.</p> <p>c) Sectores contiguos a los vértices de bahías en forma de V o U amenazados por Tsunamis.</p> <p>- Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones</p>	<p>Prohibido su uso con fines urbanos.</p> <p>Se recomienda utilizarlos como reservas ecológicas , recreación abierta , o para el cultivo de plantas de ciclo corto</p>
PELIGRO ALTO	<p>a) La amenaza natural es alta pero se pueden tomar medidas efectivas de reducción de daños a costos aceptables , utilizando técnicas y materiales adecuados</p>	<p>a) Franjas contiguas a los sectores altamente peligrosos, la amenaza se reduce notoriamente, pero el peligro todavía es alto.</p> <p>b) Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas</p> <p>c) Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días</p> <p>- Ocurrencia parcial de licuación y suelos expansivos</p>	<p>Se permite su uso urbano después de estudios detallados por especialistas con experiencia, para calificar el grado de peligro y fijar los límites con el sector anterior. Recomendable para usos urbanos de baja densidad</p>
PELIGRO MEDIO	<p>d) Amenaza natural moderada</p>	<p>a) Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas.</p> <p>- Inundaciones muy esporádicas con bajo tirante y velocidad</p>	<p>Adecuado para usos urbanos .Investigaciones geotécnicas normales</p>
PELIGRO BAJO	<p>a) Suelos donde se producirá baja amplificación de ondas sísmicas.</p> <p>b) Donde es muy remota la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales intensos o falla gradual del suelo</p>	<p>a) Terrenos planos o con poca pendiente, roca o suelo compacto y seco, con alta capacidad portante.</p> <p>b) Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por actividad volcánica o Tsunamis</p>	<p>Ideal para usos urbanos y la ubicación de edificios indispensables como hospitales , centros educativos , cuarteles de policía , bomberos etc.</p>

Fuente: Libro “ Reduccion de Desastres” capitulo ciudades Sostenibles tabla 2.1 Autor: Dr Julio Kuroiwa

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.- CONCLUSIONES

1. La ciudad del Cusco ocupa parcialmente los distritos de Cusco, Santiago, Wanchac, San Sebastián, San Jerónimo, Poroy y Saylla; se emplaza en el valle del Huatanay que tiene una dirección NW-SE
2. El Cusco , geomorfológicamente presenta depresiones, zonas de Montañas, mesetas y flancos se asienta sobre depósitos de suelos de origen lacustre (Formación San Sebastián) y depósitos cuaternarios recientes, que tienen como basamento rocoso depósitos de origen sedimentario (Grupo Yuncaypata) seguidos por depósitos de origen continental (Grupo San Jerónimo), presenta estructuras de pliegue, disyuntivas y menores siendo la falla de Tambomachay la más grande que atraviesa la cuenca y es a ella a la cual se debe la mayoría de los sismos Locales.
3. La ciudad del Cusco está asentada en un valle donde confluyen numerosas cuencas hidrográficas, por lo que la amenaza principal a su seguridad son las inundaciones y los deslizamientos de tierra así como su efecto combinado en la forma de flujo de lodo producto del embalse y subsecuente desembalse violento.
4. Cusco es una zona sísmica, el peligro de daños por causa de sismos es mayor en zonas de gruesos depósitos de suelos blandos donde se produce amplificación sísmica sin embargo no se ha podido verificar esta condición con los daños registrados en los sismos ocurridos hasta la fecha.
5. Las viviendas de adobe son los tipos de edificación mas vulnerable de la ciudad y en mayor grado las que se encuentran en zonas húmedas, de ladera o fuerte pendiente.
6. La zona de mayor peligro es la quebrada del río Saphi, donde los numerosos deslizamientos estudiados entre el inicio de la canalización hasta la confluencia de los ríos Muyorco y Chacán, podrían embalsar las aguas en un dique de hasta 21m de alto y su desembalse violento afectaría gravemente una franja de 50m de ancho a lo largo de la calle Saphi, Plaza de Armas, Av. El Sol y en menor grado la Alameda Pachacutec.

7. El cauce de los principales ríos (Huatanay, Saphy, Sipaspuquio, Tullumayo, Huancaro) han sido canalizados y angostados con reducción de su cauce original haciéndolos zonas de alto peligro las inundaciones en el Cusco en los últimos 50 años se han producido Saphy, Ayahuayco, Choquechaca y río Huatanay desde sus nacientes hasta el Distrito de San Jerónimo.
8. Son sectores de alto peligro por deslizamientos aparte de la quebrada de Saphi ya mencionada, los sectores de Huancaro, Chocco, Arahuy, Sipaspuquio, Sacramayo, Corimachacchuaynioc, Cachimayo, Picol, Huaccoto y Hatunhuayco; siendo importante el estudio del deslizamiento Picol y Arahuy, sobre los que se carece de información.
9. El patrimonio arqueológico e histórico de origen Incaico, Colonial y republicano en peligro de acuerdo a lo mencionado en este informe es: Muros incaicos en la calle Saphi, El local del Recotrado de la UNSAAC de la calle tigre, Iglesia de Santa Teresa, Portales Sur de la Plaza de armas, Paraninfo Universitario, Compañía de Jesús, Palacio de Justicia, Museo de Sitio y explanada de Santo Domingo, muros incaicos en Choquechaca.
10. Sectores importantes de la ciudad que están en peligro son: Calle Saphi, Plaza de Armas, Av. Sol, Alameda Pachacutec, Terminal Terrestre, Centro Comercial El Molino, Av. Tullumayo, Av. del Ejercito.
11. Cusco cuenta con pocas áreas para la expansión urbana que no sean zonas de uso restringido por ser Zona Arqueológica, Reserva Agrícola o Forestal o Zona de Peligro, por lo que es recomendable propiciar la densificación urbana mediante edificaciones con mayor número de pisos.

6.2.- RECOMENDACIONES

1. Mantener un programa de difusión constante acerca de los peligros que afectan a la ciudad a nivel de la población en general y en especial de los técnicos del medio poniendo a su alcance la información que se presenta en este estudio. La exhibición permanente del Mapa de Peligros y un CD en venta a precios económicos puede ser una buena alternativa.
2. Realizar Estudios Hidrológicos y de Zonificación Sísmica e Hidrogeológicos de las cuencas del Cusco.

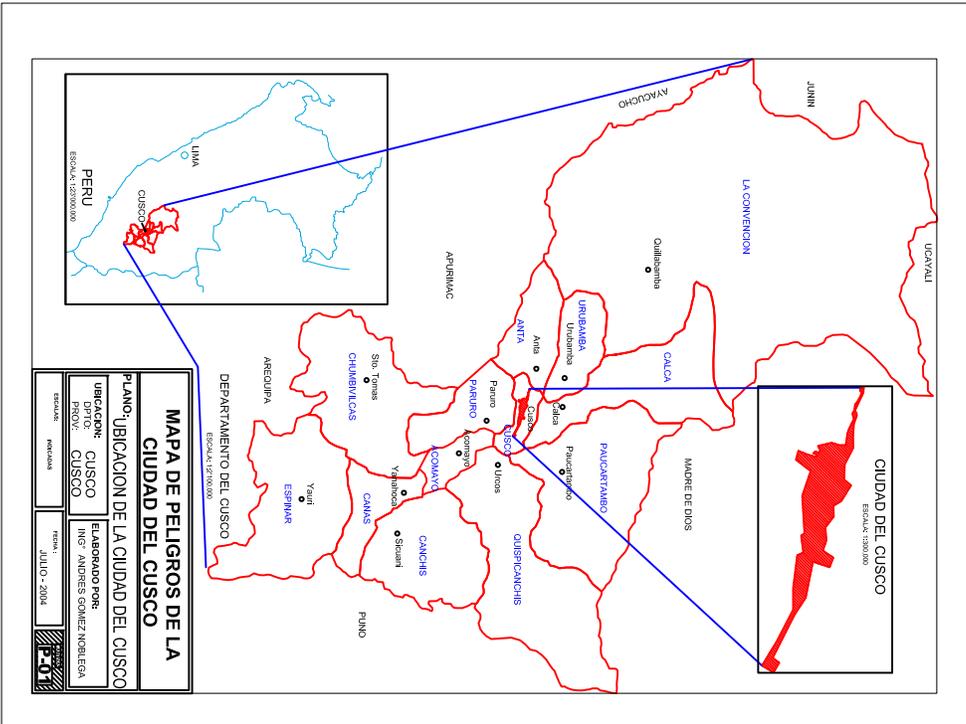
3. Iniciar un programa de control permanente (monitoreo) de los principales deslizamientos que amenazan la ciudad, con grados de complejidad e inversión que estén acorde a su magnitud; los principales son los deslizamientos de Saphi, Huamancharpa, Picol, Hatunhuayco y Picchu considerando la posibilidad de instalar sistemas de alerta en algunos casos a fin de mitigar los efectos de posibles desastres naturales desastres.
4. Elaborar con urgencia proyectos de Mitigación de Desastres para los sectores de de mayor peligro, caso Saphi y Huamancharpa y con menor premura para los otros sectores mencionados en el Capítulo V del presente estudio.
5. En base al mapa de peligros que se presenta se debe designar posibles áreas de expansión urbana y construir vías de acceso en esas direcciones para promover su ocupación.
6. Realizar estudios, elaborar un proyecto para una verdadera vía de evitamiento para la ciudad, que partiendo del sector de Saylla entregue a la carretera Cusco-Nazca en el sector de Poroy, aparentemente la mejor alternativa es por detrás del cerro Huanacaure.
12. Reglamentar la construcción de modo que se permita mayor número de pisos en sectores alejados de la zona monumental, podrían establecerse un contorno con un máximo de 5 pisos y otro más alejado con un máximo de 10 pisos y el resto del área para número ilimitado de pisos, con el único requisito de cumplir con todo lo establecido en el Reglamento Nacional de Construcciones.
7. Efectuar estudios hidrogeológicos en las inmediaciones de las fallas cuaternarias de tambomachay, Tankarpata

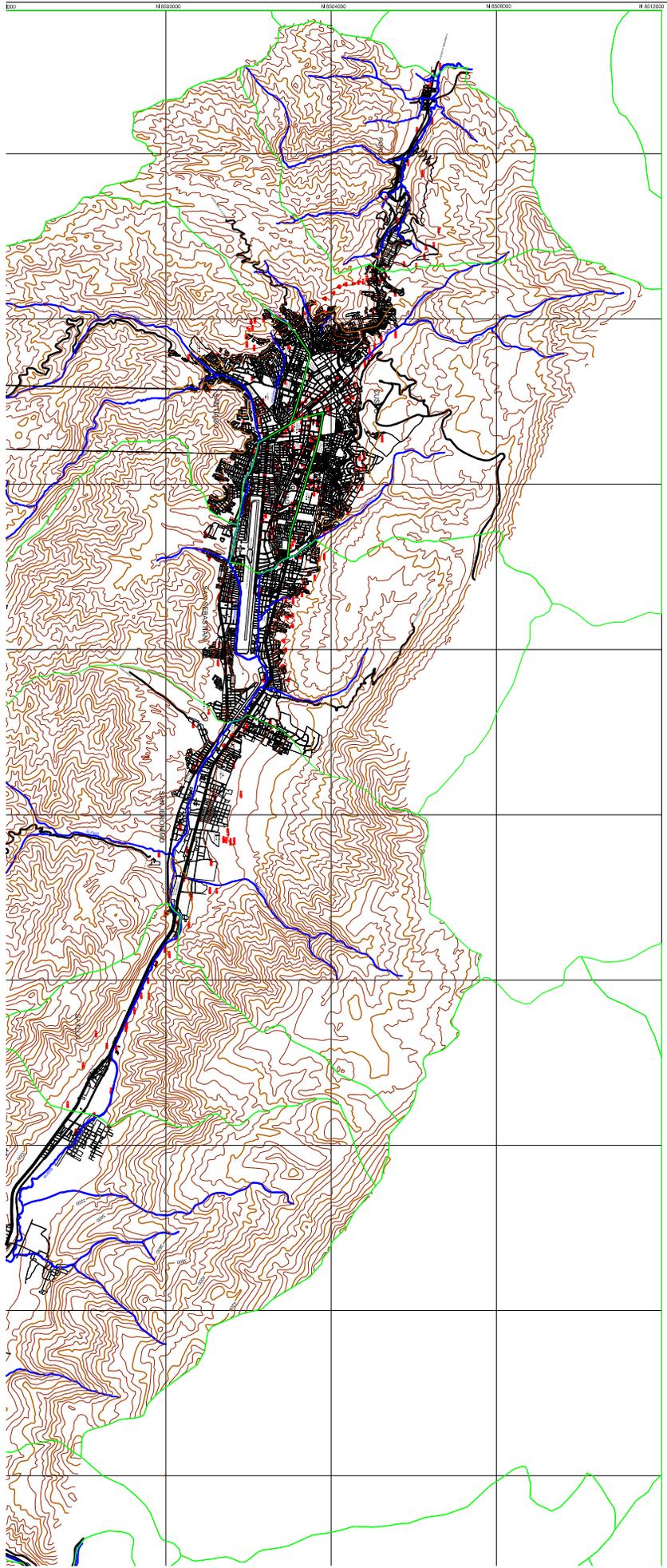
BIBLIOGRAFIA

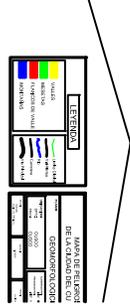
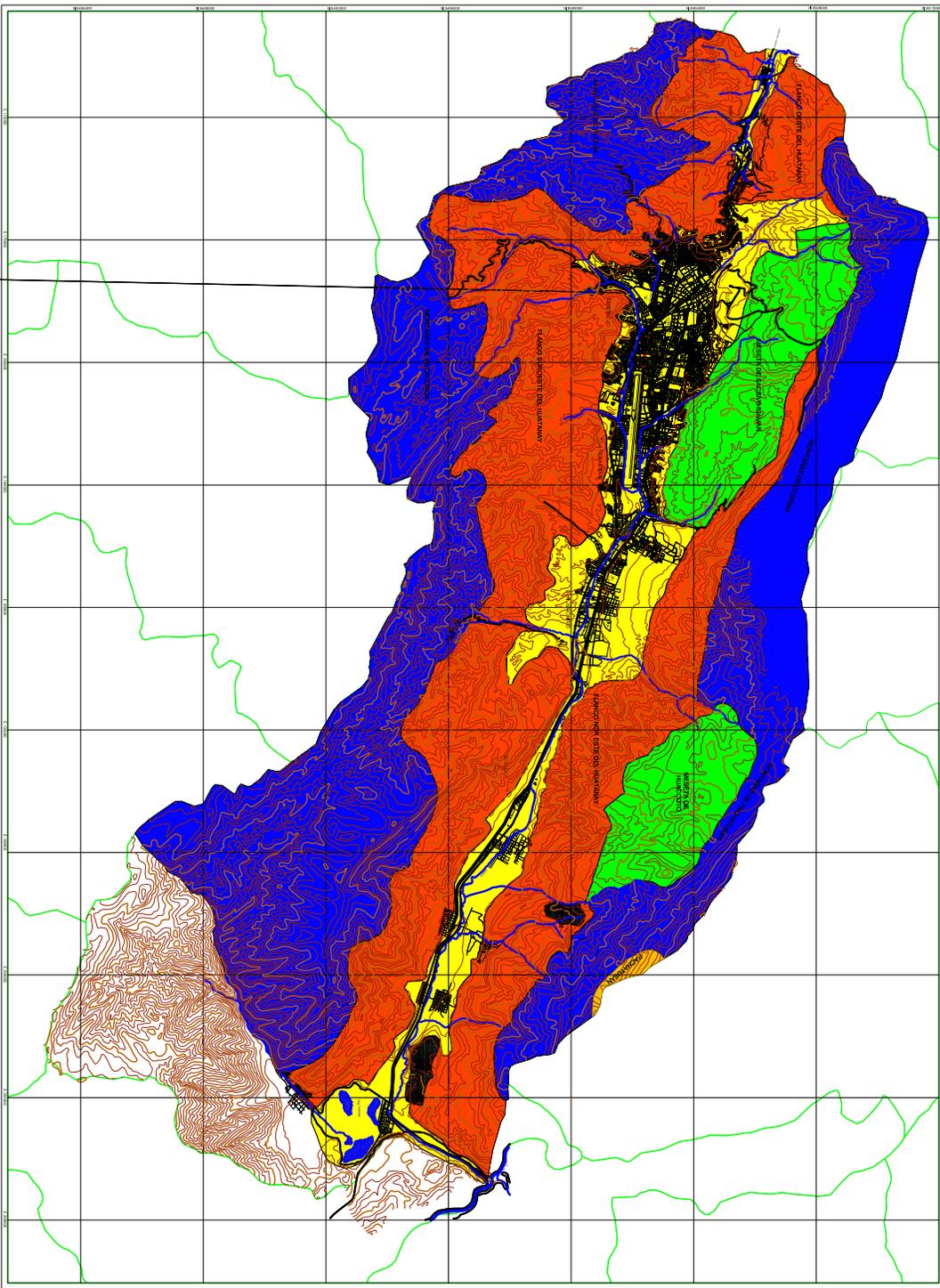
1. "Reducción de desastres viviendo en armonía con la naturaleza", Kuroiwa Julio, Lima Perú, 2002
2. "Estudio Geofísico de la Ciudad del Cusco y Zonas de Expansión Urbana para la Elaboración de Mapas de Peligro" Universidad Nacional San Agustín de Arequipa: Ings. Armando Minaya L/ Edgar Gonzales C./ Javier Ticona P. - 2003
3. "Fenómenos Geodinámicos", Medina Juvenal 1991
4. "Plano de zonificación de uso de suelos del plan director del Cusco", Municipalidad del Cusco.
5. "Esquema de Acondicionamiento Territorial". Municipalidad Provincial del Cusco.
6. "Diccionario Geológico" Lima – PERU, Dávila B Jorge 1993
7. "Geología aplicada ala Ingeniería Civil", Mariano Ruiz Vásquez y Silvia Gonzáles Huesca
8. "Geología de los Cuadrángulos de Cuzco y Livitaca" Salvador Mendivil y David Dávila, Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú - 1994
9. "Geología del Cusco" Dr. Elmer Córdova M. 1986.
10. "Informes Geológicos y Geodinámicos de la Ciudad del Cusco" R. Benavente V. 1982-2003.
11. "Estudio de Evacuación Pluvial de la Ciudad del Cusco." Camino Zapata A. - Velásquez Guevara J. - 1999
12. "Riesgo Sísmico en la Zona del Altiplano" Artículo, Julio Vargas Newman, Lucía Casaverde Méndez.
13. "Foundation Análisis And Design", Joseph E Bowles, Ed. McGraw Hill. 4ta Edición.
14. "Microtrepitaciones en las ciudades de Cusco y Tacna". J. Meneses, J.C. Tokeshi, J. E. Alva. 1990.
15. "Estudio de Suelos Para Cimentación y Comportamiento Dinámico del Suelo, Para el Hospital Regional del Seguro Social del Perú - Cusco". Arnaldo Carrillo Gil & Asociados.
16. "Estudio de las Cuencas Hidrográficas para la defensa del patrimonio Monumental del Cusco - Esquema de Protección de la Cuenca del Río Huancaro". CORDECUSCO Oficina de Ingeniería y Servicios Técnicos S. A. Dr. Nestor Tevez/ Ing. Ruperto Benavente.

17. "Observaciones Neotectónicas del Sismo del Cusco del 05 de Abril de 1986". David Huamán R. 1986.
18. "Estudios Definitivos del Plan de Expansión de Mínimo Costo de los sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Cusco". Consultora Figueiredo Ferraz, 1999
19. "Características Geotécnicas de los Suelos de la Ciudad del Cusco". Juan Menéndez G. 1987.
20. "Estudios Geotécnicos para proyectos en la Ciudad del Cusco". Carlos Fernández Baca Vidal 1990-2002.
21. "Vulnerabilidad Geotécnica e Hidráulica del Sistema Vilcanota" Tesis de Grado: Alexis Chain R. y Javier Gómez L.
22. "Investigación de Actividad Sísmica en la Región Inca" por Cuenca S. J. del Instituto de Investigación Universidad Región de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (IIUR-UNSAAC) 1991
23. "Mapa de aceleraciones máximas normalizadas" publicado por la Pontífica Universidad Católica del Perú.
24. "Mapa de intensidades máximas MM del sismo esperado para la zona del Cusco" por el Centro Regional de Sismología Para América Latina del Sur CERESIS 1999
25. "Geología y Geotecnia del Deslizamiento del Cerro Ancoc". Informe Comité Científico de Prevención y Mitigación de Desastres COCIPREDE - UNSAAC. Carloto V. / Fernández Baca C. 2003.
26. "Diseño de Obras de Estabilización de Taludes de los Asentamientos Humanos de Torrechayod y Huaynapicchu". Carlos Cauma Q. año: 2000
27. "Análisis de Estabilidad y Tratamiento de Deslizamientos en la Zona de Puquin Quillke". Rose Marie L. Calderón B y Eddy Sucno T.
28. "Proyecto de Estudio de Desastres Ligados a Terrenos Inestables - Cusco y los Peligros Geodinámicos". Carreño R, Kalafatovich S. 1997-1998.

ANEXOS DE PLANOS

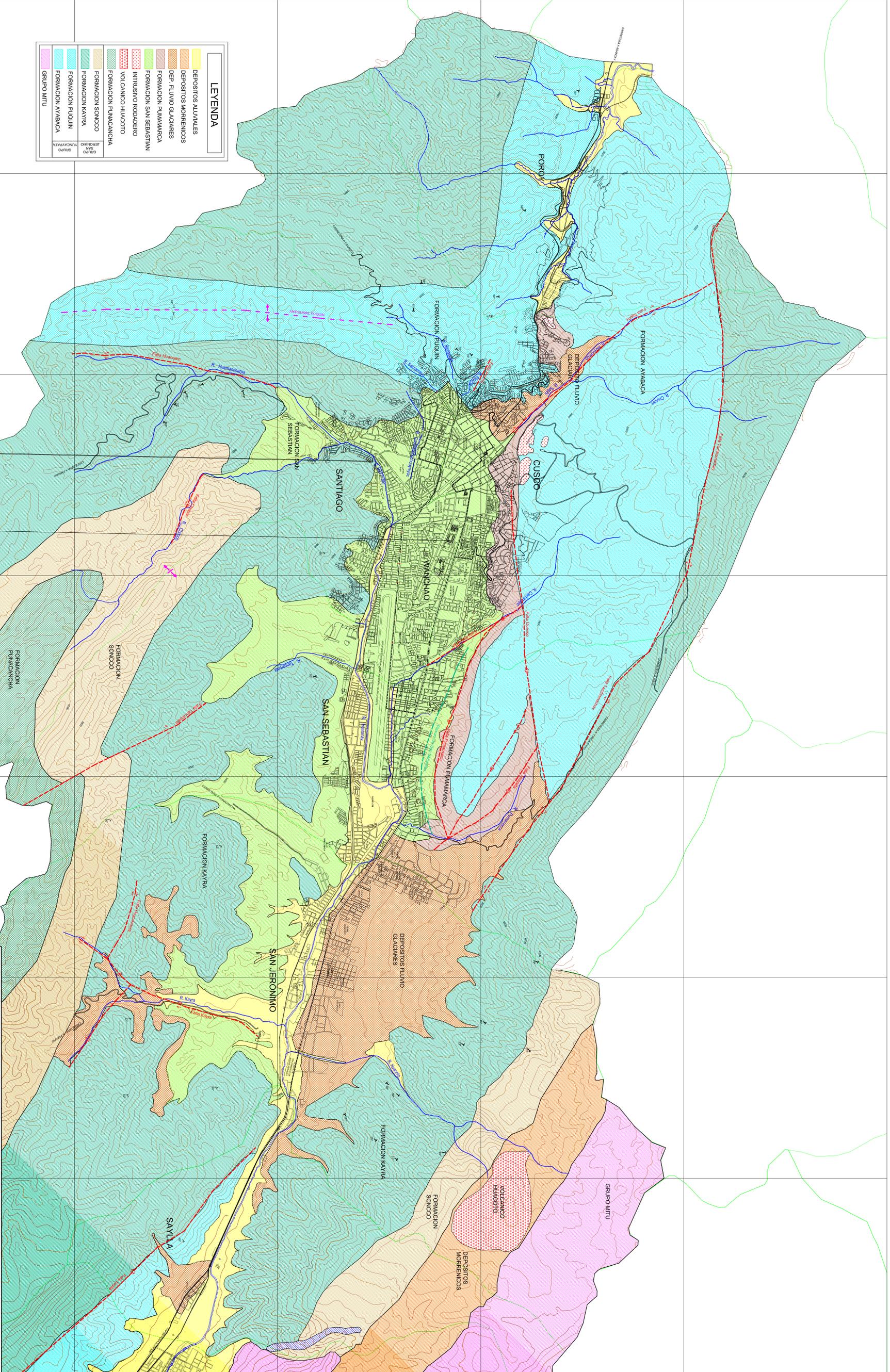






LEYENDA

	DEPOSITOS ALUVIALES
	DEPOSITOS MORENICOS
	DEP. FLUJO GLACIARES
	FORMACION PUMAMARCA
	FORMACION SAN SEBASTIAN
	INTRUSIVO RODADERO
	VOLCANICO HUACOTO
	FORMACION PUNACANCHA
	FORMACION SONCCO
	FORMACION KAYRA
	FORMACION PUQUIN
	FORMACION AYABACA
	GRUPO MITU

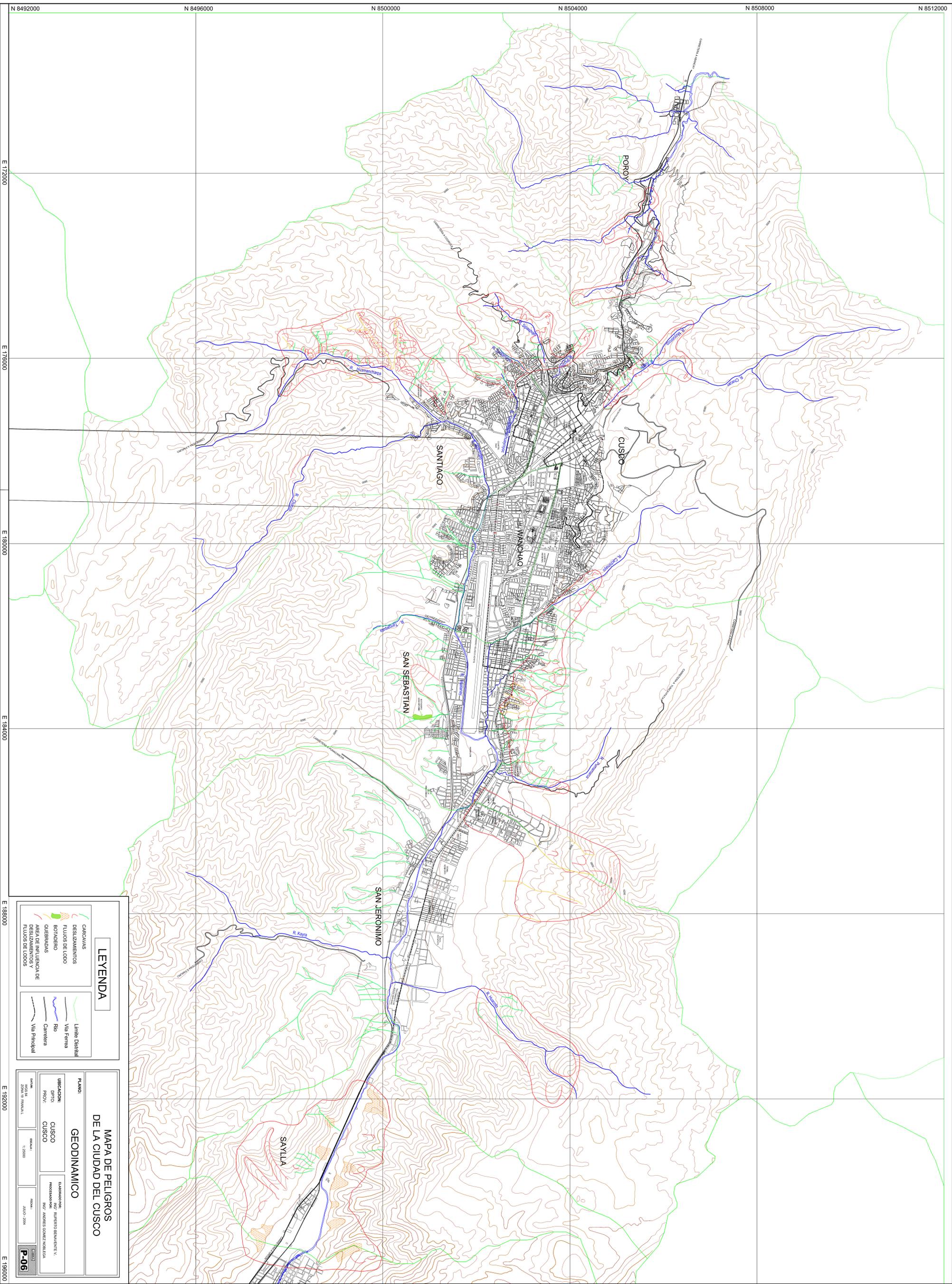


SIMBOLOGIA

	FALLAS		Límite Distrital
	RUMBO Y BIZUMAMIENTO		Via Ferrea
	EJE DE PUEBLO ANTICLINAL		Rio
	FLEXURA		Carretera
			Via Principal

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO GEOLOGIA LOCAL

PLANO:	GEOLOGIA LOCAL	
UBICACION:	CUSCO	Elaborado por: ING. ROBERTO BENVENITE V.
PROV.:	CUSCO	Modificado por: ING. ANDRES GOMEZ NOBLEGA
ESCALA:	1:25000	FECHA:
FECHA:	JULIO-2004	



LEYENDA

- CARCAVAS
- DESLIZAMIENTOS
- FLUJOS DE LODO
- BOTADERO
- QUEBRADAS
- AREA DE INFLUENCIA DE DESLIZAMIENTOS Y FLUJOS DE LODOS
- Limite Distrital
- Via Ferrea
- Rio
- Carretera
- Via Principal

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

PLANO: GEODINAMICO

UBICACION: CUSCO
 DPTO.: CUSCO
 PROV.: CUSCO

Elaborado por: ING. ROBERTO BEVAMANTE V.
 Modificado por: ING. ANDRES GOMEZ ANDRADA

FECHA: JULIO-2004

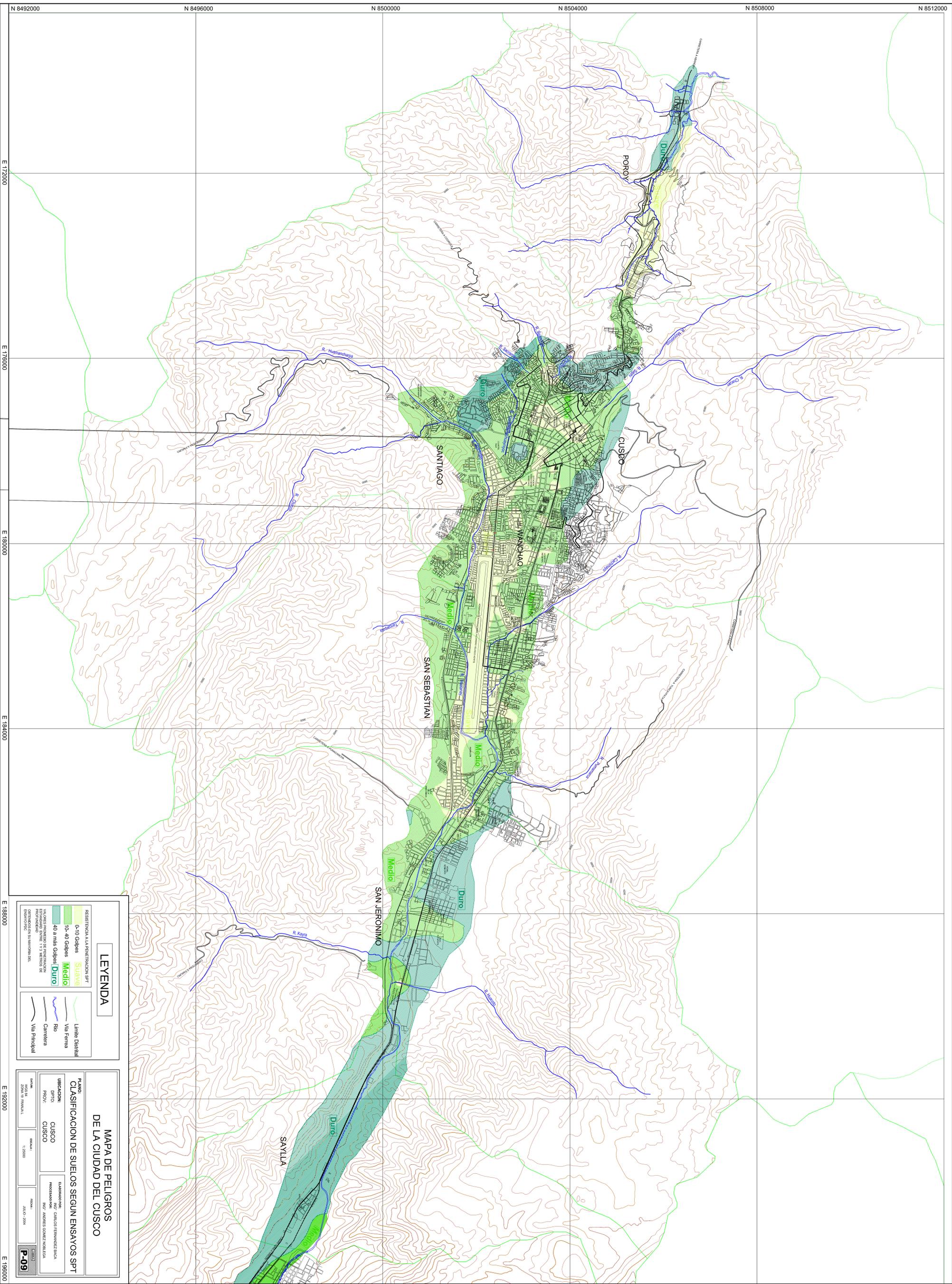
ESCALA: 1:25000

ZONA SI: FRONTAL



N 8492000 N 8496000 N 8500000 N 8504000 N 8508000 N 8512000

E 172000 E 176000 E 180000 E 184000 E 188000 E 192000



LEYENDA

RESISTENCIA A LA PENETRACION SPT	0-10 Golpes	Suave
	10-40 Golpes	Medio
	40 a más Golpes	Duro

VALORES PROMEDIO DE PENETRACION PROFUNDA EN TUBOS DE 30 CM DE DIAMETRO EN SUAMAYBATEL

<p>Limites Distrital</p> <p>Via Ferrea</p> <p>Rio</p> <p>Carretera</p> <p>Via Principal</p>	<p>Elaborado por: ING. CARLOS FERNANDEZ BACA</p> <p>Modificado por: ING. ANDRES GOMEZ ANDRADA</p> <p>FECHA: JULIO 2004</p>
---	--

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

Plan: CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN ENSAYOS SPT

UBICACION: CUSCO

PROV.: CUSCO

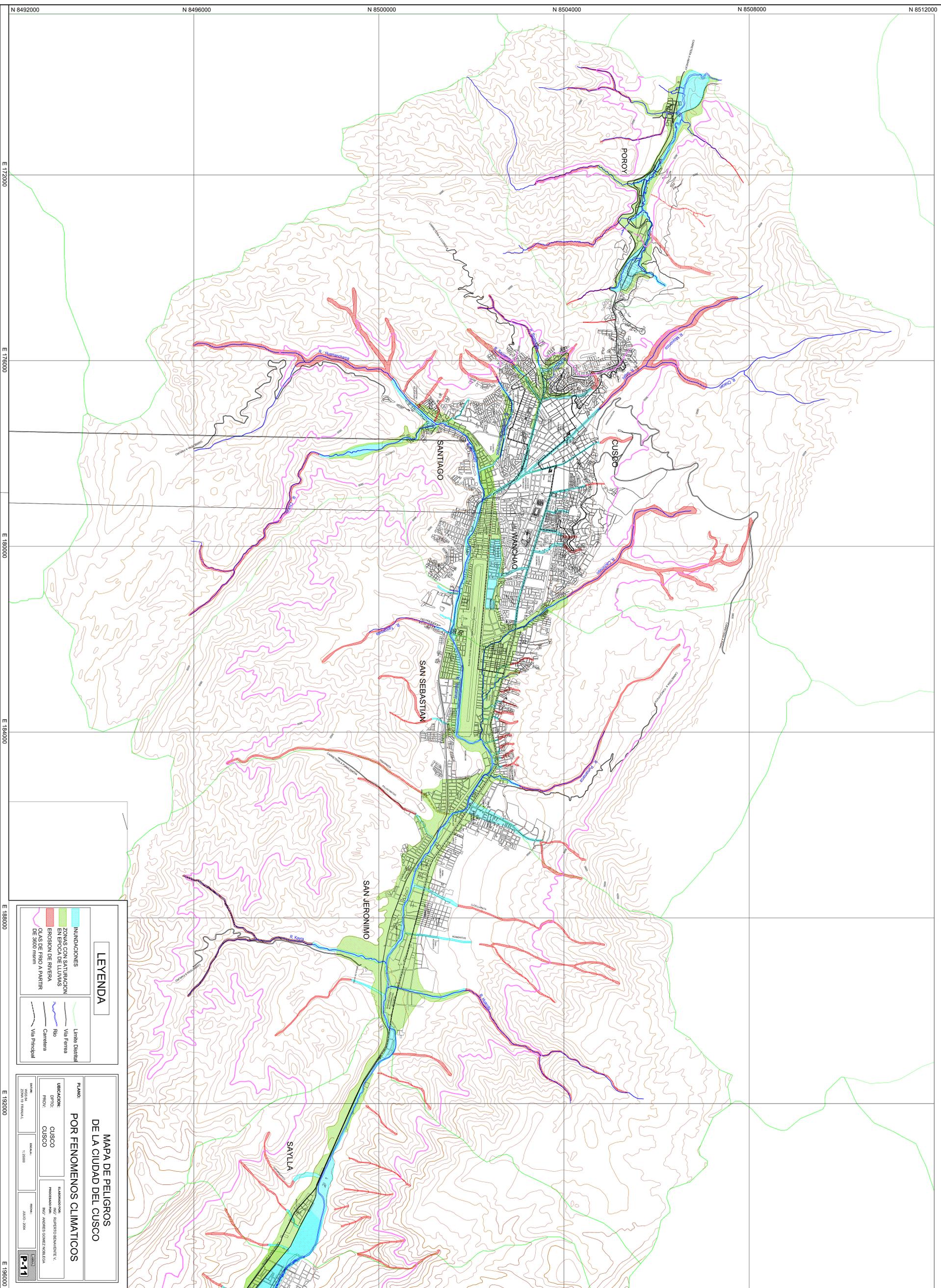
ESCALA: 1:25000

FECHA: JULIO 2004



N 8492000 N 8496000 N 8500000 N 8504000 N 8508000 N 8512000

E 172000 E 176000 E 180000 E 184000 E 188000 E 192000



LEYENDA

- INUNDACIONES
- ZONAS DE SATURACION EN EPOCA DE LLUVIAS
- EROSION DE RIVERA
- CLAS DE RIO A PARTIR DE 500 (metros)
- Límite Distrital
- Via Ferrea
- Río
- Carretera
- Via Principal

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

PLAN: POR FENOMENOS CLIMATICOS

UBICACION: CUSCO

PROV.: CUSCO

ELABORACION: ING. ROBERTO BENAVENTE V.

PROY.: ING. ANDRÉS SÁENZ HONDELA

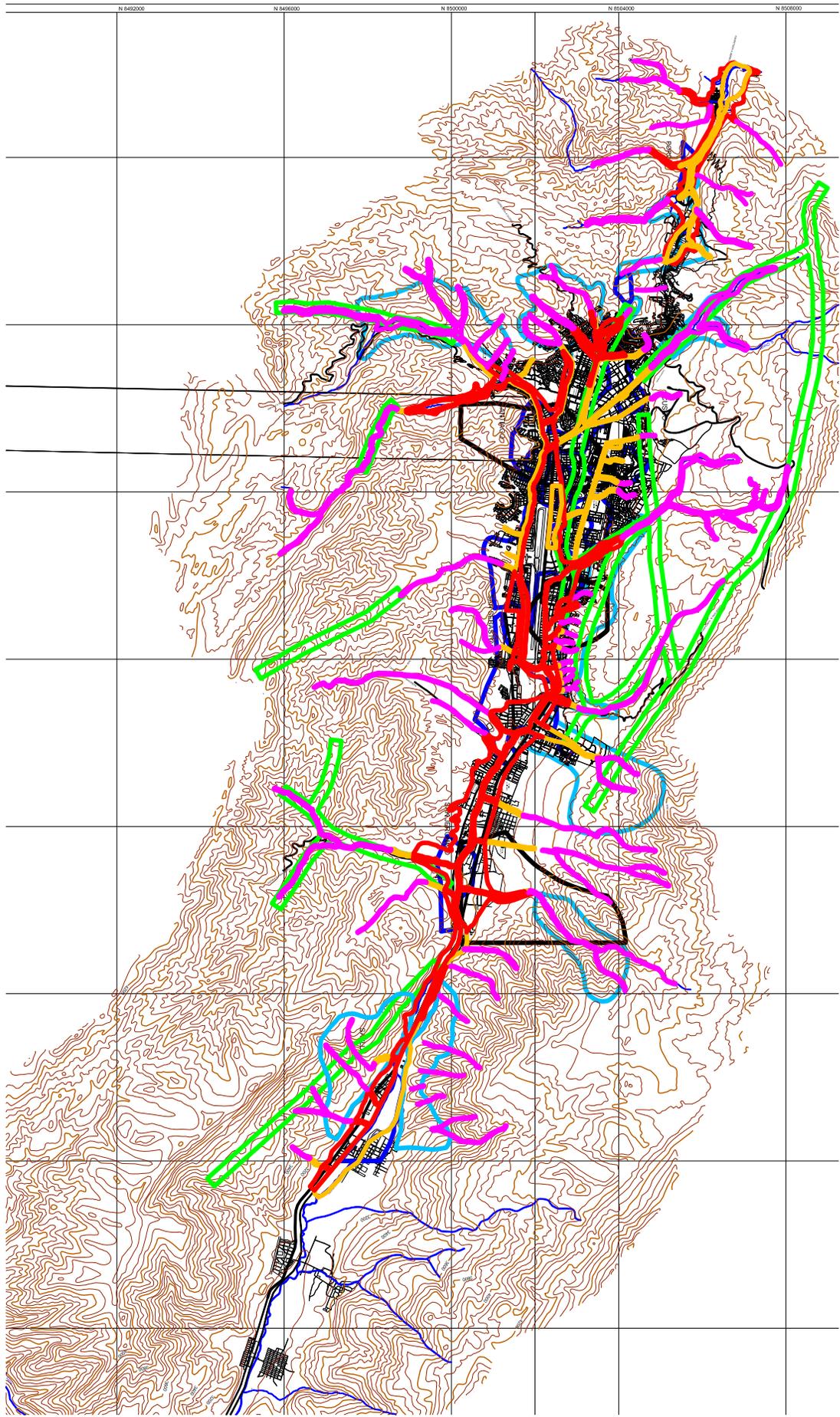
ESCALA: 1:25000

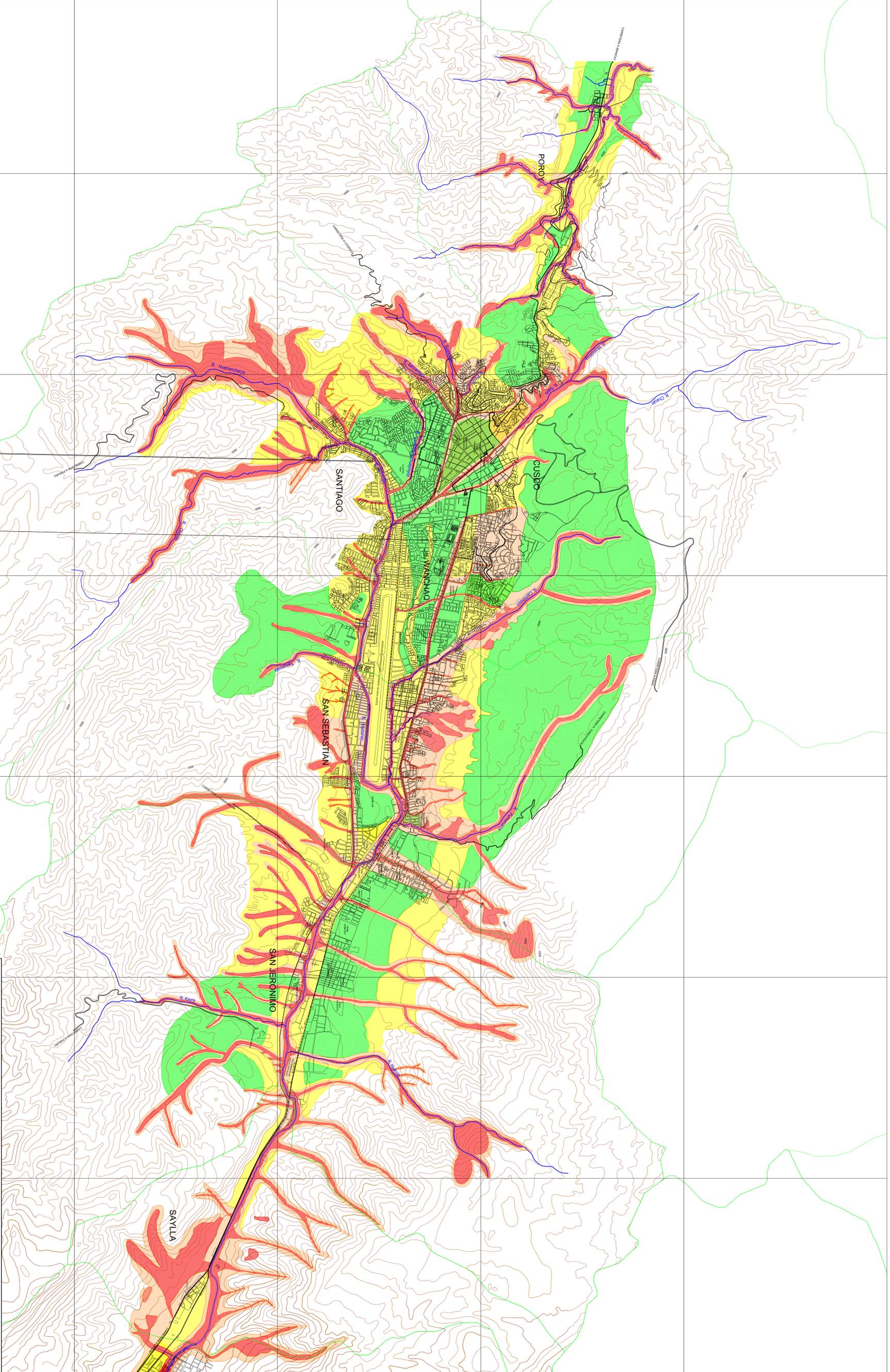
FECHA: JUNIO 2004

PROYECTO: P-11

N 8492000 N 8496000 N 8500000 N 8504000 N 8508000 N 8512000

E 172000 E 176000 E 180000 E 184000 E 188000 E 192000 E 196000



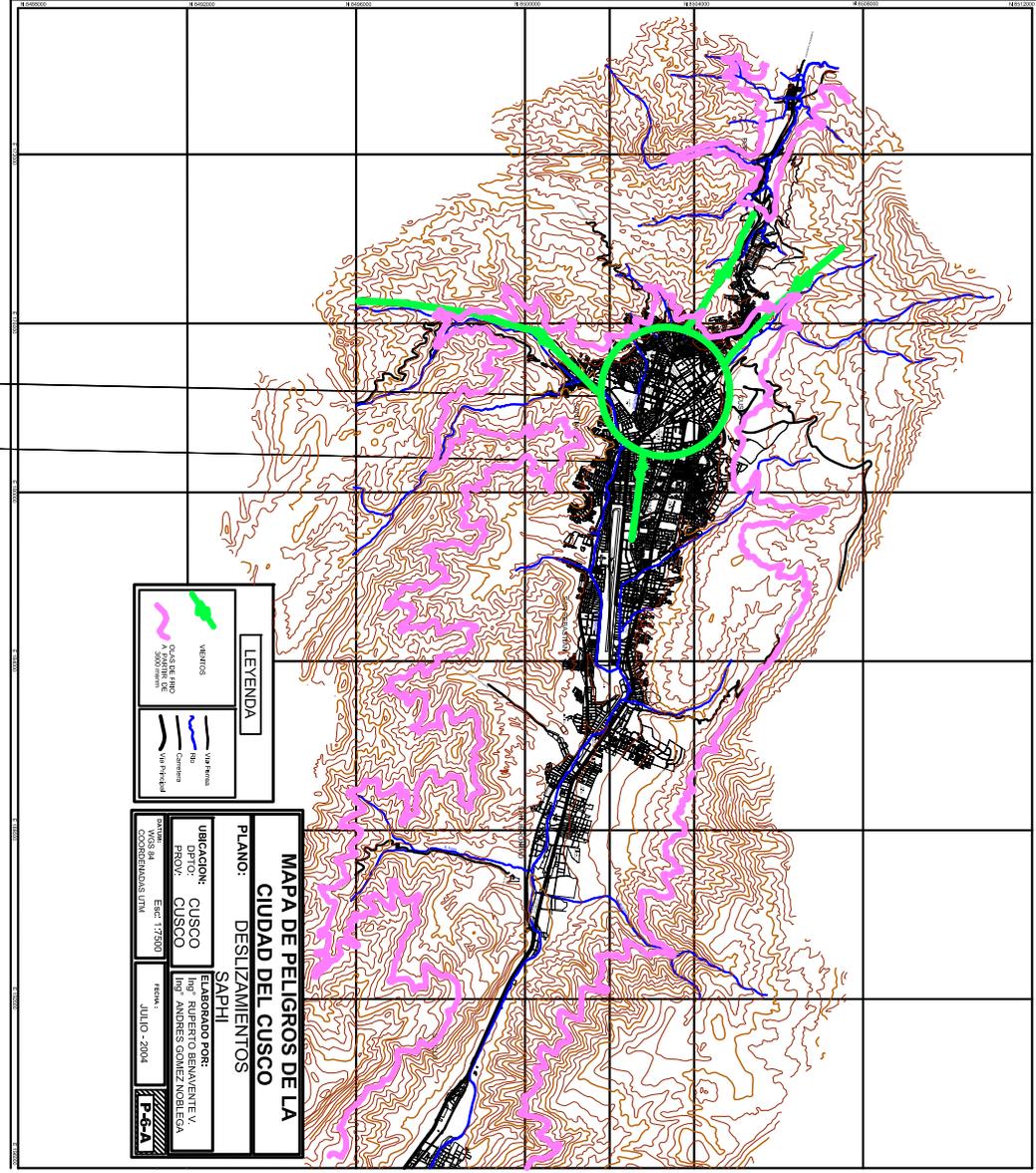


LEYENDA

- PELIGRO MUY ALTO
 - PELIGRO ALTO
 - PELIGRO MEDIO
 - PELIGRO BAJO
-
- Limite Distrital
 - Via Ferrea
 - Rio
 - Carretera
 - Via Principal

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

UBICACION:		Elaborado por:	
DEPTO:	CUSCO	ING. CARLOS FERNANDEZ BACA	
PROV.:	CUSCO	ING. ANDRES GOMEZ ANDUELA	
DATE:	2004	FECHA:	JULIO-2004
ESCALA:	1:25000	P-13	



LEYENDA

VIENTOS
 OESTE DEL NOROCCIDENTE
 NOROCCIDENTE
 ZONAS DE PELIGRO
 RÍO
 CARRETERAS
 VÍAS FERREAS

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DEL CUSCO

PLANO: DESLIZAMIENTOS
SAPHI
 ELABORADO POR:
 Ing. RUBERTO BEHAVENANTE V.
 Ing. ANDRÉS GOMEZ NORIEGA
 UBICACION: CUSCO
 DPTO: CUSCO
 PROV: CUSCO
 ESCALA: 1:7500
 FECHA: JULIO - 2004
 P-6-A