ESTUDIO:

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PISAQ

INFORME FINAL

PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI

PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES

DIRECTOR NACIONAL

Contralmirante A.P. (r)
JUAN LUIS PODESTA LLOSA

PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES

Director Nacional de Proyectos Especiales
ALFREDO ATKINGS

Asesor Técnico Principal
JULIO KUROIWA HORIUCHI

Asesor
ALFREDO PEREZ GALLENO

Responsable del Proyecto
ALFREDO ZERGA OCAÑA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI

EQUIPO TECNICO CONSULTOR

Coordinador – Responsable del Estudio
Especialista en Geología
VICTOR CARLOTTO CAILLAUX

Especialista en Hidrología
SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ

Especialista en Geotecnia
AMERICO MONTAÑEZ TUPAYACHI

Especialista en SIG
HECTOR ACURIO CRUZ

Colaboradores
JOSE CARDENAS ROQUE

CONTENIDO

PAG

RESUMEN

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO..... 01
1.2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO 01
1.3.- DESCRIPCION DEL ESTUDIO..... 01
1.4. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO..... 02
1.5. ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN..... 03
1.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS..... 03

CAPITULO II: ETAPAS DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1. GENERALIDADES..... 05
2.2. ETAPA DE RECOPILACION DE INFORMACION EXISTENTE 05
2.3.- ETAPA DE INVESTIGACIONES DE CAMPO..... 06
2.4.- ETAPA DE ENSAYOS DE LABORATORIO..... 08
2.5.- ETAPA DE GABINETE..... 08

CAPITULO III: ESTUDIOS BASICOS

3.1.- CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 09
3.2. GEOMORFOLOGIA..... 09
3.2.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL
3.2.1.1. CORDILLERA ORIENTAL
3.2.1.2. VALLE DEL VILCANOTA
3.2.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL
3.2.2.1. UNIDAD DE LADERAS
1. LADERAS DE PENDIENTE SUAVE
a) Cono aluvial Culispata (Kitamayo)
b) Cono aluvial Pillatahuayco
c) Río Chaupihuayco (Chongo)
2. LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA
3.2.2.2. UNIDAD DE QUEBRADAS Y RIOS
1. QUEBRADA CULISPATA (KITAMAYO)
2. QUEBRADA PILLATAHUAYCO
3. QUEBRADA CHAUPIHUAYCO
4. VALLE VILCANOTA
3.3. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 13
3.3.1. ESTRATIGRAFIA
3.3.1.1. FORMACION CCATCA (DsCi-cc)
3.3.1.2. GRUPO COPACABANA (Pi-c)
3.3.1.3. GRUPO MITU (PmTi-m)
1. FORMACIÓN PISAC
2. FORMACIÓN PACHATUSAN
3.3.1.4. FORMACION HUAMBUTIO (JsKi-hm)
3.3.1.5. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)
3.3.1.6. GRUPO YUNCAYPATA
1. FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Ki-pb)
2. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)
3.3.1.7. CUATERNARIO
1. FORMACION RUMICOLCA (Q-ru)
2. DEPÓSITOS GLACIARIOS (Q-g)
3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)
4. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)
5. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)
3.3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.4. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 18
3.4.1. UBICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO.
3.4.2. RIO VILCANOTA
3.4.3. IDENTIFICACIÓN DE SUB - CUENCAS
3.4.3.1. SUB - CUENCA PILLAHUAYCO
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LA SUB - CUENCA - PILLATAHUAYCO
2. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS.
3. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA
4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL
5. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA
6. CÁLCULO DE GASTO POR EL MÉTODO DIRECTO
3.4.3.2. SUB - CUENCA DE CULISPATA
1. RÍO CULISPATA
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SUB - CUENCA DE CULISPATA
3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS
4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL
5. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA
6. CÁLCULO DE GASTO POR EL MÉTODO DIRECTO
3.4.3.3. SUB - CUENCA CHAUPIHUAYCO
1. RIO CHAUPIHUAYCO (RÍO CHONGO)
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SUB - CUENCA DE CHAUPIHUAYCO
3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS
4. CALCULO DEL GASTO Y ANALISIS DEL REGIMEN FLUVIAL
5. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA
6. CÁLCULO DE GASTO POR EL MÉTODO DIRECTO
3.4.4. ZONAS DE PELIGRO DE DESBORDAMIENTO (INUNDACION)
3.5. GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 36
3.5.1. EXPLORACION DE CAMPO
3.5.1.1. TECNICAS DE INVESTIGACION DE CAMPO
3.5.1.2. NUMERO DE PUNTOS INVESTIGADOS
3.5.1.3. PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION
3.5.1.4. TIPO DE MUESTRAS EXTRAIDAS
3.5.2. ENSAYOS IN-SITU
3.5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO
3.5.4. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
3.5.4.1. PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUBSUELO
3.5.4.2. ANALISIS GEOTECNICO DE CIMENTACIONES
3.5.5. CLASIFICACION DE SUELOS (ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA)
3.5.6. PAUTAS TECNICAS DE CONSTRUCCION

CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PISAQ

4.1. MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS..... 44
4.1.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICO
4.1.1.1. DESLIZAMIENTOS
4.1.1.2. ALUVIONES
4.1.1.3. CARCAVAS
4.1.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO
4.1.2.1. CONO ALUVIAL CULISPATA (KITAMAYO)
4.1.2.2. PELIGROS GEOLOGICOS-CLIMATICOS DE LA QUEBRADA CULISPATA (KITAMAYO)
4.1.2.3. PELIGRO GEOLOGICO-CLIMATICO DE LA QUEBRADA CHAUPIHUAYCO Y SECTOR SUR DE PISAQ
1. SECTOR CUYO CHICO (ZONA 5)
2. SECTOR RUINAS DE PISAQ
3. SECTOR SUR PISAQ (CHACACHIMPA)
4.1.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO
4.1.3.1. ZONIFICACIÓN POR PELIGRO DE ALUVIÓN (CULISPATA-KITAMAYO) PARA LA CIUDAD DE PISAQ

4.2. MAPA DE PELIGRO CLIMATICO..... 51
4.2.1. FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO
4.2.1.1. INUNDACIONES
4.2.2. EVALUACION DE PELIGRO CLIMATICO
4.2.3. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS CLIMATICOS
4.2.3.1. ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION
4.2.3.2. ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA
4.3. MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS 54
4.3.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOTECNICO
4.3.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS
4.3.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOTECNICOS
4.4. MAPA DE PELIGROS MULTIPLES..... 56
4.4.1. ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

MAPAS

MAPA Nº 01: UBICACIÓN
MAPA Nº 02: GEOLOGICO
MAPA Nº 03: CUENCA HIDROLOGICA QUEBRADAS PILLATAHUAYCO, CULISPATA, CHAUPIHUAYCO
MAPA Nº 04: CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS
MAPA Nº 05: CLASIFICACION DE SUELOS
MAPA Nº 06: GEODINAMICO
MAPA Nº 07: ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION
MAPA Nº 08: ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION
MAPA Nº 09: ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA
MAPA Nº 10: ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

ANEXOS

ANEXO Nº 01: HIDROLOGIA
ANEXO Nº 02: UBICACIÓN DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES
ANEXO Nº 03: FICHAS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO Nº 04: PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO
ANEXO Nº 05: CALCULOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DE CIMENTACIONES
ANEXO Nº 06: PANEL DE FOTOGRAFIAS
- Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico
- Fotos del desarrollo de los trabajos geotécnicos
- Fotos del desarrollo de los trabajos hidrológicos

RESUMEN

El presente Informe ha sido realizado dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles, con la finalidad de establecer un documento técnico para el área de estudio, que comprende la ciudad de Pisaq que se halla ubicada en el distrito de Pisaq, provincia de Calca y departamento del Cusco, donde se presenta como producto final, la zonificación de peligros asociado a la ocurrencia de diversos fenómenos naturales; fundamentalmente de origen geológico-climático, geotécnico y climático.

En la ciudad de Pisaq afloran rocas metamórficas del Paleozoico inferior (Formación Ccatca), rocas vulcáno-sedimentarias del Grupo Mitu (Permo-Triásico), igualmente rocas de edad Mesozoica (formaciones Huancané y Paucarbamba), y depósitos cuaternarios.

La ciudad de Pisaq se encuentra disectada por el río Kitamayo (quebrada Culispata) que cruza la ciudad en una dirección Norte - Sur. En la margen derecha se encuentra emplazado el centro histórico. El río Kitamayo ha sido encauzado y cambiado su cauce. Hacia el Oeste fuera de los límites de la ciudad, llega el río Pillatahuayco a una serie de andenes incas muy bien conservados y que están en actual uso agropecuario. Hacia el Norte de la ciudad en el cerro Intihuatana se encuentran los restos incas pertenecientes al Conjunto Arqueológico de Pisaq que están compuestas de recintos y andenes. Al Este fuera de los límites de la ciudad de Pisaq, llega el río Chongo procedente de la quebrada Chaupihuayco, lugar donde se sitúan viviendas, hospedajes turísticos y terrenos de cultivo.

Los estudios técnicos realizados en el proyecto han sido los referidos a la geología, hidrología y geotecnia, con el fin de obtener los mapas de peligros, para lo cual se ha seguido una metodología para la obtención de los datos y su posterior análisis.

De los estudios geodinámicos se desprende que en la zona de estudio se han identificado deslizamientos antiguos a veces activos, conos aluviales, erosión e inundación de los ríos Kitamayo, Chongo y Vilcanota. Estos peligros geológico-climático y climático, provocan la inestabilidad de las laderas, que se incrementa debido a causas antrópicas (p.e. corte de taludes y deforestación), así como a las causas naturales de alto fracturamiento de las rocas, fuerte pendiente de laderas, y la presencia de fuertes precipitaciones pluviales en la zona de estudio.

Los peligros de origen climático de mayor incidencia en el área de estudio son las inundaciones, que afectan por tramos ambas márgenes de los ríos Kitamayo, Chongo y Vilcanota. En estas márgenes que a veces no respetan la faja marginal, se ubican viviendas, hospedajes y terrenos de cultivo. El peligro de inundación se puede incrementar por la presencia de los deslizamientos activos que pueden servir como zonas de represamiento.

Se han identificado hasta tres ríos que atraviesan o se encuentran muy próximos a la ciudad de Pisaq, estos ríos constituyen los canales de drenaje de tres sub-cuencas como son: Pillatahuayco, Culispata (Kitamayo), y Chaupihuayco (Chongo)

Desde el punto de vista hidrológico el río Pillatahuayco no es motivo de peligro aún en temporadas de fuertes precipitaciones, habiéndose encontrado caudales máximos de 5.81 y 8.34 m^3/seg para períodos de retorno de 10 y 50 años. En el río Kitamayo los caudales máximos estimados, fueron de 10.42 y 18.39 m^3/seg para períodos de retorno de 10 y 50 años,

siendo esta peligrosa por provocar inundaciones en la ciudad; cabe anotar que en época de estiaje el río queda completamente seco.

El río Chongo es la más significativa (118 km2), pasa lejos de la ciudad de Pisaq, pero se ha zonificado en vista de posibles zonas de expansión urbana al futuro, ya que actualmente existen algunos hoteles. Sus caudales máximos estimados para periodos de retorno de 10 y 50 años son de 26.8 y 36.9 m^3/seg que producen inundaciones en las riberas del río Chaupihuayco (Chongo). Además en la cuenca se han identificado deslizamientos activos (Cuyo Chico) que pueden represar el río y como consecuencia formar aluviones.

Desde el punto de vista hidrológico, para el río Vilcanota el gasto con período de retorno de 50 años puede alcanzar e incluso rebasar la altura de los muros existentes, lo cual probablemente provocaría inundaciones en la ciudad.

Los estudios geotécnicos indican la presencia de hasta 02 tipos de suelos en función de sus características geotécnicas en la ciudad de Pisaq sector urbano y zona de expansión. Estos suelos muestran capacidades portantes mayores a 1 Kg/cm^2, lo que indica que, en general son de buena calidad.

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de los fenómenos de origen geológico-climático, climático y geotécnico en un lugar determinado del área de estudio que comprende la ciudad de Pisaq y alrededores, se ha preparado el mapa de zonificación peligros múltiples, donde resaltan los peligros climáticos asociados a los peligros climático-geológicos. Es importante destacar que los suelos son, en general, de muy buena calidad, por lo tanto no son considerados en la zonificación de peligros múltiples. Se consideran 04 niveles de peligro, según la descripción siguiente:

Zona de Peligro Muy Alto
Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundaciones ligadas a las lluvias muy fuertes que se producen anualmente o con un periodo de recurrencia de 10 años en los bordes del río Vilcanota que no cuentan con muros de contención y sin obras de encauzamiento. Otra zona de peligro muy alto son los bordes del río Chaupihuayco (Chongo) por deslizamientos que se puedan formar en la parte alta de la cuenca.

Zona de Peligro Alto
Corresponde al centro de la ciudad, donde se ha zonificado franjas que serían afectadas por aluviones que ocurriesen en la quebrada Culispata (Kitamayo), y que tratarían de retomar su antiguo cauce es decir, por la Plaza de Armas y la calle Kitamayo. Igualmente son zonas de peligro alto los bordes del río Chaupihuayco (Chongo). El río Vilcanota en sus máximas avenidas afectaría un borde estrecho de la ciudad y en las zonas de expansión urbana, particularmente las que no cuentan con muros de encauzamiento.

Zona de Peligro Medio
Son aquellas áreas circundantes a los de peligro alto a las inundaciones por lluvias extraordinarias y aluviones que afectarían la ciudad, debido a la procedencia de flujos de las quebradas Culistapa (Kitamayo) y Chaupihuayco (Chongo). Incluye las áreas adyacentes a peligro alto a inundaciones en la margen izquierda del río Vilcanota.

Zona de Peligro Medio a Bajo

Son aquellas áreas poco o nada propensas a inundaciones por el río Vilcanota, y por aluviones procedentes de las quebradas Kitamayo ó Chaupihuayco (Chongo). Además, son aquellas áreas cuya capacidad portante de los suelos es regular a buena.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Los antecedentes de estudios sobre seguridad física de la ciudad de Pisaq son escasos. Poco ha sido desarrollado por las entidades competentes con respecto a la seguridad física de la ciudad de Pisaq, salvo trabajos académicos aislados muy puntuales relacionados a la problemática geodinámica de las quebradas Culispata (toma el nombre de río Kitamayo en la ciudad de Pisaq), Chaupihuayco (toma el nombre de río Chongo en la parte final de su recorido), y Pillatahuayco, así como la determinación de parámetros geotécnicos realizados por tesistas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

La actual situación referente al conocimiento de los peligros físicos que amenazan las áreas urbanas y de expansión urbanística de la ciudad de Pisaq, indica que la información existente posible es muy aislada y no divulgada, razón por la cual se desarrolló un estudio de mecánica de suelos o un estudio específico de peligros por variadas razones para una obra importante y de características particulares; sin embargo, es necesario contar con una información racional y zonificada que permita su aplicación práctica en la planificación urbana de la ciudad de Pisaq.

Por las razones antes expuestas; es necesario contar con un documento que permita tener una zonificación de peligros de variado origen: geológico-climático, geotécnico y climático, para el área urbana y expansión urbanística de la ciudad de Pisaq y es por ésta razón, que dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER 02/051 – CIUDADES SOSTENIBLES se desarrolla el presente estudio denominado: **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PISAQ**.

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos principales son los siguientes:

- Conocimiento de las características, geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, e hidrológicas del área de estudio que comprende la ciudad de Pisaq (áreas urbanas y de expansión urbana); así como las características, geológicas-geodinámicas, hidrológicas de las quebradas Culispata, Chaupihuayco y del río Vilcanota, así como las características geotécnicas de los suelos de la ciudad de Ollantaytambo.

- Determinación de un documento técnico para el área de estudio, en donde se presenta como resultado final, el mapa de peligros de la ciudad de Pisaq asociado a la ocurrencia de diversos eventos naturales; fundamentalmente de origen geológico-climático, geotécnico y climático.

1.3. DESCRIPCION DEL ESTUDIO

La determinación del mapa de peligros de la ciudad de Pisaq, que comprende también las quebradas Culispata y Chaupihuayco, desarrolladas mediante las siguientes etapas:

- Recopilación de información
- Investigaciones de campo
- Ensayos de laboratorio
- Labores de gabinete

La recopilación de información básica referida a planos topográficos, estudios de geología, geotecnia, mecánica de suelos, hidrología y otros, de la ciudad de Pisaq y alrededores, se ha desarrollado, primero, mediante una recopilación de información existente procedente de variadas instituciones tanto particulares como estatales, que ha sido utilizada por los especialistas. Esta etapa también comprende aquella específica que ha sido obtenida durante el desarrollo del presente estudio y que comprende básicamente los aspectos geológicos, geotécnicos e hidrológicos destinados a determinar los fenómenos de variado origen que causan peligros físicos o amenazas para la ciudad de Pisaq.

En la etapa de investigaciones de campo, se han colectado "in situ" toda la información de detalle referidas a geología, geotecnia e hidrología del área de interés con el objetivo de conocer las características propias del área mediante las investigaciones de detalle programadas para tal efecto en el presente estudio.

En la etapa de ensayos de laboratorio, las muestras de investigación fueron tomadas en zonas previamente coordinadas con los especialistas y de acuerdo a un programa de investigaciones de campo previamente establecido, han permitido obtener información precisa de las diversas características requeridas y en especial de los suelos de cimentación involucrados en el área de estudio, de manera que se obtuvo toda la información del caso para calificar y cuantificar los fenómenos de origen geológico-climático, geotécnico y climático.

En la etapa de las labores de gabinete se han realizado las interpretaciones sobre la base de los resultados obtenidos en las etapas anteriores de geología, geodinámica, geomorfología, geotecnia e hidrología, para finalmente definir los mapas de peligros de origen, geológico-climático, geotécnico, climático-hidrológico; resultados que han sido materializados en los mapas respectivos.

1.4. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política:

Ciudad : Pisaq
Distrito : Pisaq
Provincia : Calca
Departamento : Cusco

Presenta la siguiente ubicación:

Coordenada UTM Norte : De 8'512,000 a 8'519,000 m.
Coordenada UTM Este : De 188,000 a 198,000 m.

Altitud : Para la ciudad de Pisaq se tiene un promedio de 2950 m.s.n.m.. Sin embargo las cumbres aledañas a las quebradas Pillatahuayco, Culispata y Chaupihuayco pasan los 4800 m.s.n.m.

El área de estudio abarcan las quebradas Culispata, y Chaupihuayco, la zona urbana de Pisaq y alrededores que son considerados como probable zona de expansión urbana de la ciudad de Pisaq.

La ubicación del área de estudio se presenta en el **MAPA Nº 01.**

1.5. ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN

El acceso a la ciudad de Pisaq, se realiza mediante la carretera principal asfaltada Cusco-Pisaq-Calca- Urubamba; con un recorrido aproximado de 30 Km y un tiempo aproximado de viaje en camioneta de 30 minutos. También se puede acceder, mediante la carretera principal asfaltada Cusco-Chinchero-Urubamba-Calca-Pisaq; con un recorrido aproximado de 75 Km y un tiempo de viaje de 1.30 horas en camioneta.

El acceso a los diferentes barrios, urbanizaciones, asociaciones, áreas de expansión urbana, etc, que conforman la ciudad de Pisaq y alrededores, son mediante calles, avenidas, vías asfaltadas y caminos de herraduras.

El acceso hacia las quebradas Pillatahuayco, Culispata, y Chaupihuayco se puede realizar mediante caminos de herradura inca y carretera secundaria hacia las comunidades de Cuyo respectivamente.

1.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El área de estudio, esta marcado por dos estaciones: una de estiaje entre los meses de Mayo y Noviembre, y otra pluviosa entre los meses de Diciembre a Abril.

Según la clasificación de Pulgar Vidal (1987), la ciudad de Pisaq y alrededores pertenecen principalmente a la región Quechua y las partes altas de la región Suni y Puna en menor superficie.

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

En la región Suni (3500 y 4000 m.s.n.m.), el clima es seco y frío. La temperatura media anual fluctúa entre 7 y 10 ºC, con máximas superiores a 20 ºC y mínimas invernales de -1 a -6 ºC (Mayo-Agosto). La precipitación promedio es de 800 mm por año. La vegetación está compuesta por plantas silvestres, como el quinual, quishuar, sauco, cantuta, motuy, carhuacasha, wiñayhuayna, suni, la papa, año, quinua, cañihua, achis, tarwi, haba, oca y olluco.

En la región Puna (4000 y 4800 m.s.n.m.), el clima es frígido, con una temperatura media anual superior a 0 ºC e inferior a 7 ºC. La precipitación fluctúa entre 400 y 100 mm al año. La vegetación está compuesta de pajonales, ocsha, ichu, berro, totora, llacho, los bofedales,

arbustos de culli, árboles como la titánica, junco y cunco. Los productos alimenticios son la papa, cebada, maca.

CAPITULO II

ETAPAS DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1. GENERALIDADES

El estudio denominado **"MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PISAQ"**, se ha desarrollado en cuatro grandes etapas, que se indican a continuación:

- **Recopilación de información existente:** Consistió en la recopilación de la mayor cantidad posible de información contenida en estudios, antecedentes y/o similares, relacionada básicamente a geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos y otros para un punto de investigación específico dentro del área de interés y sus alrededores más cercanos.

- **Investigaciones de campo:** Son aquellos trabajos que se desarrollaron en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa "in situ" referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos, que permitieron desarrollar los estudios básicos correspondientes.

- **Ensayos de laboratorio:** Son aquellos trabajos que se han llevado a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos y que tiene como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos encontrados en el área de interés.

- **Trabajos de gabinete:** Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases de campo y laboratorio permitieron determinar los estudios básicos correspondientes y finalmente la preparación de los mapas de peligros.

2.2. ETAPA DE RECOPILACION DE INFORMACION EXISTENTE

Para el desarrollo de cada uno de los estudios básicos: Geología, geotecnia e hidrología se ha procedido a la recopilación de información existente de interés.

Para el estudio geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín Nº 65 Serie A: Carta Geológica Nacional - INGEMMET (Hojas 27r y 27s). Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R. (1996).
- Geología, Estratigrafía y tectónica de la Región de Calca-Urubamba. Tesis Titulo Profesional UNSAAC. Chávez, R. (1995).
- Estudio geológico de la Zona Huambutio-Lamay. Tesis Titulo Profesional UNSAAC. Candia, F; Carlotto, C. (1985).

Para estudio geotécnico se ha recopilado la información siguiente:

- Estudio de mecánica de suelos del mercado de abastos de Pisaq.

Para el desarrollo del estudio hidrológico se ha recopilado la información siguiente:

- Registros meteorológicos de SENAMHI referentes a precipitaciones.

- Datos hidrometeorológicos de la Estación de Perayoc de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, que cuenta con pluviómetro y pluviógrafo, instrumentos de termometría, instrumentos de medición de velocidad de viento y otros. Los registros pluviométricos son de mucha confiabilidad. En este caso se han utilizado datos de tormentas máximas anuales desde el año 1965 al año 1999, los mismos que han sido regionalizados para la zona en estudio.
- Información cartográfica que comprende:
  La Carta Nacional desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional.
  Planos de Escala 1: 10,000 y 1:25,000 del Ministerio de Agricultura.
  Mapas digitalizados Perú Map.
  Catastro de la ciudad del Municipio Distrital.

2.3. ETAPA DE INVESTIGACIONES DE CAMPO

En los estudios, geológico, geotecnia, e hidrología, se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

En el estudio geológico se han desarrollado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la litología, estructuras, geomorfología y fenómenos de origen climático y geológico-climático de mayor ocurrencia en la zona urbana, alrededores y quebradas Culispata y Chaupihuayco.
- Levantamiento geológico-geodinámico de las quebradas Culispata y Chaupihuayco, así como de la zona urbana de Pisaq y alrededores considerando las zonas de expansión urbana a escalas 1:10,000 y 1:25,000.

En el estudio geotécnico se han desarrollado las siguientes actividades:

- En geotecnia se realizaron las técnicas de investigación de calicatas o pozos a cielo abierto ó trinchera (C), según indica la norma técnica ASTM D420.
- Asimismo se realizaron ensayos de penetración dinámica con el cono de Peck (PDC).

Un trabajo de fundamental importancia en las investigaciones de campo para elaborar el estudio geotécnico es la determinación del perfil estratigráfico del subsuelo de cimentación en base a ensayos visuales según la norma ASTM D-2487 y clasificación de suelos SUCS según la norma ASTM D 2487 basados en ensayos de laboratorio; asimismo, identificar cualitativa y cuantitativamente mediante ensayos de campo como el ensayo de penetración dinámica con el cono de Peck – PDC, las propiedades geomecánicas del subsuelo.

Los estudios geotécnicos se han realizado mediante 07 puntos de investigación ubicados en áreas urbanas y zonas de expansión. Se trata de 7 calicatas a cielo abierto y 7 auscultaciones dinámicas con el cono de Peck (PDC) ubicada al costado de las calicatas. Estas calicatas y auscultaciones de investigación de 3.0 metros de profundidad a mas se realizaron para determinar los estratos por tipos de suelos y capacidad portante. Estos trabajos han tenido un sustento geológico en la ubicación de las calicatas con el fin de tener más confiabilidad de la información presentada.

Para cada una de las “calicatas” aperturadas en el área de interés, se han realizado los ensayos de campo que a continuación se detallan:

- Descripción y clasificación visual del perfil estratigráfico de los suelos en campo según Norma ASTM D 2487:

Destinado a conocer las características de los diferentes estratos del subsuelo de cimentación hasta una profundidad igual a la de la "calicata" aperturada y que se refieren básicamente propiedades de acuerdo al tipo de suelo, como en el caso de suelos granulares(gravas y arenas) la determinación del tamaño de las partículas, angularidad, gradación, contenido de finos y densidad relativa; en el caso de suelos finos (limos y arcillas) la plasticidad, consistencia, resistencia en estados seco, color, olor etc. Los resultados han sido contrastados con la clasificación unificada de suelos SUCS según la norma ASTM D 2487, los cuales están basados en los ensayos de clasificación realizados en laboratorio.

- Muestreo de suelos en "calicatas" aperturadas según Norma ASTM D 420:

En las "calicatas" aperturadas, se ha efectuado la toma de muestras de los estratos que conforman el suelo de cimentación y rocas acorde a las recomendaciones de la Norma E.-050 RNC. Se extrajeron muestras alteradas tipo Mab, por ser los suelos de estructura básicamente friccionanates (grava). No se extrajeron muestras inalteradas tipo Mib, ya que labrarlas resulta prácticamente imposible.

- Densidad natural "in situ" según norma ASTM D1556:

Consiste en la ejecución de ensayos "in situ" utilizando el método del cono de arena a partir de los cuales es posible conocer los valores de densidad y humedad natural para los diferentes estratos promedios del perfil estratigráfico.

- Ensayos de penetración dinámica liviana con el cono de Peck según norma DIN 4094:

Consiste en la en la auscultación del subsuelo mediante la penetración dinámica de un cono tipo Peck y mediante correlaciones de los resultados con el ensayo SPT, se obtienen las propiedades resistentes y de compresibilidad del subsuelo, necesarias para determinar su capacidad admisible en diferentes niveles requeridos.

Las investigaciones de campo se han desarrollado en época de secas entre los meses de septiembre a octubre del 2004 y han consistido básicamente en efectuar un reconocimiento de campo en el área que comprende la ciudad de Pisaq y zonas de expansión.

Este trabajo de campo también ha tomado en cuenta toda la información antecedente referida básicamente a aspectos geológicos y geotécnicos y viene a ser una complementación y extensión al detalle de la geología superficial local del área de interés.

En el Estudio Hidrológico se han desarrollado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la cuenca hidrográfica en estudio.
- Reconocimiento del cauce principal y de sus afluentes más importantes.
- Reconocimiento de lagunas existentes.
- Determinación de secciones transversales y marcas correspondientes a niveles de agua alcanzados por los ríos.
- Caracterización de la cobertura vegetal existente.

2.4. ETAPA DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Esta fase se desarrolla para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o puntos de muestreo de la fase de investigaciones de campo; y está destinada a conocer las propiedades índices y geomecánicas de las muestras alteradas tipo Mab mediante la ejecución de ensayos de laboratorio normalizados que se indican a continuación:

Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D 422
Límite liquido	ASTM D 423
Límite plástico	ASTM D 424
Contenido de Humedad	ASTM D 2216
Clasificación de suelos (SUCS)	ASTM D 2487

Los ensayos estándar de laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en las "calicatas" aperturadas; por la empresa M y M Consultores y Ejecutores S.R.L. en la ciudad de Cusco.

2.5. ETAPA DE GABINETE

Esta etapa se desarrolla después de haber culminado las etapas de recopilación de información, Investigaciones de campo y de ensayos de laboratorio. La etapa de gabinete analiza minuciosamente los resultados de las etapas anteriores, con la finalidad de garantizar la bondad y calidad de la información obtenida de manera que permita definir resultados detallados referentes al área de estudio, tales como: geología superficial, geodinámica, geomorfología, clasificación de suelos, capacidad portante, geotécnico, e hidrológico; con el cual se procederá a determinar los fenómenos de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático de mayor importancia en el área de estudio para luego definir el mapa de peligros de la ciudad de Pisaq.

En los estudios geotécnicos en esta fase se ha realizado el análisis e interpretación de los resultados de campo y laboratorio donde determinó el perfil estratigráfico definitivo del subsuelo y se realizó el análisis geotécnico de cimentaciones de edificaciones, las cuales están basadas en el calculo de la capacidad portante o presión admisible del suelo de apoyo, la presencia del nivel freático y el análisis de licuación de suelos.

CAPITULO III

ESTUDIOS BASICOS

3.1. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO

La información cartográfica existente para el área de estudio ha sido colectada en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), y en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), con el siguiente detalle:

- Carta Nacional de los Cuadrángulos de Urubamba y Calca (hojas 27r y 27s) a escala 1:10,0000.
- Fotografías aéreas de vuelo alto a escala aproximada 1:50,000.

La información topográfica existente para el área de estudio se detalla a continuación:

- Plano catastral a escala 1:2,500 levantado el año 2001, proporcionados por la Municipalidad Provincial de Pisaq.
- Mapas topográficos a escala 1:10,000, efectuados por el PETT-Proyecto Vilcanota (Ministerio de Agricultura). Estos mapas han sido utilizados en las zonas de interés donde no se tiene información catastral previa, como es el caso específico de las áreas de expansión y del río Vilcanota.
- Mapas topográficos a escala 1:25,000 ejecutados por el PETT-Ministerio de Agricultura. Estos mapas han sido utilizados para el estudio geológico-geodinámico de las quebradas Culispata y Chaupihuayco principalmente.

3.2. GEOMORFOLOGIA

3.2.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona de Pisaq y alrededores se localiza en el borde Suroeste de la Cordillera Oriental. En esta región el río Vilcanota corta la Cordillera Oriental en dirección SO-NE desarrollando relieves con fuertes pendientes.

3.2.1.1. CORDILLERA ORIENTAL

Es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada, que se localiza en la región de Calca-Pisaq y se extiende regionalmente tanto longitudinalmente (NO-SE) paralela al río Vilcanota que la corta, así como transversalmente (NE-SO). En su límite Suroeste, es decir en la zona de estudio esta unidad está bordeada por fallas NO-SE y por el anticlinal de Vilcanota que es la estructura geológica dominante. Las partes más elevadas se hallan a más de 4800 metros donde se aprecia evidencias de glaciaciones anteriores como morrenas y lagunas glaciares.

Las rocas que afloran en la Cordillera Oriental de la zona de estudio son esencialmente metamórficas del Paleozoico inferior (Formación Ccatca), rocas vulcano-sedimentarias del Grupo Mitu (Permo-Triásico), igualmente rocas de edad Mesozoica (formaciones Huancané y Paucarbamba), y depósitos cuaternarios.

3.2.1.2. VALLE VILCANOTA

Considerado como un valle interandino, que en la zona de estudio, presenta una dirección preferencial SEE a NOO. El valle en la zona de estudio se halla a una altitud promedio de 2900 m.s.n.m. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas. En los bordes se observan importantes conos aluviales.

3.2.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

La zona de estudio se encuentra dentro de la unidad geomorfológica denominada Cordillera Oriental y localmente se reconocen varias unidades.

A nivel local la ciudad de Pisaq se encuentra mayormente sobre depósitos aluviales y depósitos fluviales. El piso de los valles Culispata, y Chaupihuayco está compuesto por depósitos fluviales y coluviales desarrollados sobre depósitos aluviales antiguos o rocas.

La ciudad de Pisaq y el piso del valle Chaupihuayco están cortados por los ríos Kitamayo y Chongo respectivamente, donde los procesos erosivos se acentúan por el afloramiento de depósitos sedimentarios recientes.

Las laderas de los cerros están conformadas principalmente por depósitos coluviales o por afloramientos de rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias en muchos casos muy fracturados que debido a las pendientes muy empinadas y otros factores forman conos aluviales o deslizamientos principalmente.

En la ciudad de Pisaq y áreas circundantes, se pueden diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas.

3.2.2.1. UNIDAD DE LADERAS

1. LADERAS DE PENDIENTE SUAVE

a) Cono aluvial Culispata (Kitamayo)

Al llegar a la ciudad la quebrada Culispata toma el nombre de río Kitamayo que es un afluente del río Vilcanota en su margen derecha. En la desembocadura de esta quebrada, sobre depósitos de varios conos aluviales se emplaza la ciudad de Pisaq, así como las zonas de expansión.

Esta sub-unidad comprende toda el área del cono aluvial Culispata, que se debe a la construcción de varios aluviones procedente de la quebrada Culispata, y está conformado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Es de amplia extensión y baja inclinación, donde se asienta la ciudad de Pisaq y las nuevas áreas de expansión urbana. Es importante también mencionar que algunas viviendas y calles de la ciudad de Pisaq se encuentran sobre restos arqueológicos incas y que además se inicia un camino inca hacia el Conjunto Arqueológico de Pisaq que se encuentra en la margen izquierda de la quebrada Culispata.

Se extiende desde la cota aproximada de 2900 m.s.n.m. que corresponde al límite con el río Vilcanota, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros que circundan a la ciudad, predominantemente hacia el Norte, hasta la cota promedio de 3050 m.s.n.m.

b) Río Pillatahuayco

El río Pillatahuayco es un afluente del río Vilcanota en su margen derecha. En la desembocadura de esta quebrada, sobre depósitos de pequeños conos aluviales se emplazan algunas viviendas, pero el mayor uso es agrícola debido a la existencia de andenes incas.

Desde el punto de vista urbanístico, sus márgenes no deberían ser consideradas como áreas de expansión urbana, debido a la presencia de andenes incas, más bien debe ser considerado como área intangible.

c) Río Chaupihuayco (Chongo)

El río Chongo es un afluente del río Vilcanota en su margen derecha. Al borde del cauce se encuentran hospedajes y restaurantes turísticos, mientras en las zonas más alejadas tienen un uso principalmente agropecuario.

Se extiende desde la cota aproximada de 2900 m.s.n.m. que corresponde al límite con el río Vilcanota, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros que circundan a la ciudad, predominantemente hacia el Norte, hasta la cota promedio de 3000 m.s.n.m. Desde el punto de vista urbanístico, esta sub-unidad geomorfológica es importante por que debido a sus grandes extensiones, permite el crecimiento de la ciudad de Pisaq.

2. LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA

Esta sub-unidad se extiende desde la cota promedio 3000 m.s.n.m. hasta la cima de los cerros que rodean la ciudad, cuya altitud llega a más de 4300 m.s.n.m.

Al Norte de la ciudad de Pisaq el relieve de esta sub-unidad es bastante empinada. A esta unidad también corresponden las laderas de las quebradas Pillatahuayco, Chaupihuayco y Culispata. En las laderas abruptas afloran rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias muy fracturadas, sobre las cuales se han desarrollado depósitos coluviales pertenecientes a deslizamientos, derrumbes, y conos que por la presencia de agua principalmente se vuelven inestables.

El relieve de esta sub-unidad es bastante empinada ubicada al Norte de la ciudad, sin embargo en estas laderas se tienen restos arqueológicos incas donde se aprecian principalmente andenes y restos de construcciones pertenecientes al Conjunto Arqueológico de Pisaq.

Las laderas de esta sub-unidad, no son convenientes para asentamientos urbanos por los peligros que presentan y además en algunos casos por ser zonas arqueológicas; pero sin embargo la mayoría de las viviendas de la quebrada Chaupihuayco se asientan sobre esta unidad geomorfológica.

3.2.2.2. UNIDAD DE QUEBRADAS Y RIOS

1. QUEBRADA CULISPATA (KITAMAYO)

La quebrada Culispata tiene una longitud de aproximada de 4.87 Km. y una pendiente media de 21%. Esta quebrada se inicia por la confluencia de dos quebradas y el tramo más largo nace en la laguna de Quillhuacocha. En su recorrido se puede reconocer la comunidad de Viacha (4172 m.s.n.m.), y además bordea el cerro Intihuatana donde se encuentran emplazados los restos incas pertenecientes al Conjunto Arqueológico Pisaq.

A lo largo de la quebrada Culispata se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos, algunos en vías de reactivación, cárcavas, derrumbes y erosión local de las márgenes del río Kitamayo.

2. QUEBRADA PILLATAHUAYCO

La quebrada Pillatahuayco tiene una longitud de aproximada de 2.43 Km. y una pendiente aproximada de 41 %. Esta quebrada se inicia por la confluencia de varias pequeñas quebradas, el flujo hídrico es muy escaso, por lo que su presencia no es motivo de peligro.

3. QUEBRADA CHAUPIHUAYCO

La quebrada Chaupihuayco tiene una longitud de aproximada de 17.49 Km. y una pendiente aproximada de 7.8 %. Esta quebrada se inicia por la confluencia de dos grandes quebradas. El cauce principal atraviesa las localidades de Chahuaytiri, Cuyo Grande, Cuyo Chico ingresando a la ciudad de Pisaq por el lado Sureste. Otro cauce extenso es aquel que nace en las lagunas de Quimsacocha y Azulcocha en la comunidad de Paruparu, y bordea las comunidades de Amaru y Quello Quello hasta su confluencia con el ramal principal Chaupihuayco a la altura de la comunidad de Sakaka.

A lo largo de la quebrada Chaupihuayco se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos, algunos en vías de reactivación, cárcavas, derrumbes y erosión local de las márgenes del río Chongo.

4. VALLE VILCANOTA

El río Vilcanota es el colector principal de la gran cuenca hidrográfica del mismo nombre. Forma el valle con piso de valle amplio y laderas empinadas. Los conos aluviales sobre la que se sitúa la ciudad de Pisaq, han rellenado el cauce del río Vilcanota, así como depósitos fluviales que han formado un valle amplio y plano correspondiendo a terrazas fluviales con poco desnivel al río.

El valle en la zona de estudio se halla conformado por terrazas amplias, mostrando una evolución madura cuyo cauce forma canales entrelazados. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas. En sus márgenes se observan importantes conos aluviales como el Taray, Culispata y Chaupihuayco.

Los principales afluentes del río Vilcanota en la zona de estudio lo constituyen los ríos Chaupihuayco (Chongo), Culispata (Kitamayo), Pillatahuayco y Taray.

En el paso del río vilcanota por la ciudad de Calca, las márgenes se encuentran encauzadas por muros de contención, pero en las áreas de expansión se encuentras desprovistas o cuentan con muros provisionales construidas sin ningún criterio técnico.

3.3. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

Se describen a continuación las diferentes formaciones geológicas existentes en la localidad de Pisaq así como en las quebradas Pillatahuayco, Culispata (Kitamayo), y Chaupihuayco (Chongo) y alrededores, tipificando sus características litológicas y estructurales.

3.3.1. ESTRATIGRAFIA

En la zona de estudio afloran unidades litológicas, que van desde el Paleozoico inferior hasta el Cuaternario y se distribuyen tal como se presenta en el **MAPA Nº 02** (GEOLOGICO), de acuerdo a la descripción siguiente:

3.3.1.1. FORMACION CCATCA (DsCi-cc)

Se llama Formación Ccatca (Carlotto, 2003) a una secuencia de cuarcitas y pizarras que afloran al Norte de la ciudad de Pisaq y particularmente en las ruinas de Pisaq prolongándose hacia el Este y Sureste (Cuyo Grande y Cuyo Chico).

La característica más importante de esta formación en la zona de estudio es la presencia de diamictitas (conglomerados), cuarcitas y pizarras. En efecto, en los cerros Puccaccasa y Pataccahuana y además en parte de la carretera que va a de Pisaq a las ruinas del mismo nombre, se hallan conformados por estas rocas. Los clastos de las diamictitas varían en tamaño, alcanzando incluso bloques de varios metros. Igualmente se tienen capas de cuarcitas con laminaciones oblicuas de medios de playas. El espesor es variable pero su promedio es 200 m. Se le asigna una edad Devoniano terminal-Carbonífero inferior?

Desde el punto de vista mecánico estas rocas son poco consistentes, principalmente las diamictitas, ya que su matriz arcillosa en contacto con el agua actúa de manera plástica y en zonas de pendientes fuertes desarrolla deslizamientos como en Cuyo Chico o en las ruinas incas de Pisaq.

3.3.1.2. GRUPO COPACABANA (Pi-c)

El Grupo Copacabana (Newell et al, 1949) aflora ampliamente en el Anticlinal de Vilcanota y más específicamente cerca de la ciudad de Pisaq al pie de carretera que va hacia Calca. Aflora también en la margen derecha de la quebrada de Taray donde forma el núcleo del Anticlinal de Vilcanota.

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

le tiene un espesor de 600 a 700 metros para este grupo. A este grupo se le asigna una edad Pérmico inferior.

Desde el punto de vista mecánico las calizas son rocas estables, sin embargo, las lutitas pueden desarrollar deslizamientos.

3.3.1.3. GRUPO MITU (PmTi-m)

El Grupo Mitu (Mc Laughlin, 1924) sobreyace en discordancia erosional al Grupo Copacabana. Aflora ampliamente en la zona de estudio, a lo largo del Anticlinal de Vilcanota, desde Pisaq hasta Calca. En el Grupo Mitu se diferencian dos unidades litoestratigráficas, denominadas formaciones Pisaq y Pachatusan (Candia & Carlotto, 1985; Carlotto et al, 1988).

El Grupo Mitu aflora ampliamente en las quebradas de la zona de estudio, así como en ambas márgenes del río Vilcanota.

Se trata de rocas volcánicas constituida por brechas, aglomerados y coladas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas, se intercalan con rocas sedimentarias (conglomerados y areniscas cuarzosas), caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Las rocas volcánicas, las tobas, lapilli y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos.

Estas rocas, en general están muy fracturadas por lo que constituyen buenos acuíferos fisurados. Pueden ser utilizadas como materiales de construcción. Cuando están alteradas y muy fracturadas pueden desarrollar deslizamientos.

1. FORMACIÓN PISAC

La Formación Pisac (Gabelman & Jordan, 1964), aflora en al Anticlinal de Vilcanota, descansando en discordancia sobre el Grupo Copacabana, por intermedio, o no, de un nivel volcánico. Posteriormente se tienen secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados, intercalados con areniscas y limolitas rojas. Los conglomerados contienen clastos de calizas, volcánicos y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales.

2. FORMACIÓN PACHATUSAN

La Formación Pachatusan (Gregory, 1916) está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Las rocas volcánicas, las tobas, lapilli y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos.

Los afloramientos de rocas volcánicas de esta formación, se extienden desde Pisaq hasta Calca y Urubamba.

La base de esta unidad en el Anticlinal de Vilcanota, entre el Sur de San Salvador y Pillahuara, sobreyace a una barra gruesa de conglomerados que resalta en los afloramientos y está representada por riolitas con textura fluidal (Noreste de Pisaq). Las andesitas parecen

constituir el grueso de la formación, las que están acompañadas de tobas y brechas. Es muy común la presencia en los volcánicos, de vacuolas rellenadas con zeolitas. Niveles espilíticos se observan al Norte de Vichos, ignimbritas al Noreste del Anticlinal de Vilcanota y Norte de Urubamba. El espesor de esta unidad es variable, siendo en la zona de estudio de 600 a 1000 metros.

3.3.1.4. FORMACION HUAMBUTIO (JsKi-hm)

Esta formación aflora al Noroeste de la ciudad de Pisaq en el cerro Quehuar. La Formación Huambutío sobreyace a la formación Maras e infrayace al Grupo Mitu.

En esta zona, aparece una secuencia roja de areniscas finas y limolitas. Este miembro frecuentemente se halla incompleto por efectos erosivos.

La Formación Huambutío no ha proporcionado fósiles por lo que, Carlotto et al. (1991), realizó correlaciones de esta unidad con otras similares del Sur del Perú y de Bolivia asumiéndole una edad Kimmeridgiano-Berriasiano?

3.3.1.5. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)

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

Las areniscas cuarzosas, por ser bastante porosas y permeables, la hacen muy buenos acuíferos. Pueden ser utilizados como materiales de construcción. Un interés económico puede ser la explotación de los granos de cuarzo que son muy redondeados y homogéneos.

3.3.1.6. GRUPO YUNCAYPATA

Anteriormente definido como Formación Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), esta unidad no presenta una columna completa, debido a que comporta varios niveles de despegue.

El Grupo Yuncaypata que aflora en la zona de estudio corresponde a la formación Paucarbamba

Desde el punto de vista mecánico las rocas de este grupo son inestables, muy especialmente los yesos.

1. FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Ki-pb)

La Formación Paucarbamba (sedimentación marina poco profunda areno-pelítica) reposa concordantemente sobre la Formación Huancané (sedimentación fluvial) y aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza.

Esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, de plataforma litoral. El espesor puede variar desde los 50 metros, hasta los 300 metros.

La Formación Paucarbamba sobreyace a la Formación Huancané e infrayace a la Formación Maras no datada, esta última bajo la Formación Ayavacas o calizas Yuncaypata de edad Albiana-Turoniana. Por correlaciones regionales y por sobreyacer a la Formación Huancané se le asigna una edad comprendida entre el Aptiano superior-Albiano inferior (Cretácico medio).

Por el poco espesor presente en la zona no se tiene antecedentes de un comportamiento geodinámico inestable debido a la presencia de yesos y lutitas.

2. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)

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

El espesor total de esta unidad, puede variar de 100 a 200 metros, aunque en algunos lugares pueden sobrepasa los 400 metros debido a efectos diapíricos y tectónicos. Se le asigna una edad Albiana media, en base a su posición estratigráfica y por correlaciones.

3.3.1.7. CUATERNARIO

1. FORMACION RUMICOLCA (Q-ru)

Un pequeño cuerpo volcánico de dirección Norte-Sur, afloran al Norte de la ciudad de Pisaq, en la margen derecha de la Culispata (Kitamayo).

Este volcanismo está caracterizado por coladas de lavas de dimensiones pequeñas y raros conos de escorias. Estos cuerpos volcánicos han sido descritos como andesitas, siendo su litología muy similar de un afloramiento a otro. Sin embargo, por la geoquímica han sido clasificadas como shoshonitas. Son consideradas de edad Plio-Cuaternaria en base a criterios estratigráficos y dataciones radiométricas.

2. DEPÓSITOS GLACIARIOS (Q-g)

Los depósitos glaciares, se ubican al Norte de Pisaq particularmente en la laguna Totoracocha donde las morrenas han dado origen a esta laguna.

Las morrenas son depósitos compuestos de bloques en una matriz de gravas areno-arcillosa. Su comportamiento no es estable cuando se halla en zonas de pendiente abrupta y solo necesitan agua o aludes para formar aluviones. Su comportamiento en la zona es relativamente estable. Sin embargo pueden constituir materia prima para el desarrollo de aluviones.

3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Dentro de estos depósitos, hemos considerado los conos aluviales. Estos conos están adosados a la desembocadura de las quebradas adyacentes al valle del río Vilcanota. Es importante el con aluvial de Pisaq los que están conformados por grandes bloques de rocas volcánicas, envueltos por una matriz areno-arcillosa. Su comportamiento mecánico es aceptable a bueno.

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

4. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo del valle particularmente del Vilcanota así como en las quebradas próximas a la ciudad de Pisaq.

Generalmente estos materiales son inconsolidados y tienen alta permeabilidad; están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas, las que en algunos casos vienen siendo explotados de manera irracional.

Sobre los depósitos fluviales de las quebradas Kitamayo, Chaupihuayco y Vilcanota se ubican muchos asentamientos humanos, hospedajes, terrenos agropecuarios, y caminos.

5. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)

Son depósitos originados por la descomposición in situ de las rocas y que además tienen algún movimiento por gravedad.

Estos depósitos se reconocen en las laderas de pendiente fuerte de los cerros circundantes a la ciudad de Pisaq así como en las laderas de las quebradas próximas a Pisaq.

Estos depósitos están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado de bloques, gravas en una matriz limo-arcillosa. Las gravas son de pizarras, diamictitas, areniscas, y rocas volcánicas.

Dentro de estos depósitos también se consideran los depósitos de deslizamientos que se observan en las laderas de las quebradas, algunas muy inestables y activas como en Cuyo Chico.

3.3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En la zona de Pisaq y alrededores predomina el Anticlinal de Vilcanota que tiene una dirección NO-SE afectando las rocas paleozoicas y mesozoicas. En la parte Noreste se tienen varios sistemas de fallas inversas de dirección NO-SE paralelo al anticlinal pero con inclinación hacia el Noreste. Estos cabalgamientos hacen repetir al Grupo Mitu sobre la Formación Paucarbamba y la Formación Ccatca sobre el Grupo Mitu, todo esto en el flanco Noreste del Anticlinal de Vilcanota **(MAPA Nº 02)**.

3.4. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.4.1. UBICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Pisaq se encuentra ubicada en la margen derecha del río Vilcanota aproximadamente a 30 Km. al Noreste de la ciudad del Cusco. El distrito de Pisaq, pertenece a la provincia de Calca.

Se encuentra entre las coordenadas 13º 25’ y 13º 26’ latitud Sur; 71º 52’ y 71º 51’ longitud Oeste y está situada a una altitud media de 3000 m.s.n.m.

La importancia histórica de la ciudad de Pisaq se debe a la proximidad del complejo arqueológico Inca del mismo nombre que forma parte del circuito turístico denominado Valle Sagrado de los Incas

La ciudad de Pisaq está interconectada a la ciudad del Cusco a través de la carretera asfaltada Cusco-Urubamba y también mediante la carretera Cusco-Sicuani a través del ramal Huambutío-Pisaq.

3.4.2. RIO VILCANOTA

El río Vilcanota se origina en el nevado Cunuruna cerca del Abra La Raya, provincia de Melgar, Puno, y en su descenso irriga, entre otras, las tierras de Maranganí, Sicuani, Combapata, Quiquijana y Urcos. Al llegar a Huambutío, el Vilcanota recibe la afluencia del Huatanay. Luego de regar los campos de Pisaq, Calca y Yucay, pasa a la ciudad de Urubamba, a partir de la cual cambia de denominación. De allí en adelante el río Urubamba sigue su curso descendente por Ollantaytambo y Quillabamba hasta llegar al departamento de Ucayalí, en el que al confluir con el río Tambo en la localidad de Atalaya.

El río Vilcanota a su paso por la ciudad de Pisaq, presenta un régimen torrencial y se caracteriza por arrastrar grandes volúmenes de grava y arena que luego van a acumularse en playas de las localidades de Ccoya y Lamay.

El río Vilcanota en el sector de Pisaq cuenta con defensas ribereñas a lo largo de 400 y 300 metros aguas arriba y abajo del puente, teniendo por tanto un cauce definido y casi recto, su ancho varía entre 45 a 60 metros. Aguas abajo la falta de defensas hace que río vaya alterando su cauce, y presenta algunos bancos de arena e islas que desaparecen en temporadas de crecidas. De acuerdo a la información fluviométrica de la estación meteorológica de Pisaq, y para diversos métodos se ha determinado caudales máximos para diferentes períodos de retorno.

Caudales máximos del río Vilcanota (Pisaq) en m^3/seg para diferentes períodos de retorno

Método	Período de retorno (años)			
	10	25	50	100
Gumbel	470.28	557.90	624.18	690.46
Nash	469.20	533.28	581.05	628.66
Lebediev	355.30	449.55	514.95	580.98

De acuerdo al mapa de peligros elaborado, se aprecia que un gasto con período de retorno de 50 años puede alcanzar e incluso rebasar la altura de los muros existentes, lo cual probablemente provocaría inundaciones que en la parte sur este no alcanzaría las viviendas por cuanto estas se encuentran retiras. El peligro mayor lo encontramos aguas abajo del puente en la margen derecha donde se han edificado viviendas prácticamente sobre los mismos muros de encauzamiento y también en margen izquierda donde no existen muros de defensa.

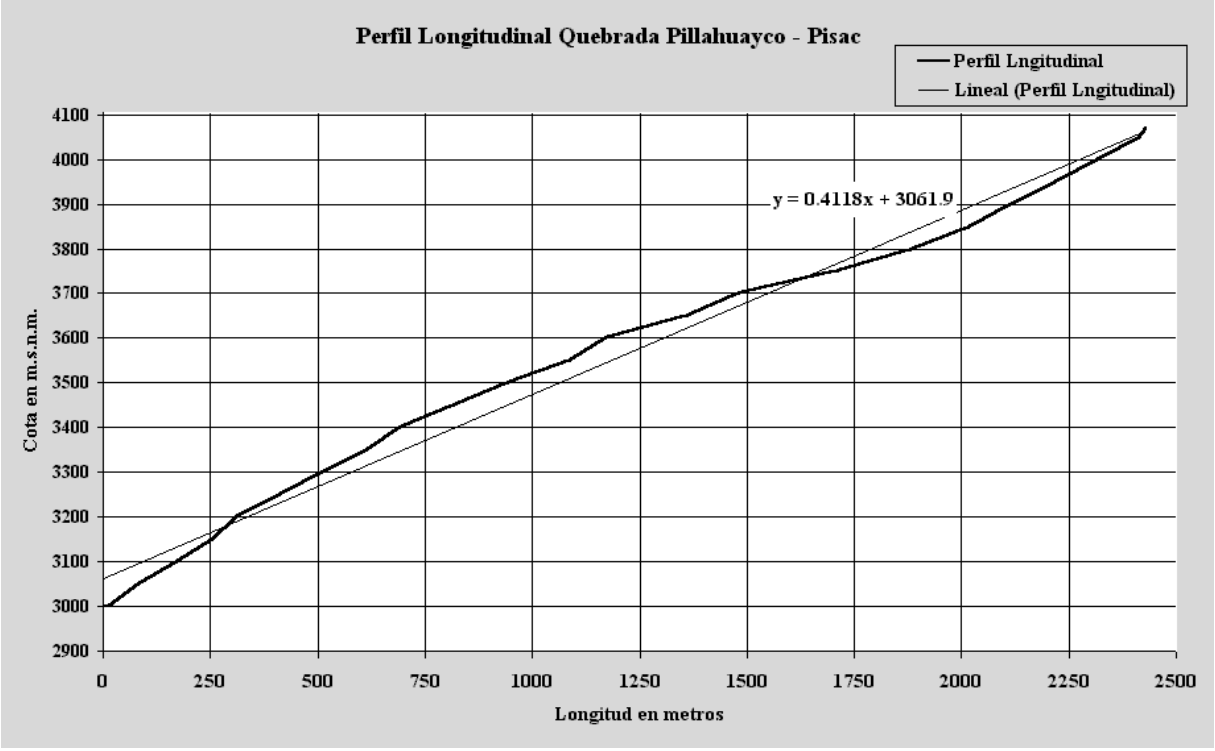
3.4.3. IDENTIFICACIÓN DE SUB - CUENCAS

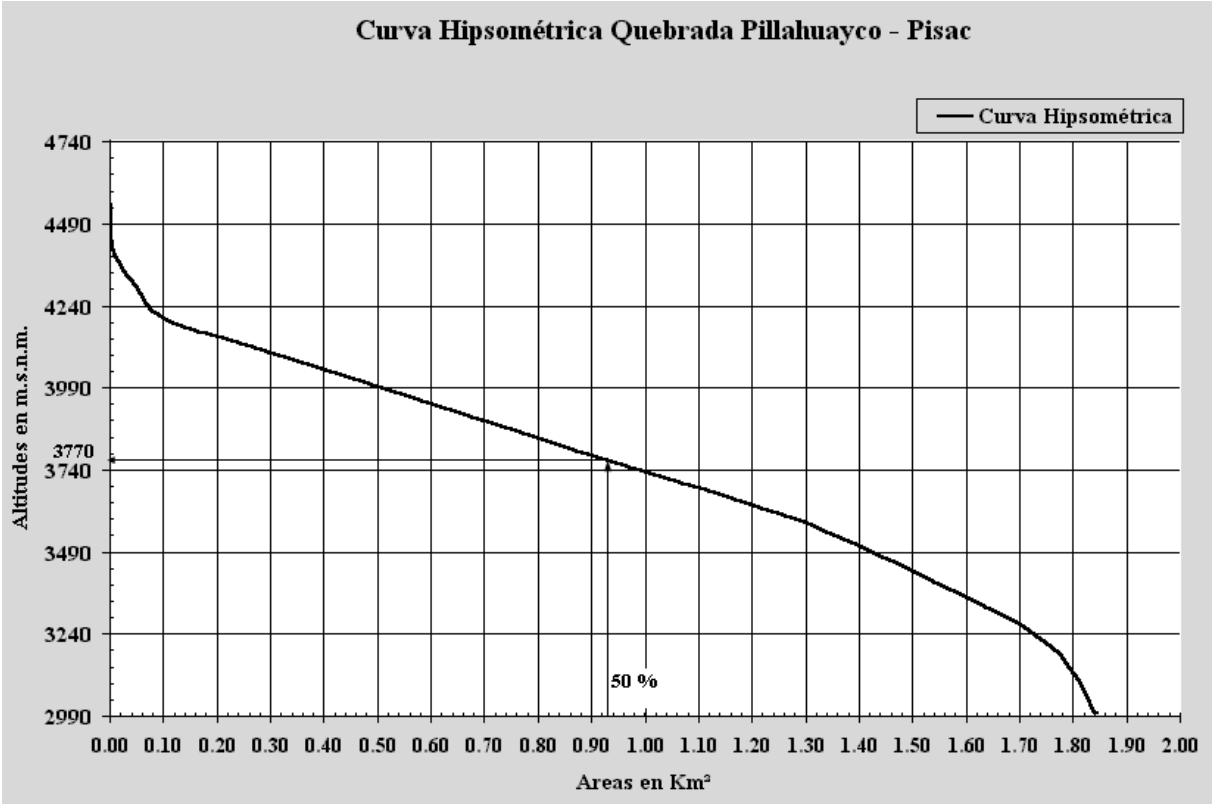
Desde el punto hidrológico se han identificado tres ríos que atraviesan o se encuentran muy próximos a la ciudad de Pisaq, estos ríos constituyen los canales de drenaje de tres sub-cuencas como son: Pillatahuayco, Culispata, y Chaupihuayco **(MAPA Nº 03)**. Los cuales a su vez son tributarios del río Vilcanota, y sólo en el caso del tercero se observa un flujo perenne, en el caso de los dos primeros se trata solamente de flujos temporales.

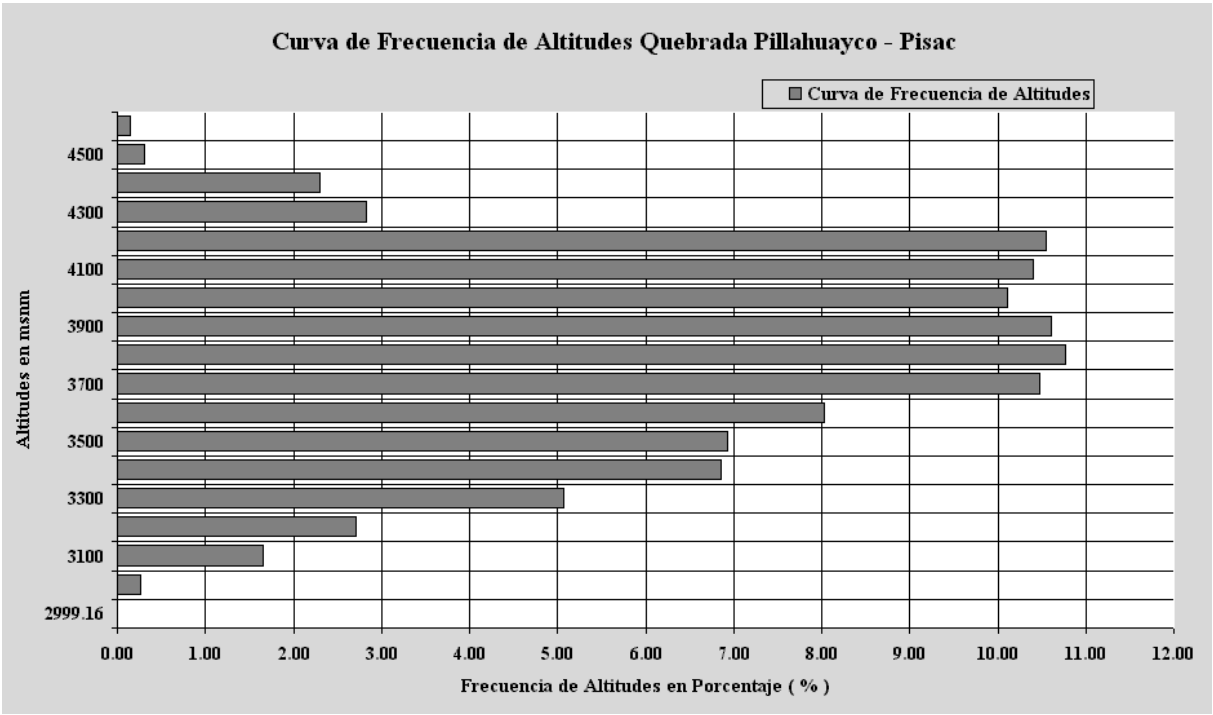
3.4.3.1. SUB - CUENCA PILLATAHUAYCO

Comprende un área de **1.85 Km^2**. Esta sub-cuenca presenta una topografía accidentada conformada por una quebrada empinada con una pendiente media de **71.4 %**.

El cauce principal atraviesa la zona Norte de la ciudad y presenta una pendiente media de **41.2%**. El río Pillatahuayco es un tributario efímero, quedando completamente seco en épocas de estiaje. Su presencia no es motivo de peligro desde el punto de vista hidrológico aún en temporadas de fuertes precipitaciones. Según las estimaciones se ha encontrado caudales máximos de **5.81 y 8.34 m^3/seg** para períodos de retorno de 10 y 50 años de acuerdo al método de Mac Math.







1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LA SUB - CUENCA - PILLATAHUAYCO

Punto más alto de la cuenca	: 4300 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 2999.16 m.s.n.m.
Área de la cuenca	: 1.85 Km^2

Perímetro de la cuenca	: 7.04 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4069.19 m.s.n.m.
Punto más bajo del cauce principal	: 2999.16 m.s.n.m.
Longitud de cauce principal	: 2.43 Km.
Longitud total de las corrientes	: 2.43 Km.
Densidad de drenaje (D_d)	: 1.31 Km^{-1}
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel	: 26.4 Km
Pendiente media de la cuenca	: 0.714 = 71.4 %
Pendiente media del cauce principal	: 0.412 = 41.2 %
Índice de Gravelious	: 1.45

Rectángulo Equivalente

L (lado mayor)	: 2.88 Km.
l (lado menor)	: 0.64 Km.
Longitud más larga de la cuenca L_l	: 3.00 Km.
Factor de forma	: 0.21
Altitud media de la cuenca	: 3 770 m.n.s.m.

2. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS

Tiempo de concentración

Fórmula Kirpich	: 10.82 min.
Fórmula Australiana	: 39.75 min.
Periodo de retorno (asumido)	: 20 años.
Intensidad máxima para el periodo de retorno asumido y el tiempo de concentración determinado para la cuenca	: 42 mm/h
Coeficiente de escorrentía (C)	: 0.28
Caudal Máximo (Q) - Método Directo	: 4.48 m^3/seg.
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)	: 0.055
Área 1 (aguas abajo) A_1	: 0.84 m^2
Perímetro mojado 1 (P_1)	: 3.66 m.
Área 2 (aguas arriba) A_2	: 0.90 m^2
Perímetro mojado 2 (P_2)	: 2.49 m.
Área promedio (A)	: 0.87 m^2
Radio hidráulico 1 (R_1)	: 0.23 m.
Radio hidráulico 2 (R_2)	: 0.36 m.
Radio hidráulico promedio (R)	: 0.30 m.
Pendiente media (S)	: 40 % = 0.40 m/m

3. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Para el presente estudio se ha utilizado información hidrometeorológica de la Estación de Perayoc, que pertenece a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Esta estación cuenta con pluviómetro y pluviógrafo además de otros instrumentos de termometría, evaporímetros, higrómetro y otros propios de una estación hidrometeorológica. Los registros pluviométricos son de mucha confiabilidad. En este caso se han utilizado datos de tormentas máximas anuales desde el año 1965 al año 1999, los mismos que han sido regionalizados para la zona en estudio.

4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL

Los caudales máximos se han determinado usando el software del Centro Guamán Poma de Ayala. Se trata de un modelo hidrológico determinístico, cuyos datos de entrada son:
El área de la cuenca, longitud del cauce, pendiente de la cuenca, pendiente del cauce, cota del punto más alto y más bajo, cota del punto de interés, cota de la altura media, cota de la estación base, longitud del cauce desde el punto más cercano al centroide hasta el punto de interés, distancia al centro de gravedad, temperatura promedio, tiempo de concentración, rango de intensidad, coeficiente de escorrentía y tormentas máximas anuales. Los datos se muestran en el **Anexo Nº 01**.

El software genera la siguiente información:

1° Distribución ponderada de intensidades anuales.
2°Proyección probabilística de intensidades para las distribuciones: normal, de Gumbel, Pearson, Log-Normal y Log-Pearson tipo III.
3° Generación de caudales por los métodos de:

- Mac Math (distribución:Gumbel, Normal, Pearson, Log-normal de dos parámetros).
- Método Racional (distribución:Gumbel, Normal, Pearson, Log-normal de dos parámetros).
- Método de Heras (distribución:Gumbel, Normal, Pearson, Log-normal de dos parámetros).
- Método del hidrograma triangular (distribución:Gumbel, Normal, Pearson, Log-normal de dos parámetros).

4° Hidrogramas de crecidas para las distribuciones de: Gumbel, Normal, Pearson, Log-Normal y Log-Pearson.

Los caudales obtenidos para el río Pillatahuayco para períodos de retorno de 10 y 50 años fueron:

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de Retorno de 10 años, y para una duración D = 10 minutos

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	5.81		4.82	8.07
Normal	5.41		4.78	8.00
Pearson	5.87	5.41	4.87	8.16
Log-Normal	6.06	5.58	5.03	8.46

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de Retorno de 10 años, y para una duración D = 10 minutos

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	8.34	7.69	6.92	11.97
Normal	7.28	6.71	6.04	10.34
Pearson	8.22	7.58	6.82	11.78
Log-Normal	9.87	9.09	8.19	14.31

5. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA

Densidad de drenaje (D_d)

$$D_d = \frac{L}{A}$$

$$D_d = \frac{2.43}{1.85}$$

$$D_d = 1.31\ Km^{-1}$$

Índice de Gravelious (K)

$$K = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28\frac{7.04}{\sqrt{1.85}}$$

$$K = 1.45$$

Cálculo del Rectángulo Equivalente

Para el cálculo del lado mayor se tiene:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

$$L = \frac{1.45\sqrt{1.85}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.45}\right)^2}\right)$$

$$L = 2.88\ Km.$$

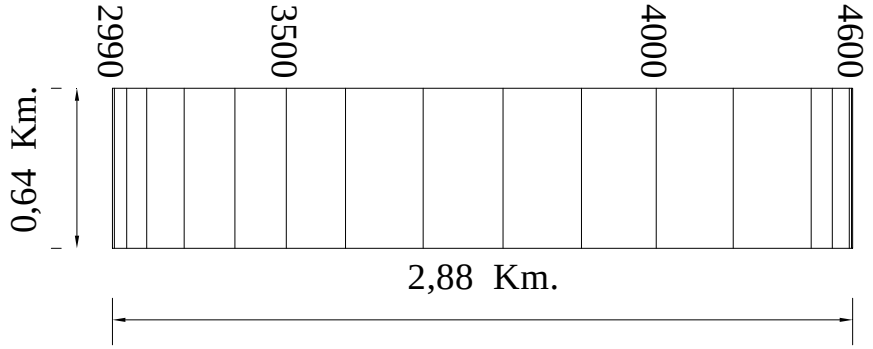
Cálculo del lado menor:

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

$$l = \frac{1.45\sqrt{1.85}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.45}\right)^2}\right)$$

$$l = 0.64\ \text{Km.}$$

Rectángulo Equivalente



Factor de Forma de la Cuenca (F)

$$F = \frac{A}{L_l^{\,2}}$$

$$F = \frac{1.85}{3.00^2}$$

$$F = 0.21$$

Tiempo de Concentración (T_c)
Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 0.0195\left(\frac{2430^3}{4069.19 - 2999.16}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 10.82 \text{ min}$$

Fórmula Australiana

$$T_c = \frac{58L}{A^{0.1}S^{0.2}}$$

$$T_c = \frac{58 \times 2.43}{1.85^{0.1}412^{0.2}}$$

$$T_c = 39.75 \text{ min}$$

6. CÁLCULO DE GASTO POR EL MÉTODO DIRECTO

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \qquad A = \frac{0.84 + 0.90}{2} \qquad A = 0.87\ m^2$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} \qquad R_1 = \frac{0.84}{3.66} \qquad R_1 = 0.23 \text{ m.}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} \qquad R_2 = \frac{0.90}{2.49} \qquad R_2 = 0.36 \text{ m.}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} \qquad R = \frac{0.23 + 0.36}{2} \qquad R = 0.30 \text{ m.}$$

$$Q = \frac{1}{0.055} 0.87 \times 0.30^{2/3} 0.40^{1/2}$$

$$Q = 4.48\ m^3 / seg$$

3.4.3.2. SUB - CUENCA DE CULISPATA

Comprende un área de **8.32 Km^2**. La sub-cuenca Culispata presenta una pendiente media de **41 %**; y un relieve conformado por quebradas, pequeños bosques y algunas áreas de cultivo, con una cobertura vegetal de regular a pobre, y una densidad de drenaje de 1.29 Km^{-1}. Lo que implica una respuesta rápida a la evacuación de aguas pluviales.

En el estudio de sus características físicas se ha encontrado que el factor de forma calculado es de **0.26**.

1. RÍO CULISPATA

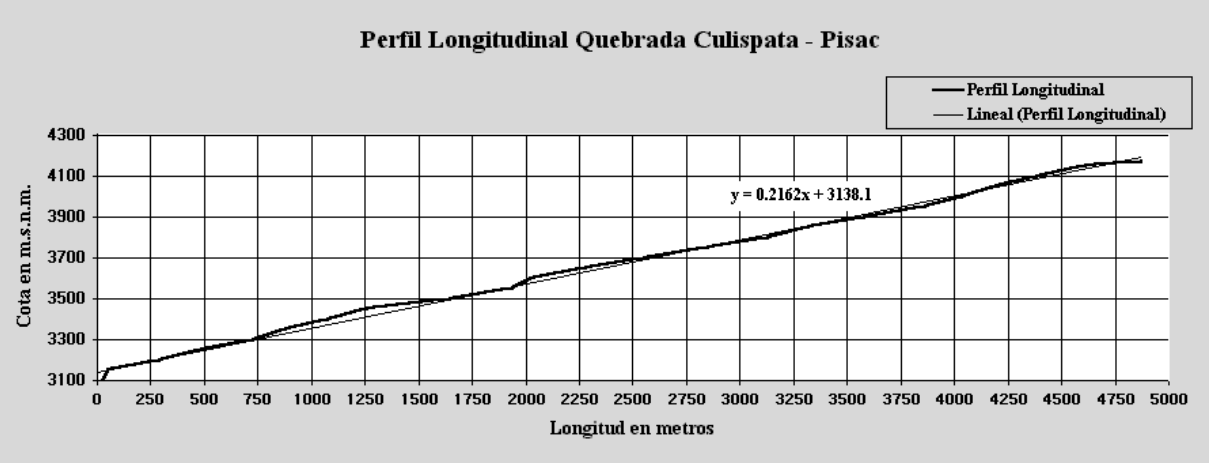
El cauce principal de la sub-cuenca de Culispata constituye un tributario de segundo orden y el tramo más largo nace en la laguna de Quillhuacocha a la altura de la comunidad de Viacha a una altitud aproximada de **4 172 m.s.n.m**. con un recorrido de **4.87 Km**. Hasta su ingreso en la ciudad de Pisaq. En su recorrido bordea el cerro Intihuatana en cuyas alturas se encuentran emplazadas las ruinas del complejo arqueológico de Pisaq.

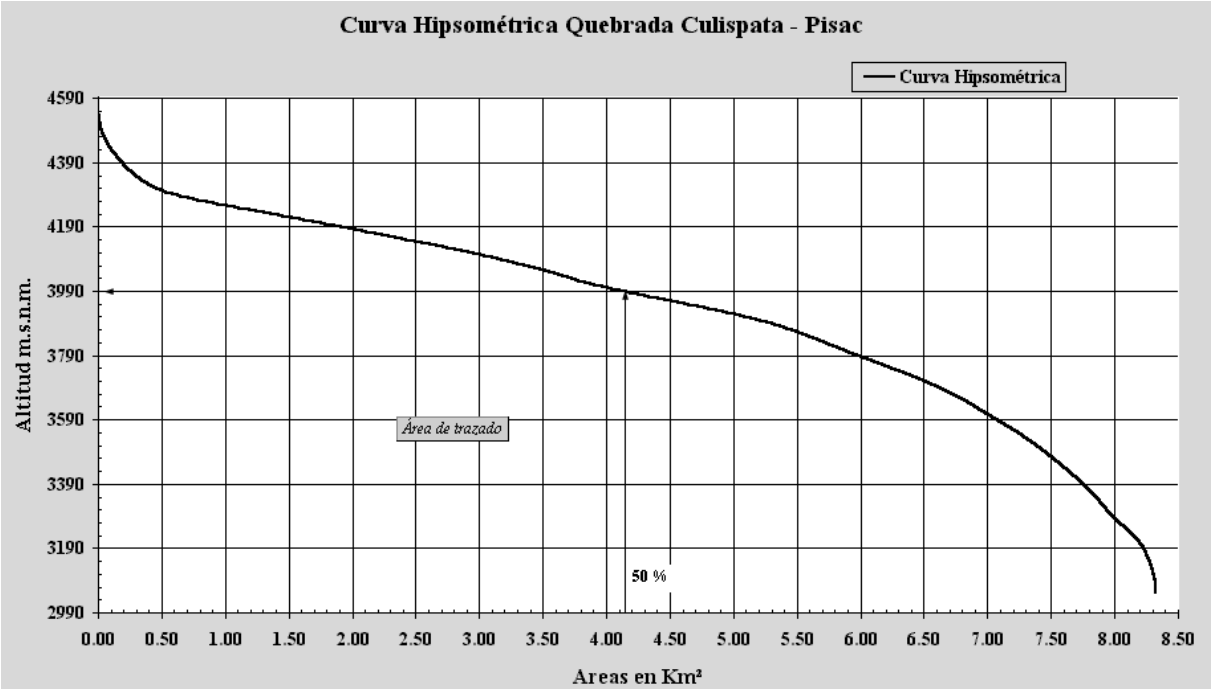
Los caudales máximos estimados por el método de Mac Math (distribución Gumbel), fueron de **10.42 y 14.13 m^3/seg** para períodos de retorno de 10 y 50 años. Por el método directo se ha calculado un gasto máximo de **18.39 m^3/seg**. Cabe anotar que en época de estiaje el río queda completamente seco.

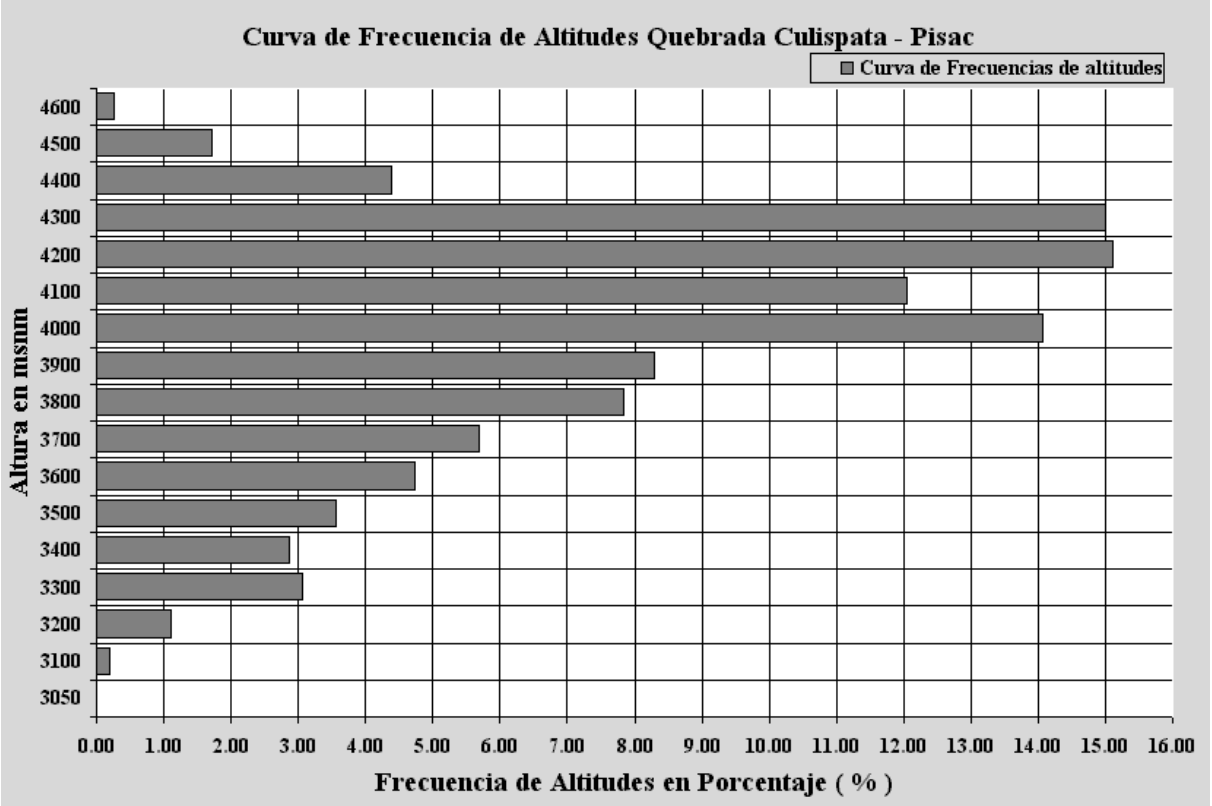
De las observaciones en campo se deduce que su presencia denota un peligro latente por la pendiente fuerte de su cauce **(21.2 %)**, habiéndose registrado hasta dos desbordamientos que inundaron parte de la plazoleta de la ciudad.

Por el tamaño de las piedras arrastradas (tamaño máximo 60 pulg.) se puede inducir la magnitud de las avenidas máximas que pueden ocurrir.

Actualmente cuenta con muros de encauzamiento de concreto que desvían el curso hacia el cruce con la pista.







2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SUB - CUENCA DE CULISPATA

Punto más alto de la cuenca	: 4 500 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 3 050 m.s.n.m.
Área de la cuenca	: 8.32 Km^2
Perímetro de la cuenca	: 14.16 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4 172.07 m.s.n.m.

Punto más bajo del cauce principal : 3 050 m.s.n.m.
Longitud de cauce principal : 4.87 Km.
Longitud total de las corrientes : 10.86 Km.
Densidad de drenaje (D_d) : 1.29 Km^{-1}
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel : 67.17 Km
Pendiente media de la cuenca : 0.41 = 41 %
Pendiente media del cauce principal : 0.212 = 21.2 %
Índice de Gravelious : 1.37

Rectángulo Equivalente
L (lado mayor) : 5.56 Km.
l (lado menor) : 1.50 Km.
Longitud más larga de la cuenca L_l : 5.71 Km.
Factor de forma : 0.26
Altitud media de la cuenca : 3 990 m.n.s.m.

3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS

Tiempo de concentración
Fórmula Kirpich : 23.71 min.
Fórmula Australiana : 78.28 min. = 1.30 horas.
Periodo de retorno (asumido) : 20 años.
Intensidad máxima para el periodo de retorno asumido y el tiempo de concentración determinado para la cuenca : 25.58 mm/h
Coeficiente de escorrentía (C) : 0.32
Caudal máximo (Q)
Fórmula Racional : 18.92 m^3/seg.
Método Directo : 29.08 m^3/seg.
Coeficiente de rugosidad de Manning (n) : 0.073
Área 1 (aguas abajo) A_1 : 5.86 m^2
Perímetro mojado 1 (P_1) : 8.79 m.
Área 2 (aguas arriba) A_2 : 7.21 m^2
Perímetro mojado 2 (P_2) : 10.63 m.
Área promedio (A) : 6.54 m^2
Radio hidráulico 1 (R_1) : 0.67 m.
Radio hidráulico 2 (R_2) : 0.68 m.
Radio hidráulico promedio (R) : 0.68 m.
Pendiente media (S) : 4 % = 0.04 m/m

4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL

Caudales máximos obtenidos usando el programa del Centro Guamán Poma (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de Retorno de 10 años, y para una duración D = 110 minutos.

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	10.42	14.54	13.15	22.27
Normal	10.36	14.51	13.06	22.10
Pearson	10.49	14.69	13.23	22.44
Log-Normal	10.99	15.04	13.86	23.71

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de Retorno de 50 años, y para una duración D = 110 minutos.

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	14.13	19.89	17.90	31.88
Normal	12.62	17.68	15.85	27.87
Pearson	13.61	18.98	17.08	30.21
Log-Normal	15.91	22.29	19.40	36.21

5. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA

Densidad de drenaje (D_d)

$$D_d = \frac{L}{A}$$

$$D_d = \frac{10.86}{8.32}$$

$$D_d = 1.29\ Km^{-1}$$

Índice de Gravelious (K)

$$K = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28\frac{14.16}{\sqrt{8.32}}$$

$$K = 1.37$$

Cálculo del Rectángulo Equivalente

Para el cálculo del lado mayor se tiene:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

$$L = \frac{1.37\sqrt{8.32}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.37}\right)^2}\right)$$

$$L = 5.56\ Km.$$

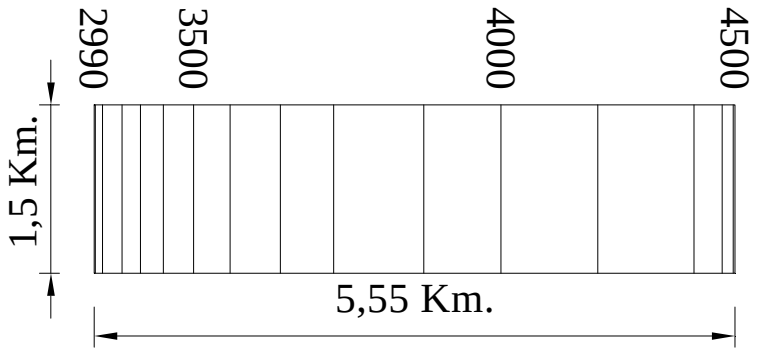
Cálculo del lado menor:

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

$$l = \frac{1.37\sqrt{8.32}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.37}\right)^2}\right)$$

$$l = 1.50 \text{ Km.}$$

Rectángulo Equivalente:



Factor de Forma de la Cuenca (F)

$$F = \frac{A}{L_l^{\,2}}$$

$$F = \frac{8.32}{5.71^2}$$

$$F = 0.26$$

Tiempo de Concentración (T_c)
Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 0.0195\left(\frac{4870^3}{4172.07-3050}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 23.71 \text{ min}$$

Fórmula Australiana

$$T_c = \frac{58L}{A^{0.1}S^{0.2}}$$

$$T_c = \frac{58\times 4.87}{8.32^{0.1}212^{0.2}}$$

$$T_c = 78.28 \text{ min}$$

6. CÁLCULO DE GASTO POR EL MÉTODO DIRECTO

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \qquad A = \frac{5.86 + 7.21}{2} \qquad A = 6.54\ m^2$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} \qquad R_1 = \frac{5.86}{8.79} \qquad R_1 = 0.67\ \text{m.}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} \qquad R_2 = \frac{7.21}{10.63} \qquad R_2 = 0.68\ \text{m.}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} \qquad R = \frac{0.67 + 0.68}{2} \qquad R = 0.68\ \text{m.}$$

$$Q = \frac{1}{0.055} 6.54 \times 0.68^{2/3} 0.04^{1/2}$$

$$Q = 18.39\ m^3 / seg$$

3.4.3.3. SUB-CUENCA CHAUPIHUAYCO

Comprende un área de 118 Km^2. Y tiene una densidad de drenaje de 0.936 Km^{-1}, lo cual refleja la poca cobertura vegetal y se debe a la presencia de numerosas parcelas de cultivo.

La sub-cuenca Chaupihuayco presenta una pendiente media de 37.5 % con un factor de forma de 0.53.

1. RIO CHAUPIHUAYCO (RÍO CHONGO)

Es un tributario de cuarto orden, su cauce más largo Chaupihuayco-Pascanacancha-Collpahuayco tiene una longitud de 17.49 Km.

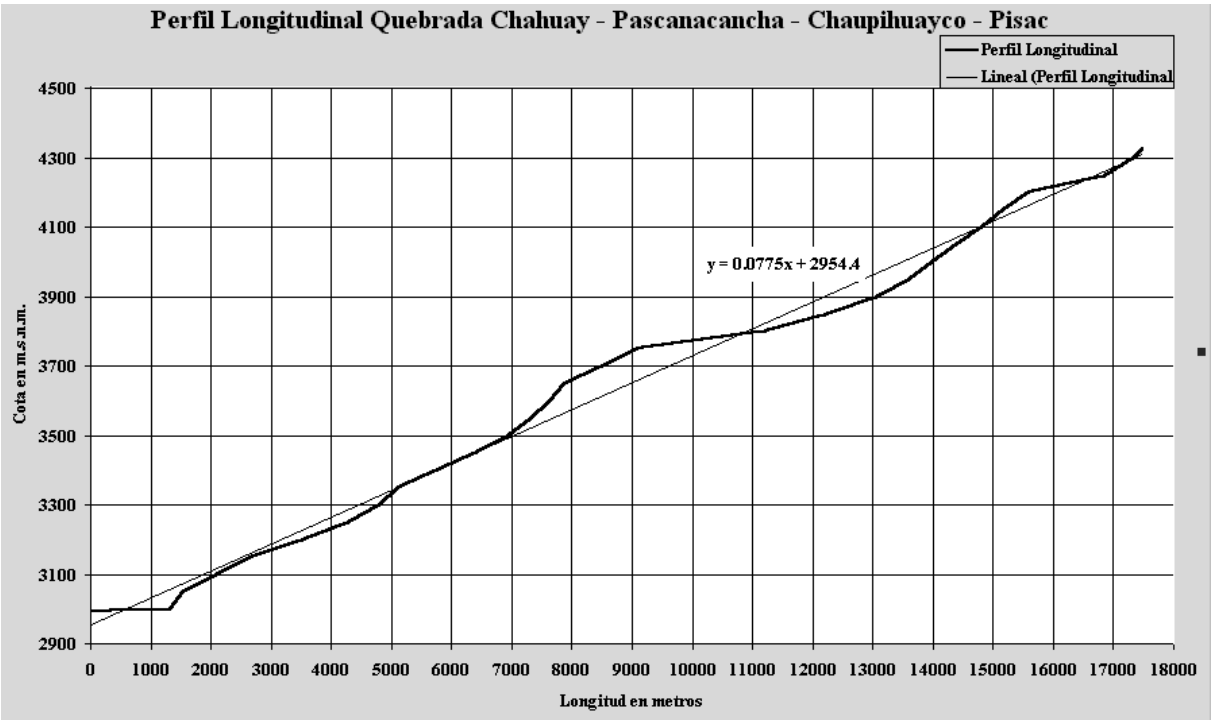
El cauce principal atraviesa las localidades de Chahuaytiri, Cuyo Grande, Cuyo Chico ingresando a la ciudad de Pisaq por el lado Sureste.

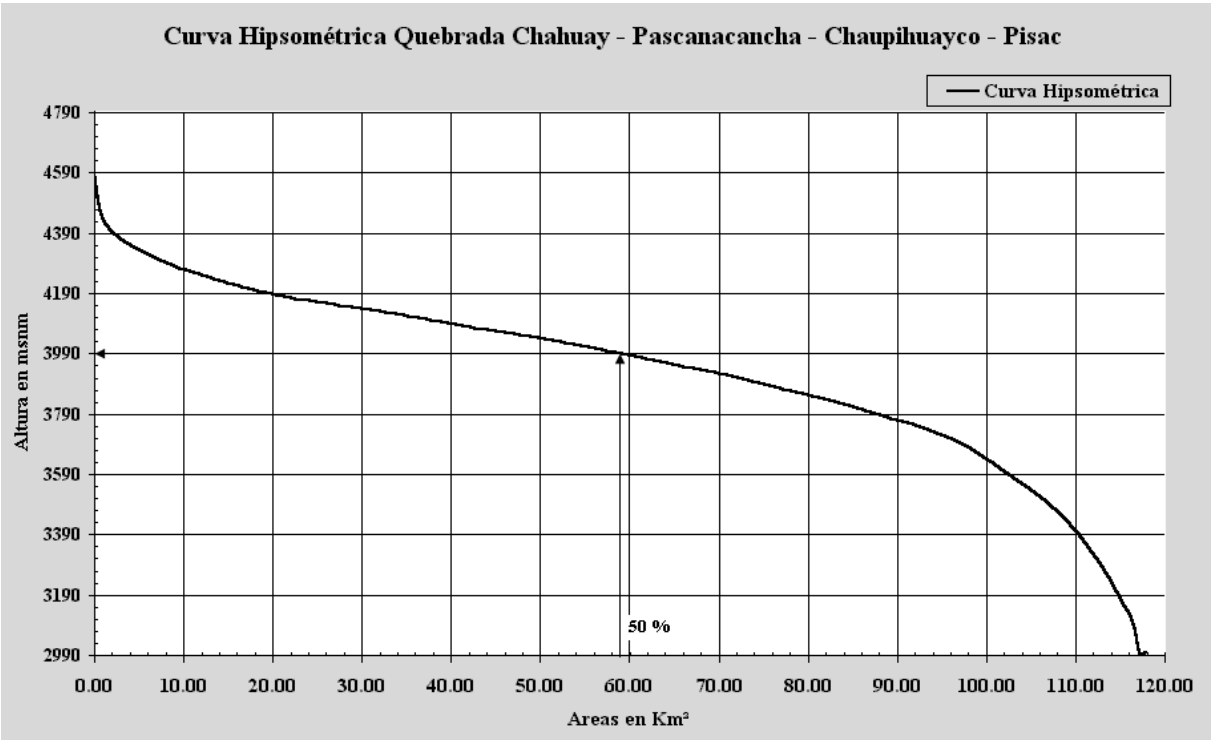
Otro cauce extenso es aquel que nace en las lagunas de Quimsacocha y Azulcocha en la comunidad de Paruparu, y bordea las comunidades de Amaru y Quello Quello hasta su confluencia con el ramal principal Chaupihuayco a la altura de la comunidad de Sakaka.

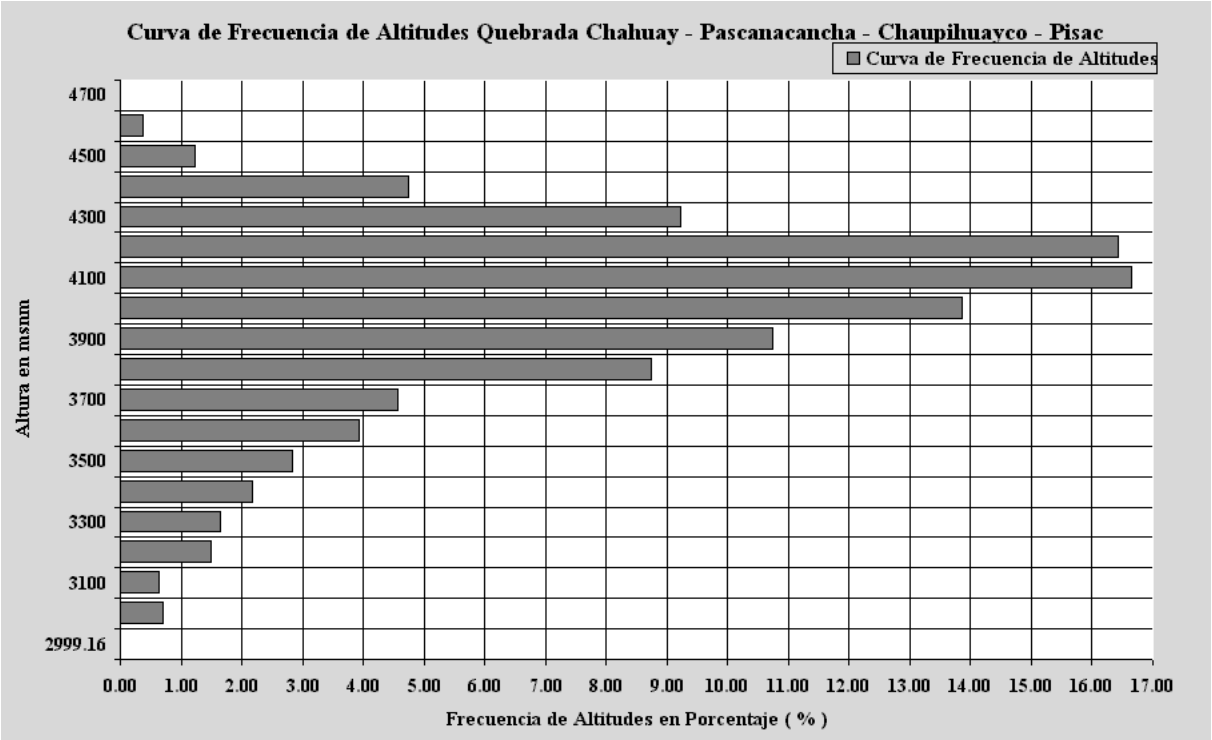
El cauce principal presenta una pendiente media de 7.8 % y un tiempo de concentración de 4.4 horas.

Los caudales máximos estimados por método de Mac Math para períodos de retorno de 10 y 50 años fueron de **26.8 y 36.9 m^3/seg.** Por el método directo se calculado un gasto máximo de **29.5 m^3/seg.**

Se conoce antecedentes de avenidas frecuentes, tal como puede observarse en el tramo adyacente al hotel Royal Inca, donde se aprecia una gran cantidad de piedras con tamaños que fluctúan de 20 a 80 cm de diámetro.







2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SUB - CUENCA DE CHAUPIHUAYCO

Punto más alto de la cuenca	: 4 700 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 2 999.16 m.s.n.m.
Área de la cuenca	: 117.98 Km^2
Perímetro de la cuenca	: 53.24 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4 326.82 m.s.n.m.
Punto más bajo del cauce principal	: 2 995.00 m.s.n.m.
Longitud de cauce principal	: 17.49 Km.
Longitud total de las corrientes	: 110.4 Km.
Densidad de drenaje (D_d)	: 0.936 Km^{-1}
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel	: 885.26 Km
Pendiente media de la cuenca	: 0.375 = 37.5 %
Pendiente media del cauce principal	: 0.078 = 7.8 %
Índice de Gravelious	: 1.37

Rectángulo Equivalente

L (lado mayor)	: 20.96 Km.
l (lado menor)	: 5.63 Km.
Longitud más larga de la cuenca L_l	: 14.98 Km.
Factor de Forma	: 0.53
Altitud media de la cuenca	: 3 990 m.n.s.m.

3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS

Tiempo de concentración

Fórmula Kirpich	: 97.17 min. = 1.62 horas
Fórmula Australiana	: 263.40 min. = 4.39 horas

Periodo de retorno (asumido) : 20 años.
Intensidad máxima para el periodo de retorno asumido y el tiempo de concentración determinado para la cuenca : 9.25 mm/h
Coeficiente de escorrentía (C) : 0.27

Caudal Máximo (Q)
Fórmula Racional : 81.85 m^3/seg.
Método Directo : 29.53 m^3/seg.
Coeficiente de rugosidad de Manning (n) : 0.055
Área 1 (aguas abajo) A_1 : 9.52 m^2
Perímetro mojado 1 (P_1) : 10.32 m.
Área 2 (aguas arriba) A_2 : 12.37 m^2
Perímetro mojado 2 (P_2) : 11.50 m.
Área promedio (A) : 10.95 m^2
Radio hidráulico 1 (R_1) : 0.92 m.
Radio hidráulico 2 (R_2) : 1.08 m.
Radio hidráulico promedio (R) : 1.00 m.
Pendiente media (S) : 2.2 % = 0.022 m/m.

4. CALCULO DEL GASTO Y ANALISIS DEL REGIMEN FLUVIAL

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de Retorno de 10 años, y para una duración D = 97 minutos (Valores ajustados)

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	26.81	64.54	58.09	97.18
Normal	26.63	64.11	57.70	96.41
Pearson	27.02	65.05	58.54	79.05
Log-Normal	28.14	67.74	60.97	102.86
Log-Pearson Tipo III		66.13	59.52	100.02

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de Retorno de 10 años, y para una duración D = 97 minutos (valores ajustados)

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	36.92	88.88	79.99	140.15
Normal	32.69	78.74	70.84	122.23
Pearson	35.70	85.96	77.36	135.00
Log-Normal	41.53	99.97	89.97	159.65
Log-Pearson Tipo III		90.14	81.13	142.37

El régimen fluvial es tranquilo en condiciones normales y completamente torrenciales y con gran capacidad de arrastre durante las crecidas, tal como se infiere por la cantidad y gran tamaño de rocas acumuladas a lo largo del cauce.

5. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA

Densidad de drenaje (D_d)

$$D_d = \frac{L}{A}$$

$$D_d = \frac{110.4}{117.98}$$

$$D_d = 0.936\ Km^{-1}$$

Índice de Gravelious (K)

$$K = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28\frac{53.24}{\sqrt{117.98}}$$

$$K = 1.37$$

Cálculo del Rectángulo Equivalente

Cálculo del lado mayor:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

$$L = \frac{1.37\sqrt{117.98}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.37}\right)^2}\right)$$

$$L = 20.96\ Km.$$

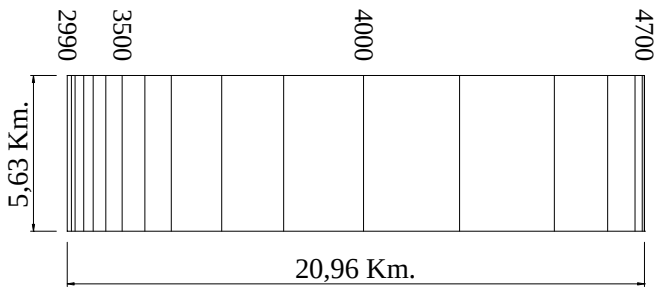
Cálculo del lado menor:

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

$$l = \frac{1.37\sqrt{117.98}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.37}\right)^2}\right)$$

$$l = 5.63\ \text{Km.}$$

Rectángulo Equivalente:



Factor de Forma de la Cuenca (F)

$$F = \frac{A}{L_l^{\,2}}$$

$$F = \frac{117.98}{14.98^2}$$

$$F = 0.53$$

Tiempo de Concentración (T_c)
Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 0.0195\left(\frac{17490^3}{4326.82 - 2995.00}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 97.17 \text{ min}$$

Fórmula Australiana

$$T_c = \frac{58L}{A^{0.1}S^{0.2}}$$

$$T_c = \frac{58 \times 17.49}{117.98^{0.1}78^{0.2}}$$

$$T_c = 263.40 \text{ min}$$

6. CÁLCULO DE GASTO POR EL MÉTODO DIRECTO

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \qquad A = \frac{9.52 + 12.37}{2} \qquad A = 10.95\ m^2$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} \qquad R_1 = \frac{9.52}{10.32} \qquad R_1 = 0.92 \text{ m.}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} \qquad R_2 = \frac{12.37}{11.50} \qquad R_2 = 1.08 \text{ m.}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} \qquad R = \frac{0.92 + 1.08}{2} \qquad R = 1.00 \text{ m.}$$

$$Q = \frac{1}{0.055} 10.95 \times 1.00^{2/3} 0.022^{1/2}$$

$$Q = 29.53\ m^3 / seg$$

3.4.4. ZONAS DE PELIGRO DE DESBORDAMIENTO (INUNDACION)

De las visitas de campo y de las informaciones de los residentes se ha identificado dos tramos de peligro de desbordamiento, estos tramos son:

1. El río Culispata en su tramo final antes de su ingreso a la ciudad (200 metros aguas arriba), donde se observa la presencia de bolonería con tamaños que fluctúan entre 5 y 50 pulgadas. El material arrastrado se debe a las altas velocidades desarrolladas (V = 2.89 m/seg) en un cauce de pendiente pronunciada (aproximadamente 41 %), y debido al gasto (Gasto estimado Q = 18.92 m^3/seg).
   El tramo que muestra peligro de desbordamiento puede afectar un sector de viviendas ubicadas detrás de la iglesia de Pisaq y la propia plazoleta, tal como ya ocurrió en dos ocasiones. Y no obstante haberse construido algunas defensas consistentes en muros de encauzamiento, estas no garantizan una seguridad duradera.
2. El tramo comprendido entre el puente que atraviesa el río Chaupihuayco a la altura de Hotel Royal Inca y una longitud de 200 metros aguas arriba. En este tramo se observa la presencia de piedras con tamaños fluctuantes entre 5 y 20 pulgadas y según los rastros dejados por el río se aprecian alturas de tirante de agua de hasta 1.80 metros.
   De acuerdo a las manifestaciones de los vecinos del lugar, el torrente durante las máximas avenidas alcanzó el nivel de las vías peatonales, siendo necesaria en la actualidad la remoción de este material a fin de prevenir una acumulación del mismo y el peligro de embalsamiento.
3. Otro tramo vulnerable es aquel ubicado a aproximadamente 500 metros aguas arriba del puente situado al costado del Hotel Royal. Estas crecidas ponen en peligro la estabilidad de los Andenes Incas ubicados en la margen derecha del río Chaupihuayco y que forman parte del Complejo Arqueológico Pisaq.
4. En su tramo final el río Chaupihuayco atraviesa por terrenos de cultivo que en el futuro será un área de expansión urbana. Está área la podemos caracterizar como área de peligro alto.

3.5. GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.5.1. EXPLORACION DE CAMPO

Las exploraciones de campo que se realizaron en la ciudad de Pisaq fue en época de secas, septiembre a octubre del 2004.

3.5.1.1. TECNICAS DE INVESTIGACION DE CAMPO

La técnica de investigación utilizada fue la de calicatas o pozos a cielo abierto ó trinchera (C), según indica la norma técnica ASTM D-420.

Asimismo se realizaron auscultaciones dinámicas livianas con el cono de Peck (PDC)

3.5.1.2. NUMERO DE PUNTOS INVESTIGADOS

El número de puntos investigados en áreas urbanas y zonas de expansión y para el análisis de estabilidad de taludes son: 7 calicatas a cielo abierto y 7 auscultaciones dinámicas con el cono de Peck (PDC) que fueron ubicadas al costado de las calicatas. Siete (07) calicatas y

auscultaciones se realizaron para determinar los planos de tipos de suelos y capacidad portante.

La denominación, ubicación de dichos puntos se presentan en el siguiente cuadro:

DENOMINACION		COORDENADAS UTM		COTA (m)	UBICACIÓN
CALICATA	AUSCULT.				
C -01	PDC - 01	19191535 E	8514068 N	2,960.00	Urb. Juan J. Loaiza
C - 02	PDC - 02	19190268 E	8514538 N	2,950.00	Asociación Bernardo Tambohuacso
C - 03	PDC - 03	19191455 E	8514426 N	2,955.00	Esquina Jr Kitamayo y Jr. San Francisco
C - 04	PDC - 04	19191542 E	8514420 N	2,955.50	Esquina Jr Kitamayo y Jr. San Francisco
C - 05	PDC - 05	19191230 E	8514399 N	2,953.00	Esquina Av. F. Zamalloa y Vigil
C - 06	PDC - 06	19191374 E	8514595 N	2,970.00	Esquina Av. F. Zamalloa y Vigil
C - 07	PDC - 07	19191127 E	8514903 N	2,952.00	Patacalle

3.5.1.3. PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION

La profundidad explorada de las calicatas a cielo abierto a partir del nivel actual del terreno, fueron de 3.00 metros como se puede observar en los gráficos de perfiles estratigráficos que se presentan.

3.5.1.4. TIPO DE MUESTRAS EXTRAIDAS

De las calicatas exploradas de acuerdo a la estratigrafía y al tipo de suelo encontrado se extrajeron 7 muestras alteradas tipo Mab (Ver Norma E-050 RNC) para la realización de los diferentes ensayos de laboratorio.

No se extrajeron muestras inalteradas tipo Mib, por tratarse de suelos friccionantes (gravas), ya que labrarlas resulta prácticamente imposible.

En el cuadro siguiente se presentan un resumen de la nomenclatura, tipo y profundidad de las muestras extraídas de cada calicata.

CALICATA	TIPO DE MUESTRA	NOMENCLATURA	PROFUNDIDAD (m)
C – 01	Mab	Mab – 01 – 01	1.00 a 2.50
C - 02	Mab	Mab – 02 – 01	1.00 a 3.00
C - 03	Mab	Mab – 03 – 01 Mab – 03 - 02	1.50 a 2.50 2.90 a 3.10
C - 04	Mab	Mab – 04 - 01	0.50 a 1.20
C - 05	Mab	Mab – 05 – 01 Mab – 05 - 02	1.00 a 2.50 3.00 a 3.50
C - 06	Mab	Mab – 06 - 01	0.80 a 2.50
C - 07	Mab	Mab – 07 – 01 Mab – 07 - 02	1.10 a 1.50 1.60 a 3.00

Mab : muestra alterada en bolsa.

3.5.2. ENSAYOS IN-SITU

En las calicatas se realizaron ensayos de densidad de campo (por el método del cono de arena) con el objeto de determinar propiedades volumétricas necesarias para el cálculo de la capacidad portante admisible del suelo. Este ensayo se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D1556.

Asimismo en suelos adyacentes a cada calicata, se realizaron in-situ siete (07) ensayos de penetración dinámica con el cono de Peck (PDC). Con la finalidad de determinar las propiedades resistentes del suelo necesarias para el cálculo de la capacidad portante admisible del suelo.

Los ensayos de campo fueron realizados por la empresa M y M Consultores y Ejecutores S.R.L.

En el **Anexo Nº 02** se presenta la ubicación de calicatas y auscultaciones.

3.5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras alteradas tipo Mab y se procedió a ejecutar con ellas los ensayos de laboratorio siguiendo el procedimiento de las normas que se indican:

Análisis granulométrico	ASTM D 421
Límite liquido	ASTM D 423
Límite plástico	ASTM D 424
Contenido de Humedad	ASTM D 2216
Clasificación de suelos (SUCS)	ASTM D 2487

Los ensayos de laboratorio fueron realizados por la empresa M y M Consultores y Ejecutores S.R.L.

En el **Anexo Nº 03** se presentan las fichas de resultados de los ensayos de laboratorio y campo.

3.5.4. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.5.4.1. PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUB - SUELO

Con los resultados de ensayos de clasificación realizadas en el laboratorio, se clasificaron las muestras de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS). De acuerdo a la norma ASTM D-2487, los cuales han sido contrastados con la descripción visual-manual de acuerdo a la norma ASTM D-2488, obtenida en le estratigrafía de la exploración de campo, procediéndose a compatibilizar las diferencias existentes, obteniéndose luego el PERFIL ESTRATIGRAFICO DEFINITIVO del subsuelo para cada calicata.

Los suelos predominantes en la ciudad de Pisaq, sector urbano y zona de expansión son suelos granulares compuestos por gravas tales como GP (Grava mal graduada con arena), GC (Grava arcillosa con arena), GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena), GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena). Excepto en el sector Pasacalle, donde se encuentra SM (Arena

limosa), el sector esquina avenida F. Zamalloa y Vigil donde se encuentran ML (Limo inorgánico con arena) y el sector Sañi huasi donde se encuentra SC (arena arcillosa con grava).

La clasificación SUCS y descripción del suelo portante de cada calicata se presentan en el siguiente cuadro:

CALICATA	UBICACION	CLASIFICACION SUCS Y DESCRIPCION DEL SUELO PORTANTE
C - 01	Urb. Juan J. Loaiza	GP : Grava mal graduada con arena
C - 02	Asociación Bernardo Tambohuacso	GP-GM : Grava mal graduada con limo y arena
C - 03	Esquina Jr Kitamayo y Jr. San Francisco	GC : Grava arcillosa con arena
C - 04	Sañi Huasi	SC : Arena arcillosa con grava
C - 05	Esquina Av. F. Zamalloa y Vigil	ML : Limo inorgánico con arena
C - 06	Acchapata	GW-GM : Grava bien graduada con limo y arena
C - 07	Patacalle	SM : Arena limosa

El detalle de la estratigrafía de cada una de las calicatas, se presentan en el **Anexo Nº 04** (Perfil estratigráfico del suelo).

3.5.4.2. ANALISIS GEOTECNICO DE CIMENTACIONES

El análisis geotécnico de estabilidad de las cimentaciones de edificaciones están basadas en el cálculo de la capacidad portante ó presión admisible del suelo de apoyo.

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DE CIMENTACIONES.

El objetivo del presente item es desarrollar el cálculo de la capacidad portante de los suelos del área de estudio; con base a la información colectada anteriormente y el criterio ingenieril, común en el análisis de ingeniería de cimentaciones.

El cálculo de la capacidad portante está basado en el conocimiento que se tiene de las propiedades resistentes y de compresibilidad de los suelos, determinados con base a la información de los ensayos realizados y en la interpretación realizada.

Los cálculos se efectuarán utilizando las fórmulas prácticas resultado de las Teorías de Terzaghi, Meyerhof y la experiencia. Calculándose de acuerdo al tipo de suelo es decir suelo cohesivo y suelo friccionante (predominante)

En la aplicación de las fórmulas, se han considerado los resultados de los ensayos de penetración dinámica con el cono de Peck, los cuales han sido procesados y correlacionados al ensayo S.P.T. con los cuales se procedió a los cálculos, considerándose los siguientes criterios en el caso de suelos friccionantes:

a).- Para un suelo con valores de Numero de Golpes Promedio Representativo N_{60} mayores o iguales a 30 el tipo de falla del suelo por corte será “general” y los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna real.

b).- Para un suelo con valores Número de Golpes Promedio Representativo N_{60} menores o iguales a 5 el tipo de falla del suelo por corte será “local” y los factores de capacidad de carga

se determinan con el ángulo de fricción interna reducido, calculado mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$\mathbf{Ø_{reducido} = ArcTang\ (\ 2/3\ Tang\ Ø\ _{real})}$$

c).- Para un suelo con valores de Numero de Golpes Promedio Representativo N_{60} entre 5 y 30 el tipo de falla del suelo por corte será llamada "intermedia" y los factores de capacidad de carga se determinan mediante una interpolación de aquellos valores calculados por corte "general" y por corte "local".

El cálculo de capacidad de carga admisible o capacidad portante se efectuará para una determinado tipo de edificación promedio urbana; que resulta en las actuales condiciones una edificación típica para el común de los pobladores del área urbana de la ciudad de Pisaq.

Por la altura del edificio y las características geomecánicas típicas del suelo de cimentación de la ciudad de Pisaq; se determina una profundidad de cimentación de 1.5 metros y dimensión mínima de 1.0 metro para el caso de zapatas cuadradas aisladas y de 0.6 metro para el caso de cimientos corridos.

Por tratarse de suelos friccionantes se realizó el cálculo de la capacidad portante admisible por corte y el cálculo de la presión admisible por asentamiento, para los tipos de cimentación indicados anteriormente, de los cuales, para los mapas de zonificación de capacidad portante admisible se consideraron los valores más críticos.

Los valores de capacidad portante admisible de cimentaciones calculados son:

AUSCULTACION	UBICACION	CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE (Kg/cm^2)
PDC - 01	Urb. Juan J. Loaiza	3.10
PDC - 02	Asociación Bernardo Tambohuacso	2.68
PDC - 03	Esquina Jr Kitamayo y Jr. San Francisco	1.83
PDC - 04	Sañi Huasi	1.11
PDC - 05	Esquina Av. F. Zamalloa y Vigil	1.27
PDC - 06	Acchapata	2.53
PDC - 07	Patacalle	1.15

El mapa de zonificación de capacidad portante admisible elaborado para la ciudad de Pisaq sector urbano y zona de expansión esta conformado por 03 zonas los cuales se presentan en el **MAPA Nº 04** (CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS), de acuerdo a la siguiente descripción:

1. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.00 a 1.50 Kg/cm^2, considerando los sectores de Patacalle, esquina avenida F. Zamalloa Vigil y el sector Sañi Huasi.

2. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.50 a 2.50 Kg/cm^2, considerando los sectores de Acchapata y esquina Jr. Kitamayo y Jr. San Francisco

3. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 2.50 a 3.50 Kg/cm^2, considerando los sectores de Asociación Bernardo Tambohuacso y urbanización Juan J. Loayza.

ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREATICA

No se encontraron niveles freáticos en la profundidad investigada por tanto no tienen incidencia en el cálculo de la capacidad de carga, ni en fenómenos de licuefacción.

ANALISIS DE LICUACION DE SUELOS

El fenómeno de licuación de suelos es el cambio físico que experimenta una masa de suelo al pasar de un estado sólido a un estado fluido semejante al de un líquido viscoso. Para que se produzca licuación deben conjugarse ciertos factores que involucran las características propias del depósito de suelo y las características regionales de sismicidad. Es decir, debe estar constituido en forma general por una arena uniforme, suelta y saturada y además debe producirse un terremoto severo y duradero.

Los factores más importantes que influyen en el fenómeno de licuación de suelos son, la granulometría, densidad relativa, nivel freático, presión de poros, presión inicial de confinamiento, magnitud del sismo y duración.

La licuación no se presenta en suelos cohesivos, sino solo en suelos arenosos saturados. Para nuestro caso, al no tener suelos netamente arenosos saturados no es probable que se presente dicho fenómeno.

Los cálculos de la capacidad portante admisible de cimentaciones se presentan en el **Anexo Nº 05.**

3.5.5. CLASIFICACION DE SUELOS (ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA)

Con los resultados encontrados en los items anteriores es que se ha elaborado la zonificación geotécnica para el área de estudio que comprende la presencia de hasta 02 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas; lo cual se presenta en el **MAPA Nº 05** (CLASIFICACION DE SUELOS), de acuerdo a la descripción siguiente:

1. Suelos gruesos, granulares compuestos por gravas tales como GP (Grava mal graduada con arena), gravas GC (Grava arcillosa con arena) y suelos GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) y gravas GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena), con presencia de bolonería en algunos casos. Estos suelos se encuentran en el sector urb. Juan J. Loayza, Esquina Jr. Kitamayo y Jr. San Francisco, Asociación Bernardo Tambohuacso y el Sector Acchapata.

2. Suelos gruesos, finos compuestos por arenas SM (Arena limosa), arenas SC (Arena arcillosa con grava) y suelo ML (Limo inorgánico con arena). Estos suelos se encuentran en el sector Patacalle, esquina avenida F. Zamalloa Vigil y el sector Sañi Huasi.

3.5.6. PAUTAS TECNICAS DE CONSTRUCCION

A continuación se presentan recomendaciones técnicas para orientar el proceso de construcción de edificaciones, de acuerdo a las características de los suelos encontrados en la

ciudad de Pisaq. Con la finalidad que las construcciones estén preparadas para afrontar la eventualidad de un sismo y sus consecuencias, reduciendo así su grado de vulnerabilidad.

a) Previamente a las labores de excavación de cimientos, deberá ser eliminado todo el material de desmonte o relleno no controlado que pudiera encontrarse en el área en donde se va a construir.

b) No debe cimentarse sobre turbas, suelos orgánicos, desmonte o relleno sanitario. Estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y reemplazados con materiales seleccionados controlados de acuerdo a lo indicado en la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones del R.N.C.

c) La cimentación de las edificaciones debe ser diseñada de modo que la presión de contacto (carga estructural del edificio entre el área de cimentación), sea inferior o cuando menos igual a la presión de diseño o capacidad portante admisible. Y los cálculos deben realizarse para la profundidad de cimentación.

d) La profundidad mínima recomendable del nivel de cimentación es de 1.50 metros del nivel actual del terreno.

e) En los sectores donde existen suelos granulares y finos (gravas, arenas y limos) de densidades sueltas a muy sueltas se deberá colocar un solado de mortero de concreto de 0.10 metro de espesor, sobre el fondo de la cimentación, debidamente compactada a grados de compactación especificadas en el acápite 4.4.1 de la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones del R.N.C.

f) En los sectores donde existen suelos granulares y finos (gravas, arenas y limos) de densidades sueltas a muy sueltas las excavaciones de las cimentaciones deberán realizarse con adecuados entibamientos y apuntalamientos de las paredes de las excavaciones, y de ser necesario ejecutar calzaduras.

g) En caso de proyectarse construcciones de abobe, estas deben ser como máximo de dos niveles con dimensionamiento y refuerzo de muros de acuerdo a las normas y un ancho de cimentación mínimo de 0.60 metros.

h) No se debe realizar construcciones de adobe sobre suelos granulares de densidad suelta, muy suelta y suelos cohesivos blandos ni en arcillas expansivas.

i) Los cimientos y sobrecimientos para muros de adobe o ladrillo o similar, deben ser de necesariamente concreto ciclópeo.

j) Para edificaciones de concreto de más de dos pisos donde existan suelos granulares de densidad suelta, muy suelta y suelos cohesivos blandos, muy blandos se deben usar zapatas interconectadas con vigas de conexión, plateas de cimentación o vigas de cimentación, dependiendo de la magnitud de las cargas. A fin de reducir los asentamientos diferenciales.

k) Las características de las edificaciones deben responder a las técnicas de construcción recomendadas para la zona.

l) El diseño de las edificaciones debe responder a las condiciones climatológicas. Deben estar dirigidas contrarrestar el asoleamiento y favorecer la ventilación y circulación interna para ayudar a los distintos tipos de evacuación.

m) Los proyectos edificaciones destinados a las concentraciones de gran número de personas deben realizarse de manera imprescindible el estudio de mecánica de suelos y un diseño específico que cumpla con las normas de seguridad física; garantizando de manera alternativa y dependiendo de la envergadura su uso como área de refugio temporal. Debiendo la obligatoriedad y los estudios cumplir con la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones del R.N.C.

n) Para la instalación de tuberías en suelos sujetos a movimientos fuertes, se deberá emplear materiales dúctiles como el polietileno.

o) La accesibilidad, circulación y seguridad para los limitados físicos, deben estar garantizadas con el diseño de las vías y accesos a lugares de concentración pública.

CAPITULO IV

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PISAQ

4.1. MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO

4.1.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICO

Los fenómenos de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Pisaq se presentan en la sub unidad geomorfológica denominada “laderas de pendiente pronunciada” de los cerros circundantes a la ciudad de Pisaq y quebradas Culispata y Chaupihuayco.

Los fenómenos de origen geológico-climático que se presentan con mayor frecuencia en el área de estudio son los siguientes:

4.1.1.1. DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos se pueden definir como el movimiento de masas de suelos o rocas en los taludes o superficies inclinadas debidos principalmente a la gravedad.

La mayoría de los deslizamientos son ocasionados por la poca cohesión de los materiales rocosos o de suelos, debido al fracturamiento. Igualmente, influye la desestabilización de los taludes por socavación lateral de los márgenes del río. Un factor importante es la saturación de agua en terrenos inestables, por infiltración de aguas de lluvia o por influencia de la napa freática (agua subterránea), la que ocasiona la fluidez de estos materiales. Es importante la influencia de la actividad sísmica que puede activar o reactivar un deslizamiento, finalmente la intervención antrópica principalmente con la construcción de canales de irrigación, carreteras, y caminos.

En Pisaq se tienen zonas donde se presentan estos fenómenos resaltando, por ser de alto riesgo, los de Cuyo Chico, Ruinas de Pisaq, y cerro Chacachimpa. Además de estos deslizamientos, existen otros que son de menor tamaño, tal como se observa en la quebrada Kitamayo pero que sin embargo son considerados en el estudio.

4.1.1.2. ALUVIONES

Son masas de gravas y bloques de rocas con una matriz arcillosa o limo-arenosa que se producen por efecto de erosiones importantes en las quebradas o asociadas directamente a deslizamientos.

La ciudad de Pisaq se localiza en la desembocadura de la quebrada Culispata (Kitamayo), que ha formado un cono aluvial por la superposición de varios eventos aluviónicos antiguos procedentes de la quebrada antes mencionada, que se evidencian en los cortes de talud ya sean naturales o artificiales, donde además se observan diferentes fenómenos de geodinámica externa.

También se observan otros conos aluviales en la desembocadura de la quebrada Chaupihuayco que tienen el mismo origen del cono aluvial Culispata y además donde se observan fenómenos de geodinámica externa de mayor peligro, como son deslizamientos activos.

4.1.1.3. CARCAVAS

Son depresiones erosivas, que se desarrollan en quebradas secas, donde por efecto de las aguas de lluvia empieza una erosión fuerte, produciendo depresiones retroprogresivas, es decir que la erosión avanza aguas arriba. Si las cárcavas no son controladas, pueden ser futuras zonas de deslizamiento o de producción de materiales para aluviones.

En las laderas de las quebradas se aprecian muchas cárcavas que se activan en época de lluvias principalmente, que pueden estar además relacionadas al fracturamiento de las rocas así como la deforestación de estas zonas y a la pendiente fuerte entre las principales características.

4.1.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO - CLIMATICO

Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Pisaq y áreas adyacentes, son debido a la presencia de deslizamientos, aluviones, erosión fluvial y cárcava, procesos que se ven favorecidos principalmente por la presencia de aguas pluviales y superficiales, alta pendiente del terreno, baja o pobre consistencia de los materiales.

4.1.2.1. CONO ALUVIAL CULISPATA (KITAMAYO)

En la desembocadura de la quebrada Culispata que forman el cono aluvial del mismo nombre, se emplaza la ciudad de Pisaq y sus zonas de expansión urbana.

Este cono aluvial está compuesto por arena, gravas y bloques de rocas que llegan hasta 60 pulgadas de dimensión. Las gravas hacen que los terrenos de cultivo ubicados sobre este cono sean pedregosos y bastante permeables.

Este cono aluvial está cortado por el cauce del río Kitamayo de dirección aproximada Norte-Sur, pero que después ha sido encauzado tomando actualmente otra dirección.

Los estudios de campo y las fotos aéreas indican que antes de la construcción de la ciudad el cauce principal de la quebrada Kitamayo pasaba por la actual plaza de armas. No sabemos si por la intervención del hombre o por causas naturales, este cauce cambió hacia el Este. En efecto, las fotos aéreas de año 1960 y las observaciones de campo muestran que existía una canalización desde la parte alta de la ciudad y que iba por la calle Kitamayo siendo esta muy estrecha alcanzando en algunos lugares solo 2 a 3 metros. Posteriormente, y debido a un aluvión que inundó la ciudad los años 30, se decidió cambiar el cauce mas al Este, para lo cual se construyo un canal muro. La actual canalización es denominada “Canal Kitamayo” y pasa a un costado de la ciudad por unos terrenos de cultivo.

Como antecedente, se sabe que en el año 1930 se produjo un aluvión que inundo muchos sectores de la ciudad incluyendo la plaza de armas, por lo cual se construyó un muro de encauzamiento en la parte alta, logrando desviar las aguas de la calle Kitamayo a una situada más al Este (ahora denominado Canal Kitamayo) a su emplazamiento actual. Sin embargo, los años 90 otro aluvión produjo inundaciones en las avenidas Zamalloa y Amazonas ya que el canal Kitamayo se obstruyó.

Actualmente a lo largo de la ciudad de Pisaq, el río Kitamayo se encuentra encauzado en gran parte mediante muros de contención de sección rectangular, pero las corrientes de agua que en

época de lluvias se incrementan pueden erosionar su cauce, o provocar el transporte de sedimentos desde gravas hasta finos en época de lluvias excepcionales pueden provocar represamientos y que se acentúan muchos mas por la presencia de un puente de pequeña luz, cuya estructuras estrechan el cauce del mencionado río.

En general el cauce del río Kitamayo representa un alto peligro para la construcción de viviendas, porque el agua siempre busca su cauce natural para discurrir, sobre todo si se presenta un periodo de intensas lluvias que pueden provocar aluviones.

4.1.2.2. PELIGROS GEOLOGICOS-CLIMATICOS DE LA QUEBRADA CULISPATA (KITAMAYO)

La evaluación geodinámica de esta cuenca ha permitido distinguir la presencia de cárcavas, deslizamientos pequeños, antiguos y en vías de reactivación, y por sectores fuerte erosión del cauce de la quebrada.

A lo largo de la quebrada Culispata, se tienen evidencias en los cortes de talud, de aluviones antiguos y recientes que afectaron construcciones, es por esta razón que se realizan obras de encauzamiento.

Los materiales de este cono, proceden de la parte alta de la quebrada Culispata, donde afloran principalmente rocas volcánicas del Grupo Mitu y las shoshonitas cuaternarias. Estas rocas afectadas por el intemperismo y la erosión, bajaron por efecto del agua y la pendiente, por toda la quebrada depositándose en la llanura fluvial del Vilcanota. El material depositado está conformado por bloques y gravas de volcánicos en una matriz limosa y arenosa.

Los peligros geológico-climáticos de la quebrada Culispata se muestran en el **MAPA Nº 06** (GEODINAMICO) y se describen por zonas. Las fotografías que se mencionan en el presente informe se muestran en el **Anexo Nº 06** (Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico).

Zona A
Aquí se presentan algunos deslizamientos y derrumbes pequeños ubicados en las márgenes de la quebrada Culispata.

A1. Derrumbe pequeño situado en la margen izquierda de la quebrada Culispata, cuya cota inferior es 3130 m.s.n.m. (15 metros de altura), y 90 metros de ancho. No muestra signos de reactivación.

A2. Deslizamiento antiguo en vías de reactivación (margen derecha), cuya cota inferior es 3130 m.s.n.m. (40 metros de altura), y 60 metros de ancho (Foto 1).

A3. Deslizamiento antiguo situado en la margen derecha de la quebrada Culispata, la cota inferior es de 3140 m.s.n.m., con 45 metros de ancho y 30 metros de altura.

A4. Derrumbe situado en la margen derecha de la quebrada Culispata; la cota inferior es de 3175 m.s.n.m. (25 metros de altura), con 50 metros de ancho.

Zona B
Escarpa de derrumbe antiguo relativamente estable en la margen derecha de la quebrada Culispata con 400 metros de ancho que va desde los 3250 hasta los 4390 m.s.n.m. En la base del deslizamiento se aprecian bloques caídos de rocas volcánicas de hasta de 3 metros de diámetro (Foto 2).

Zona C
Se presenta un deslizamiento antiguo C1 en la margen derecha de la quebrada Culispata que va desde los 3400 hasta los 3495 m.s.n.m. (95 metros de alto) con 150 metros de ancho. En la margen izquierda y a la misma altura (3400 m.s.n.m.) se observa filtraciones de algunas captaciones para agua; que provocan erosiones en las terrazas de las ruinas incas (80 metros). (Foto 3).

Zona D
Existen rasgos de una escarpa antigua de deslizamiento totalmente cubierta y protegida por la vegetación. Se localiza en la margen derecha de la quebrada Culispata, con 130 metros de ancho, que va desde los 3450 hasta los 3495 m.s.n.m. (45 metros de altura).

En esta misma zona, también se presenta una terraza (3450 m.s.n.m.) con 60 metros de longitud, compuesto de gravas arcillosas, las que comienzan a mostrar signos de erosión en el cauce del río Culispata (Kitamayo).

Zona E
Deslizamiento antiguo en la margen izquierda de la quebrada Culispata con 200 metros de ancho, va desde los 3475 hasta los 3550 m.s.n.m. Este deslizamiento no muestra signos de reactivación visible.

Zona F
En esta zona se observan dos cárcavas F1 y F2. La primera F1 cerca de la comunidad de Viacha, tiene una longitud de 1500 metros, y va desde 3660 hasta 3800 m.s.n.m. (Foto 4). Muestra signos de erosión por lo que constituye una zona potencial para un deslizamiento futuro y consecuentemente aporte de material para la formación de un aluvión.

La segunda F2 pasa por Viacha, tiene una longitud de 2100 metros, y va desde 3925 hasta 3550 m.s.n.m. Muestra también signos de reactivación.

Zona G
Presenta un deslizamiento (G1) antiguo que se sitúa en la margen derecha de la quebrada Culispata y se encuentyra en vías de reactivación por erosión del cauce. Este deslizamiento tiene un ancho de 150 metros, y 20 metros de alto a partir de la cota 4025 m.s.n.m. Se observan agrietamientos centimétricos en la masa de deslizamiento (Foto 5).

Igualmente, se aprecia una cárcava (G2) que comienza a mostrar signos de reactivación, en un tramo aproximado de 300 metros, y va desde 3450 hasta 3550 m.s.n.m. en ambas márgenes del cauce del río Culispata (Kitamayo).

Zona H
Corresponde a la laguna Quillhuacocha (Totoracocha) situada a 4200 m.s.n.m. Esta laguna tiene un ancho de 200 metros y 420 metros de largo. Aquí se aprecia un dique de piedra que sirve de represa para el almacenamiento de agua en época de lluvias. Sin embargo, este dique

(Foto 6) no reúne las garantías del caso y puede producir un desembalse con las consecuencias de fuerte erosión y origen de aluviones.

Zona I
Deslizamiento antiguo, potencialmente activo en la margen izquierda del riachuelo Kitamayo, con 400 metros de ancho, que va desde los 3675 hasta los 3750 m.s.n.m. (75 metros de desnivel) (Foto 7). Actualmente por la cabecera del deslizamiento pasa una carretera la que sufre asentamientos y deslizamientos menores.

Zona J
Aquí se tienen dos deslizamientos y dos cárcavas. El deslizamiento J1 es antiguo sin muestras de reactivación, está localizada en la margen derecha de la quebrada Culispata con 140 metros de ancho y desnivel de 150 metros, desde los 3750 hasta los 3900 m.s.n.m. El deslizamiento J2 también está situado en la margen derecha de la quebrada Culispata. Tiene 150 metros de ancho y va desde los 3850 hasta los 4000 m.s.n.m. (150 metros de desnivel).

La Cárcava J3 que tiene su inicio en el poblado de Culispata (3700 m.s.n.m.) atravesando por la quebrada de Pusa hasta subir a los 3925 m.s.n.m. La cárcava J4 se localiza en la quebrada Culispata entre los 3775 hasta 4050 m.s.n.m. Ambas cárcavas están rodeadas de plantas nativas pero en algunos sitios muestran signos pequeños de reactivaciones.

4.1.2.3. PELIGRO GEOLOGICO-CLIMATICO DE LA QUEBRADA CHAUPIHUAYCO Y SECTOR SUR DE PISAQ

Las zonas de deslizamientos existentes en la actualidad, de por si constituyen zonas de alto peligro geodinámico. En nuestro análisis hemos considerado tres zonas donde existen deslizamientos importantes que influyen o pueden influir en la peligrosidad de la ciudad de Pisaq y las futuras zonas de expansión urbana.

Los peligros geológico-climáticos de la quebrada Chaupihuayco se describen por sectores y zonas, se muestran en el **MAPA Nº 06**. Las fotografías que se mencionan en el presente informe se muestran en el **Anexo Nº 06** (Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico).

1. SECTOR CUYO CHICO (ZONA 5)

Se ubica a 2 Km. al Este de Pisaq entre Chacatayoc y Cuyo Chico (Foto 8). Se trata de un deslizamiento de dimensiones importantes, pues tiene 7500 metros de longitud, un ancho promedio de 1000 metros y una pendiente aproximada de 7 %. La masa deslizada esta compuesta de lodo y otros materiales inconsolidados. La superficie de este deslizamiento es de configuración compleja. Los materiales sueltos provenientes de la erosión de las pizarras y diamictitas de la Formación Ccatca, al ser saturados de agua conforman una masa fluida de gran densidad que se desplaza pendiente abajo. Este comportamiento es debido a varios factores, en especial al relieve del terreno y a las condiciones hidrológicas, como climáticas de la región, lo que implica sistemáticamente el quebrantamiento de la estabilidad del talud. Sobre este deslizamiento se ubican varias comunidades, como por ejemplo Cochapampa, Cuyo Chico, Ampay, Ñustacancha, Cotataqui y otros. En la base de este deslizamiento se observan varias construcciones afectadas, incluida la carretera que conduce a las ruinas de Pisaq, que están siendo afectados por deslizamientos menores en vías de reactivación con presencia de agrietamientos y desplazamientos (Fotos 9 y 10)

De acuerdo a los antecedentes, este deslizamiento puede represar la quebrada Chongo, teniendo como consecuencias desembalses e inundaciones, afectando a terrenos de cultivo, viviendas y hoteles que se hallan aguas abajo. Por lo tanto este deslizamiento es de alto peligro.

2. SECTOR RUINAS DE PISAQ

Varios deslizamientos se sitúan en la parte baja de las ruinas incas de Pisaq en la parte que da a la quebrada Chongo y alrededores. Igualmente describimos varias zonas

Zona 1
Se trata de un deslizamiento antiguo desarrollado sobre las rocas volcánicas del Grupo Mitu. Este deslizamiento ha sido estabilizado por la los andenes incas que lo protegen hasta nuestros días. (Foto 11). La cabecera de deslizamiento se sitúa en la cima de las ruinas de Pisaq a 3425 m.s.n.m. y va hasta la quebrada Chongo (3075 m.s.n.m.) mostrando un desnivel de 350 metros. Este deslizamiento se compone de dos escarpas; el primero de dirección Noroeste y el segundo Sureste.

Zona 2

Se trata de 3 deslizamientos antiguos que se hallan sobre las pizarras y diamictitas de la Formación Ccatca, en la margen derecha del río Chongo al Norte de la Zona 1. En general estos se vienen reactivando por erosión lateral del río.

El deslizamiento 2A tiene 180 metros de ancho, va desde los 3100 hasta los 3300 m.s.n.m. Presenta una cárcava en la parte céntrica lo que viene reactivándola (Foto 12). El deslizamiento 2B con 150 metros de ancho, va desde los 3100 hasta los 3160 m.s.n.m. Actualmente presenta signos de reactivación reciente por erosión lateral del río Chongo. El deslizamiento 2C con 120 metros de ancho, va desde los 3075 hasta 3250 m.s.n.m.

Zona 3
Se presenta un deslizamiento antiguo que se está reactivando actualmente (Foto 13) La cabecera es ancha con 400 metros de longitud, angostándose en la parte baja donde solo llega a los 60 metros. Se desarrolla desde los 3225 hasta los 3400 m.s.n.m.

En la parte superior este deslizamiento es la más activa, afectando a la carretera que va hacia las ruinas de Pisaq. Actualmente se hacen trabajos de estabilización de taludes, donde incluso se ve que estas han colapsado. En la parte inferior se encuentran algunas comunidades como Samanamocco y Arpistayoc, donde aparentemente el terreno se encuentra con menos actividad geodinámica.

Zona 4
Deslizamiento antiguo de aproximadamente 800 metros de ancho, desde los 3125 m.s.n.m (cauce del río Chongo) hasta los 3410 m.s.n.m. Sobre este deslizamiento se ubica la comunidad de Masca donde se pueden apreciar que parte del terreno deslizado está ocupado por terrenos agrícolas. Aparentemente esta zona se halla estable.

3. SECTOR SUR PISAQ (CHACACHIMPA)

ZONA CHACACHIMPA

Al Sur del poblado de Pisaq en la margen izquierda del río Vilcanota se tiene un deslizamiento antiguo relativamente grande de 1900 metros de ancho y va desde los 2950 hasta los 3625 m.s.n.m. Por esta zona se halla la carretera asfaltada Cusco - Pisac (Foto 14). En la parte inferior de este deslizamiento hay presencia de deslizamientos activos pequeños. Este deslizamiento antiguo se halla estable y no muestra signos de actividad geodinámica. Sin embargo, en la actualidad, al pie del deslizamiento, cortes de talud que incluyen la carretera y urbanizaciones nuevas pueden desestabilizar la zona. Los estudios de de capacidad portante de suelos indican valores altos entre 2.5 y 3.5 Kg/cm2, dando una relativa seguridad a los cortes de talud (Foto 15).

4.1.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO

La ciudad de Calca se ubica sobre conos aluviales antiguos. La formación de este cono esta relacionado a flujos aluviónicos antiguos, procedentes de la quebrada Culispata.

Se tienen antecedentes geológicos de aluviones e inundaciones en la ciudad de Pisaq, los que se ven en los cortes de afloramientos de suelos.

4.1.3.1. ZONIFICACIÓN POR PELIGRO DE ALUVIÓN (CULISPATA – KITAMAYO) DE LA CIUDAD DE PISAQ

La ciudad de Pisaq se localiza principalmente sobre el cono aluvial antiguo Culispata, que esta relacionado a la superposición de varios flujos aluviónicos antiguos procedentes de la quebrada del mismo nombre. Actualmente, a lo largo de esta quebrada se están reactivando deslizamientos de diferentes tamaños los que provocarían a su vez represamientos, cuyos desembalses pueden dar lugar a aluviones o huaycos de diversa magnitud.

Por la caracterización geodinámica, morfológica, topográfica y ubicación del centro poblado (Fotos 16) en la quebrada Culispata se pueden producir deslizamientos o derrumbes que provocarían a su vez represamientos, cuyos desembalses darán lugar a aluviones o huaycos de diversa magnitud. Los estudios geológicos y geodinámicos muestran que muchas zonas si bien no son críticas en la quebrada Culispata, sin embargo, hay signos de varios fenómenos geodinámicos en vías de activación o reactivación.

A partir de estas características, así como lo ocurrido el año 1930, 1990 y el 2001 hemos realizado una zonificación de la ciudad de Pisaq a las inundaciones ligadas a aluviones de la quebrada Kitamayo, que se presenta en el **MAPA Nº 07** (ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION), para el cual se han establecido 02 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

a) Peligro Muy Alto a Alto
Quiere decir que en caso de lluvias muy fuertes con periodos de recurrencia cortos de 10 a 20 años que no permitan evacuar las aguas por el Canal Kitamayo (Fotos 17 y 18), se producirán inundaciones en la pista de acceso a las ruinas de Pisaq (avenida F. Zamalloa) y las viviendas que la circundan. Aquí tenemos una zona de estrangulamiento que corresponde al sector donde el canal voltea de una dirección casi Este-Oeste a una dirección casi Norte-Sur.

Además, en este codo existe un puente por donde pasa la pista de acceso a las ruinas que obstruyó el aluvión del año 2001 e inundo las avenidas Zamalloa y Amazonas. En consecuencia las avenidas Zamalloa y Amazonas son de peligro muy alto a las inundaciones.

En caso de producirse lluvias extraordinarias excepcionales es posible que el canal Kitamayo se obstruya como en el caso anterior, entonces las aguas pueden retomar su antiguo cauce es decir la calle Kitamayo (Foto 19), siendo esta calle y las casas contiguas de peligro muy alto a Inundaciones.

En caso de lluvias muy fuertes o extraordinarias más la ocurrencia de huaycos por reactivación de cárcavas y deslizamientos en la parte alta de la cuenca, el riachuelo Kitamayo retomaría su cauce original es decir por la parte media del cono pasando por el centro de la ciudad, tal como ocurrió el año 1930. En consecuencia las calles Intihuatana, Prado y manzanas aledañas serían afectados de manera severa constituyendo también zonas de peligro muy alto a las inundaciones relacionadas a huaycos o aluviones.

b) Peligro Medio a Bajo

Son aquellas áreas circundantes a los de peligro muy alto a alto, correspondientes a las avenidas Zamalloa, Amazonas, Kitamayo, Intihuatana, Prado etc. lo que le da una configuración de que todo el poblado de Pisaq sería vulnerable a aluviones que ocurran en la quebrada Culispata.

En consecuencia una primera área con peligros de geodinámica externa lo constituye la quebrada Culispata, ya que por un lado produce un cono aluvial en su desembocadura y sobre el cual se halla construida la ciudad de Pisaq, y por otro lado, en su cuenca hidrográfica muestra signos de activación geodinámica que en un futuro puede desencadenar aluviones o huaycos que afecten la ciudad.

4.2. MAPA DE PELIGRO CLIMATICO

4.2.1. FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO

Los fenómenos de origen climático de incidencia en la ciudad de Pisaq y quebradas adyacentes se presentan en la sub-unidad geomorfológica denominada “laderas de pendiente suave” que corresponde al cono aluvial Culispata y piso del valle Chaupihuayco.

Generalmente se tiende a subestimar los fenómenos de origen climático que puede afectar a una determinada zona y por lo general, este aspecto no es considerado durante el proceso de planificación del desarrollo local en razón de que el río se encuentra encauzado, pero que los cálculos de lluvias excepcionales pueden pasar la capacidad de encauzamiento y por lo tanto causar inundaciones con lamentables consecuencias ya que a todo lo largo del río Kitamayo se hallan viviendas.

Los fenómenos de origen climático que se presentan con mayor frecuencia en el área de estudio son las inundaciones.

4.2.1.1. INUNDACIONES

Es el desplazamiento de las aguas de los ríos y quebradas que al sobrepasar su capacidad normal de cauce, inunda los terrenos adyacentes. Las causas son las intensas precipitaciones

pluviales, por incapacidad del cauce a conducirlas o por aluviones asociados a desembalses. En el caso de Pisaq las inundaciones afectan principalmente áreas adyacentes al río Vilcanota denominada faja marginal que en algunas partes se halla ya ocupada.

Sin embargo, las zonas más vulnerables a las inundaciones son las debidas a la presencia de torrentes fuertes y aluviones procedente de las quebradas Culispata y Chaupihuayco.

4.2.2. EVALUACION DE PELIGRO CLIMATICO

La quebrada Pillatahuayco por ser una cuenca de dimensiones muy pequeñas y por sus características hidrológicas no es motivo de peligro.

En el caso particular de la ciudad de Pisaq se puede mencionar que históricamente han ocurrido muchas inundaciones asociados a aluviones que en muchos casos han sido solucionados parcialmente con la construcción de muros de encauzamiento, como es el caso del río Kitamayo. Sin embargo el gran tamaño de las piedras arrastradas (hasta 60 pulgadas) se puede inducir la magnitud de las avenidas máximas que pueden ocurrir. De las observaciones en campo se deduce que su presencia denota un peligro latente por la pendiente fuerte de su cauce (21.2 %), habiéndose registrado hasta dos desbordamientos que inundaron un sector de viviendas ubicadas detrás de la iglesia de Pisaq y la propia plazoleta de Pisaq, tal como ya ocurrió en dos ocasione; no obstante haberse construido algunas defensas consistentes en muros de encauzamiento, estas no garantizan una seguridad duradera.

En la quebrada Chaupihuayco en el tramo comprendido entre el puente que atraviesa el río Chongo a la altura de Hotel Royal Inca y una longitud de 200 metros aguas arriba, se observan gravas y bloques de rocas (5 a 20 pulgadas) y según los rastros dejados por el río se aprecian alturas de tirante de agua de hasta 1.80 metros. De acuerdo a las manifestaciones de los vecinos del lugar, el torrente durante las máximas avenidas alcanzó el nivel de las vías peatonales, siendo necesaria en la actualidad la remoción de este material a fin de prevenir una acumulación del mismo y el peligro de embalsamiento. Otro tramo con peligro es aquel ubicado a aproximadamente 500 metros aguas arriba del puente situado al costado del Hotel Royal, que ponen en peligro la estabilidad de andenes incas ubicados en la margen derecha del río Chongo.

También las inundaciones afectan áreas adyacentes al río Vilcanota, denominada Faja Marginal que parte se encuentran ya ocupadas. Otra zona que es constantemente inundada por las aguas del río Vilcanota, son las riberas de la margen izquierda cerca de Taray.

El río Vilcanota en el sector de Pisaq cuenta con defensas ribereñas a lo largo de 400 y 300 metros aguas arriba y abajo del puente, teniendo por tanto un cauce definido y casi recto, su ancho varía entre 45 a 60 metros. Aguas abajo la falta de defensas hace que río vaya alterando su cauce, y presenta algunos bancos de arena e islas que desaparecen en temporadas de crecidas.

4.2.3. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS CLIMATICOS

4.2.3.1. ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION

El río Pillatahuayco es un tributario efímero, quedando completamente seco en épocas de estiaje. Su presencia no es motivo de peligro desde el punto de vista hidrológico aún en

temporadas de fuertes precipitaciones. Y según las estimaciones se ha encontrado caudales máximos de 5.81 y 8.34 m^3/seg para períodos de retorno de 10 y 50 años.

El río Kitamayo constituye un tributario de segundo orden y toma este nombre en su ingreso a la ciudad de Pisaq. En su recorrido bordea el cerro Intihuatana en cuyas alturas se encuentran emplazadas las ruinas del complejo arqueológico. Los caudales máximos estimados, fueron de 10.42 y 14.13 m^3/seg para períodos de retorno de 10 y 50 años. Por el método directo se ha calculado un gasto máximo de 18.39 m^3/seg. Cabe anotar que en época de estiaje el río queda completamente seco.

El río Chongo es un tributario de cuarto orden, donde los caudales máximos estimados para períodos de retorno de 10 y 50 años fueron de 26.8 y 36.9 m^3/seg. Por el método directo se calculado un gasto máximo de 29.5 m^3/seg. Se conoce antecedentes de avenidas frecuentes, tal como puede observarse en el tramo adyacente al Hotel Royal Inca.

De acuerdo al mapa de peligros, en el río Vilcanota se aprecia que un gasto con período de retorno de 50 años puede alcanzar e incluso rebasar la altura de los muros existentes, lo cual probablemente provocaría inundaciones que en la parte Sureste no alcanzaría las viviendas. El peligro mayor lo encontramos aguas abajo del puente en la margen derecha donde se han edificado viviendas prácticamente sobre los mismos muros de encauzamiento y también en margen izquierda donde no existen muros de defensa.

En el **MAPA Nº 08** (ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION), se muestra la zonificación de peligro por inundación de los ríos Kitamayo, Chongo y Vilcanota.

4.2.3.2. ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA

El paso del río Vilcanota por la ciudad y especialmente en la época de lluvias excepcionales originan peligro de inundación de las márgenes, que han sido mitigadas parcialmente mediante la construcción de muros de contención en ambas márgenes, pero que en algunos casos son afectados algunas viviendas y terrenos de cultivo.

Desde el punto de vista geológico, el peligro por inundación es latente en las márgenes del río Vilcanota en la ciudad de Pisaq; sin embargo por los análisis hidrológicos se han permitido calcular los periodos de retorno para 50 y 100 años que rebasaría el caudal actual del río Vilcanota, lo que es corroborado por los trabajos de campo y análisis sedimentológico. Esto nos ha permitido realizar una zonificación determinando áreas con peligro muy alto, alto, medio que se muestran en el **MAPA Nº 09** (ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA).

a) Peligro Muy Alto

Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundaciones ligadas a las lluvias muy fuertes que se producen anualmente o con un periodo de recurrencia de 10 años. Dentro de esta clasificación tenemos los bordes del río Vilcanota que no cuentan con muros de contención como es el caso de las urbanizaciones inmediatamente pegadas al río y sin obras de encauzamiento, como es el caso de las urbanizaciones Juan Julio Loayza (Fotos 20 y 21) y Vilcanota, ambas situadas en la margen izquierda. Aquí, solamente existe como protección muros provisionales de encauzamiento que se construye con el material del río (piedras, gravas y arenas) o sacos de arena. Cada año estos muros son destruidos por el río inundando

varios sectores, por lo que son de peligro muy alto a las inundaciones. Igualmente, tenemos en la margen derecha, el área comprendida entre el cauce y muro de contención que en época de estiaje es de 2 a 3 metros de ancho. Aguas abajo del final del encauzamiento (margen Derecha) todas la urbanizaciones situadas entre el cauce y la avenida Amazonas vienen realizando independientemente (Foto 22), cada propietario, su defensa ribereña ganando algunos metros al río. Estos metros constituyen zonas de peligro muy alto a las inundaciones.

La zona comprendida entre el mercado en construcción, el canal Kitamayo (Foto 23) y donde empieza el muro de contención de la margen derecha, es también de peligro muy alto, ya que en la parte donde no hay muro, el río puede inundar y retomar su cauce como ocurrió en los años 60 y 70.

b) Peligro Alto

Corresponde a las zonas que pueden ser inundadas en periodos de lluvias extraordinarias que se producen entre 10 y 100 años, destruyendo las obras de encauzamiento que en muchos casos no consideran estos aspectos. Por el periodo de recurrencia muy largo, la población muchas veces no tiene la conciencia debida de estos fenómenos a largo tiempo. Así tenemos que los sectores cercanos a los de muy alta vulnerabilidad en la urbanización Juan Julio Loayza y la urbanización Vilcanota, son de peligro alto.

Igualmente, los sectores cercanos al los de peligro muy alto entre el cauce del río y la avenida Amazonas, actualmente en construcción son de peligro alto.

c) Peligro Medio

Son zonas relativamente alejadas y un poco más altas del cauce inundable, pero pueden ser inundadas debido a lluvias extraordinarias con periodos de recurrencia mayores a los 100 años, o debido a la llegada de aluviones producidos en la parte alta de la cuenca. Si bien es cierto que estas posibilidades son muy bajas, pero no deben ser ignoradas. En este contexto se tiene un sector de la urbanización Juan Julio Loayza y gran parte del poblado ubicado a un costado del Muro de contención actualmente existente (Foto 24).

4.3. MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS

4.3.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOTECNICO

Los fenómenos de origen geotécnico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en el área de estudio, son los siguientes:

Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)

Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad portante y en donde los esfuerzos actuantes inducidos por una estructura de cimentación de alguna obra específica, pueden ocasionar la falla por corte y asentamiento del suelo. Un suelo con una capacidad portante de 1.50 Kg/cm^2 como mínimo se le considera aceptable para una cimentación común y para valores menores se deberá tener un especial cuidado debido a la posibilidad de una drástica reducción de la capacidad portante en condiciones dinámicas y amplificación de ondas sísmicas.

Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad

Se producen en el suelo de cimentación con un alto contenido de humedad natural, un alto Límite Líquido y un alto Índice Plástico. En aquellos suelos en donde el índice plástico sea mayor al 15% es posible que se produzcan cambios moderados de volumen por cambios en el contenido de humedad y que ocurren generalmente en las épocas más secas y calurosas del año.

Perdida de resistencia mecánica por lixiviación

Se producen en el suelo de cimentación que se encuentra fuertemente cementado por la presencia de sales de variado tipo. En aquellos suelos en donde la presencia de una napa freática sea importante, en donde se presente un flujo de agua subterránea y en donde el contenido de sales totales sea mayor a 15000 ppm, es posible la pérdida de resistencia mecánica por el efecto de lixiviación.

Agresión química del suelo al concreto

Se producen en el suelo de cimentación que tiene un alto contenido de sulfatos ($S0_4$). En aquellos suelos en donde el contenido de sulfatos ($S0_4$) sea mayor a 2000 ppm se considera que el suelo tendrá una agresividad química severa al concreto de las estructuras de cimentación, mientras que para valores por debajo de 1000 ppm la agresividad química del suelo se considera despreciable.

Otros fenómenos de origen geotécnico tales como colapsabilidad de los suelos, licuefacción de los suelos, pérdida de capacidad portante por presencia de nivel freático, hinchamiento de los suelos, congelamiento de los suelos, formación de oquedades en el suelo y otros; no se han tomado en cuenta para efectos de este estudio debido a que las diferentes características propias de los suelos de la ciudad de Pisaq no permiten la ocurrencia de dichos fenómenos.

4.3.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS

Los peligros de origen geotécnico de mayor incidencia en la ciudad de Pisaq y áreas adyacentes, se dan por las razones siguientes:

- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)
- Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad
- Perdida de resistencia mecánica por lixiviación
- Agresión del suelo al concreto

Para la evaluación de la ocurrencia de los peligros geotécnicos en la ciudad de Pisaq se ha tomado en cuenta los resultados obtenidos en la geotecnia del presente estudio, siendo de especial importancia la zonificación de la clasificación de suelos, de la capacidad portante de los suelos. Con base a dicha información y las restricciones establecidas en el ítem 4.4.1. se determinan las zonas en el área de estudio con ocurrencia variada de peligros geotécnicos.

4.3.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOTECNICOS

La zonificación de peligros de origen geotécnico para la ciudad de Pisaq, se han establecido 04 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

a) Zona de Peligro Bajo
Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave sin nivel freático, la capacidad portante del terreno es marcadamente mayor a 1.50 Kg/cm^2, no hay variación de volumen por cambios en el contenido de humedad, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es baja y la amplificación de las ondas sísmicas es baja a media. En esta zona no ocurren fenómenos geotécnicos de gran magnitud por lo que se le considera de `peligro bajo.

b) Zona de Peligro Medio
Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a moderada sin nivel freático, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.00 Kg/cm^2 a 1.50 Kg/cm^2, no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es media y la amplificación de las ondas sísmicas es media a alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de poca magnitud por lo que se le considera de peligro medio.

c) Zona de Peligro Alto
Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente suave a fuerte sin nivel freático y cauces de ríos, quebradas y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático, la capacidad portante del terreno se encuentra menores de 1.00 Kg/cm^2, no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad en los suelos granulares pero en los suelos finos este efecto es moderado, el suelo no es agresivo al concreto y no hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es alta y la amplificación de las ondas sísmicas es alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de media magnitud por lo que se le considera de peligro alto.

d) Zona de Peligro Muy Alto
Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente fuerte a muy fuerte sin nivel freático y cauces de ríos, cárcavas, quebradas, laderas muy empinadas de ríos y quebradas, rellenos de cauces antiguos y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático, la capacidad portante del terreno es menor a 1.00 Kg/cm^2 , no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedad en los suelos granulares pero en los suelos finos este efecto es importante, el suelo es agresivo al concreto y hay pérdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto sísmico es muy alta y la amplificación de las ondas sísmicas es muy alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de gran magnitud por lo que se le considera de peligro muy alto.

4.4. MAPA DE PELIGROS MULTIPLES

4.4.1. ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de los fenómenos de origen geológico-climático, climático y geotécnico en un lugar determinado del área de estudio que comprende la ciudad de Pisaq y alrededores, se ha preparado el Mapa de Zonificación de Peligros Múltiples, que se presenta en el **MAPA Nº 10**, donde resaltan los peligros climáticos asociados a los peligros climático-geológico. Es importante destacar que los suelos son en

general, de muy buena calidad, por lo tanto no son considerados en la zonificación de peligros múltiples.

a) Zona de Peligro Muy Alto

Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundaciones ligadas a las lluvias muy fuertes que se producen anualmente o con un periodo de recurrencia de 10 años. Dentro de esta clasificación tenemos los bordes del río Vilcanota que no cuentan con muros de contención como es el caso de las urbanizaciones Juan Julio Loayza y Vilcanota, ambas situadas en la margen izquierda pegadas al río y sin obras de encauzamiento. Igualmente, en la margen derecha aguas abajo del puente y final del encauzamiento hay construcciones casi en el cauce. Otra zona de peligro muy alto constituye los bordes del río Chaupihuayco (Chongo), ligadas a posibles aluviones como consecuencia del deslizamiento activo de Cuyo Chico y posible represamiento y desembalse. Finalmente, los bordes amplios del cauce del río Vilcanota en el sector de Matara son igualmente de peligro muy alto.

b) Zona de Peligro Alto

Corresponde al centro de la ciudad, donde se ha zonificado a unas franjas que serían afectadas por aluviones que ocurriesen en la quebrada Culispata (Kitamayo), sea por lluvias extraordinarias y deslizamientos en la parte alta. Estos flujos tratarían de retomar su antiguo cauce es decir, por la plaza de armas y la calle Kitamayo. Son también zonas de peligro alto los bordes del río Chaupihuayco (Chongo), debido a aluviones. El río Vilcanota en sus máximas avenidas afectaría un borde estrecho de la ciudad y en las zonas de expansión urbana, particularmente las que no cuentan con muros de encauzamiento.

c) Zona de Peligro Medio

Son aquellas áreas circundantes a los de peligro alto a las inundaciones por lluvias extraordinarias y aluviones que afectarían la ciudad, debido a la procedencia de flujos de las quebradas Culistapa (Kitamayo) y Chaupihuayco (Chongo). Igualmente circundan a áreas de peligro alto a inundaciones en la margen izquierda del río Vilcanota.

d) Zona de Peligro Medio a Bajo

Son aquellas áreas poco o nada propensas a inundaciones por el río Vilcanota, y por aluviones procedentes de las quebradas Kitamayo ó Chaupihuayco (Chongo). Además, son aquellas áreas cuya capacidad portante de los suelos es regular a buena.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en el área de estudio son por los relacionados a aluviones que se pueden producir en las partes altas de las quebradas de Culispata y Chaupihuayco, y además debido a deslizamientos que pueden provocar represamientos, favorecidos por una alta pendiente del terreno, baja o pobre consistencia de los materiales, roca muy fracturada y el agua de lluvia en su acción de erosión, transporte y deposición; siendo de especial interés.

2. En este contexto la ciudad de Pisaq tiene una ubicación que presenta alguna desventaja, por estar ubicada sobre un cono aluvial formado por el aporte de flujos aluviónicos antiguos provenientes de la quebrada Culispata. En efecto, los datos históricos y las evidencias geológicas ya nos indican los efectos de inundaciones y aluviones que dañarían parte de la ciudad.

3. Los peligros de origen climático de mayor incidencia en el área de estudio, son las inundaciones, que afectan especialmente ambas márgenes de los ríos Kitamayo, Chongo y particularmente el río Vilcanota, donde se ubican viviendas y terrenos de cultivo.

4. Desde el punto de vista hidrológico el río Pillatahuayco no es motivo de peligro aún en temporadas de fuertes precipitaciones, habiéndose encontrado caudales máximos de 5.81 y 8.34 m^3/seg para períodos de retorno de 10 y 50 años. El río Kitamayo que en época de estiaje queda completamente seco, los caudales máximos estimados son de 10.42 y 14.13 m^3/seg para períodos de retorno de 10 y 50 años; siendo peligrosa por provocar inundaciones en la ciudad. En el río Chongo los caudales máximos estimados para períodos de retorno de 10 y 50 años son de 26.8 y 36.9 m^3/seg.; que producen inundaciones en las riberas del río Chongo, donde se conoce antecedentes de avenidas frecuentes. En el río Vilcanota el gasto con período de retorno de 50 años puede alcanzar e incluso rebasar la altura de los muros existentes, lo cual probablemente provocaría inundaciones en la ciudad.

5. Los fenómenos de origen geotécnico de mayor incidencia en el área de estudio son: Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante), cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad, perdida de resistencia mecánica por lixiviación y agresión química del suelo al concreto. Otros fenómenos tales como colapsabilidad de los suelos, licuefacción de los suelos, pérdida de capacidad portante por presencia de nivel freático, hinchamiento de los suelos, congelamiento de los suelos y formación de oquedades en el suelo; no se producen debido a las características propias de los suelos del área de estudio.

6. Los suelos predominantes en la ciudad de Ollantaytambo sector urbano y zona de expansión, son suelos granulares compuestos por gravas tales como GP (Grava mal graduada con arena), GM (Grava limosa con arena), GM-GC (Grava limo arcillosa con arena) con presencia de bolonería en algunos casos. Excepto en el sector Lomadas (compone) donde se encuentra CL-ML (Arcilla limo arenosa) y el sector Huayronccoyoc pampa donde se encuentran ML (Limo inorgánico con arena).

7. La zonificación de peligros múltiples en el sector de Matara es preliminar por no contar con los estudios suficientes y las pruebas necesarias, sin embargo, teniendo en cuenta, por un lado

la existencia del deslizamiento de Cuyo Chico que puede represar el río Chongo, y por otro lado siendo una zona de posible expansión urbano se presenta dicha zonificación.

8. La ciudad de Pisaq se ha dividido en 04 niveles de peligro (Mapa de zonificación de peligros múltiples) en función a la ocurrencia de peligros de origen geológico-climático, geotécnico y climático; según la descripción siguiente:

a) Zona de Peligro Muy Alto
Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundaciones ligadas a las lluvias muy fuertes que se producen anualmente o con un periodo de recurrencia de 10 años. Dentro de esta clasificación tenemos los bordes del río Vilcanota que no cuentan con muros de contención como es el caso de las urbanizaciones inmediatamente pegadas al río y sin obras de encauzamiento. Igualmente corresponde al borde del río Chaupihuayco (Chongo) ligadas a posibles aluviones como consecuencia del deslizamiento activo de Cuyo Chico. Los bordes amplios del cauce del río Vilcanota en el sector de Matara son también de peligro muy alto

b) Zona de Peligro Alto
Corresponde al centro de la ciudad, donde se ha zonificado a unas franjas que serían afectadas por aluviones que ocurriesen en la quebrada Culispata (Kitamayo), sea por lluvias extraordinarias y deslizamientos en la parte alta. Estos flujos tratarían de retomar su antiguo cauce es decir, por la plaza de armas y la calle Kitamayo. Son también zonas de peligro alto los bordes del río Chaupihuayco (Chongo), debido a aluviones. El río Vilcanota en sus máximas avenidas afectaría un borde estrecho de la ciudad y en las zonas de expansión urbana, particularmente las que no cuentan con muros de encauzamiento.

c) Zona de Peligro Medio
Son aquellas áreas circundantes a los de peligro alto a las inundaciones por aluviones en la ciudad, relacionado a la quebrada Kitamayo y Chaupihuayco (Chongo). Igualmente circundan a áreas de peligro alto a inundaciones en la margen izquierda del río Vilcanota.

d) Zona de Peligro Medio a Bajo
Son aquellas áreas poco o nada propensas a inundaciones por el río Vilcanota, y por aluviones procedentes de las quebradas Kitamayo ó Chaupihuayco (Chongo). Además, son aquellas áreas cuya capacidad portante de los suelos es regular a buena.

RECOMENDACIONES

1. Respetar la faja marginal de las quebradas Culispata, Chaupihuayco y río Vilcanota mediante la dación de ordenanzas municipales.

2. Prohibir la construcción de viviendas dentro del área de andenes incas ubicada al Oeste de la ciudad de Pisaq, por ser áreas intangibles por ley.

3. Realizar defensa ribereña de los ríos que cruzan la ciudad o aledaños.

4. Efectuar forestación y reforestación con especies nativas en el cauce y laderas aledañas a los ríos.

5. Elaboración de proyectos de obras de estabilización (geotécnicos) de laderas de la quebrada Cochoc con relación a la erosión de cauce de ríos, erosión superficial, derrumbes, deslizamientos, cárcavas, etc.

6. Realizar la limpieza periódica del cauce de los ríos Kitamayo y Chongo, especialmente antes de la temporada de lluvia.

7. Considerar las pautas técnicas para orientar el proceso de construcción de edificaciones, de acuerdo a las características de los suelos encontrados en la ciudad de Pisaq. Esto con la finalidad de que las construcciones estén preparadas para afrontar la eventualidad de un sismo y sus consecuencias, reduciendo así su grado de vulnerabilidad.

8. Las zonas de expansión urbana en Pisaq se dan por un lado en las márgenes del río Vilcanota inclusive ganándole terreno al cauce, por lo que estas zonas que están zonificadas como de peligro muy alto deben ser reubicadas y al mismo tiempo construir muros de contención y continuar donde ya existen.

9. Otras zonas de expansión urbana posibles son, al Este del canal nuevo Kitamayo, es decir en la zona agrícola donde el mapa de zonificación de peligros múltiples dan valores de peligro bajo. Sin embargo, un estudio de planeamiento territorial respecto a la agricultura determinara si debe ser considerada como de expansión urbana. El mismo concepto se puede aplicar para las zonas de bajo peligro de Matara.

10. Al Norte de la carretera asfaltada que sale de a Calca se tiene otra zona de expansión urbana que le va ganado terreno a la zona agrícola con terrazas incas que se localizan cerca al cerro. El mapa de peligros muestra baja peligrosidad. En este caso la parte ya construida es decir unos 100 metros desde la pista debe consolidarse como de expansión urbana, pero mas al Norte debe considerarse intangible por la presencia de terrazas incas y la agricultura.

BIBLIOGRAFIA

- Bowles, J.E. (1996). Foundation analysis and design. New York: Mc. Graw-Hill Book co.
- Casaverde, L. y Vargas, J. (1980). Zonificación sísmica del Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Braja M. Das (2001). "Principios de ingeniería de Cimentaciones". Thomson.
- Candia, F; Carlotto, C. (1985). Estudio geológico de la Zona Huambutio-Lamay. Tesis Titulo Profesional UNSAAC.
- Carlotto, V.; Jaillard, E.; Mascle, G. (1992). Relación entre Sedimentación, Paleogeografía y Tectónica de la Región de Cusco (Sur del Perú) entre el Jurásico superior-Paleoceno. Boletín Sociedad Geológica del Perú, Volumen 83, p. 01-20.
- Carlotto, V.; Carlier, G.; Cárdenas, J.; Gil, W.; Chávez, R. (1996). The Red Bed of the San Jeronimo Group (Cuzco-Peru) Marker of the Inca 1 Tectonic Event. 3th Intern. Symp. And. Geodyn.-ISAG, Saint-Malo, France 1996, ORSTOM ed. p. 303-306.
- Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R.; y Vallenas, V. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín Nº 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima-Peru.
- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Bahlburg, H.; Westervoss, E.; Flores, T.; Cerpa, L. (2004). La formación Ollantaytambo evidencia de un substrato volcano-sedimentario ordovícico en el Altiplano y borde sur de la Cordillera Oriental del sur del Perú. XII Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú 2004, Resúmenes Extendidos, p 416-419.
- Coduto, D.P. (1994). Foundation desing: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Crespo, C. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones". Limusa, México.
- Chávez, R. (1995). Geología, Estratigrafía y tectónica de la Región de Calca-Urubamba. Tesis Titulo Profesional UNSAAC.
- Delgado, D. (2000). "Ingeniería de Cimentaciones, Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico". ALFAOMEGA-ECI.
- Hunt, R.E (1984). Geothecnical engineering investigation manual. New York; Mc. Graw Hill.
- Kalafatovich, C. (1957). La edad de las calizas de la formación Yuncaypata. Bol. Soc. Geol. del Perú. Tomo 32, Lima.
- Kalafatovich, C. (1977). Deslizamientos en el valle del río Urubamba. Sep. Revista Universitaria Nro. 131. Cusco.
- Kuroiwa, J. (2002). "Reducción de Desastres" Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima.
- Marocco, R. (1978). Estudio Geológico de la Cordillera de Vilcabamba. Bol. Del Instituto de Geología y Minería-4. 157 p. Lima.
- Michelena, R. "Mecánica de Suelos Aplicada" Libro 5 CIP.
- Naval Facilities Engineering Command (1986). Design manual: soil mechanics, foundations and earth structures (NAVFAC DM-7). New York: Departament of the Navy.
- Norma E – 050 (1997). Suelos y Cimentaciones. R. N. C.
- Peck y R. Hamson (2002). "Ingeniería de Cimentaciones", Limusa, Mexico.
- Rico A. y Del Castillo, H. La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres. Limusa. México.
- Sowers & Sowers. Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones", Limusa.
- Terzaghi, K. Peck, R. Mesri, G (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. New York: John Wiley & Sons, Inc.

MAPAS

691000 791000 891000 991000

8724000 8624000 8524000 8424000 8324000 8224000

UCAYALI

JUNIN

N

1:1.600.000

LEYENDA

- CAPITAL_DE_DISTRITO
- CAPITAL_DE_PROVINCIA
- CAPITAL_DE_DEPARTAMENTO
- CARRETERA_ASFALTADA
- TROCHA_CARROZABLE
- NEVADOS
- RIOS_PRINCIPALES
- DISTRITO_PISAQ

25.000 12.500 0 25.000 50.000 75.000 Metros

Rio Sensa, Rio Urubamba, Rio Huaritiriqui, Rio Paquiria, Quebrada Rija, Rio Mishagua, Rio Huepaya, Rio Pangoreni, Rio Ucubamba, Rio Picha, Rio Camisea, Rio Timpia, Rio Porcodar, Rio Parotori, Rio Shematari, Rio Taperachi, Rio Yaygua, Rio Callanga, Rio Alto Picha, Rio Mantalo, Rio Urubamba, Rio Yavero, Rio Eno, Rio Chari, Rio Chuntiary, Rio Urubamba, Rio Sipsibani, Rio Corbeni, Rio Pampacomas, Rio San Miguel, Rio Monte Carmelo, Rio Apurimac, Rio Blanco, Rio Santa Teresa, Rio Pillcopata, Rio Paloma, Rio Mazuco, Rio Paucartambo, Rio Chirumayo, Rio Nusiniscato, Rio Colorado, Rio Marcopata, Rio Araza, Rio Camanti, Rio Azulmayo, Rio Coparaque, Rio Condoroma, Rio Pedre, Rio Cooperaq, Rio Mapacho, Rio Pitumarca, Rio Amaru, Rio Huancane, Rio Ccallo, Rio Antauro, Rio Santa Rosa, Rio Langui Layo, Rio Ranrapata, Rio Huancarama, Rio Jauracata, Rio Tocosa, Rio Salzu

QUIMBIRI, ECHARATE, SANTA ANA, QUILLABAMBA, OCOBAMBA, MARANURA, HUAYOPATA, VILCABAMBA, SANTA TERESA, MACHUPICCHU, LARES, OLLANTAYTAMBO, URUBAMBA, CALCA, MARAS, YUCAY, LAMAY, COYA, TARAY, PISAC, CHINCHERO, HUAROCONDO, ZURITE, ANTA, LIMATAMBO, CACHIMAYO, POROY, MOLLEPATA, PUCYURA, WANCHAQ, CUSCO, SANTIAGO, CCORCA, SAYLLA, LUCRE, OROPESA, CHINCHAYPUJIO, HUANOQUITE, YAURISQUE, CAICAY, COLQUEPATA, PAUCARTAMBO, CHALLABAMBA, KOSNIPATA, CAMANTI, CCARHUAYO, OCONGATE, MARCAPATA, URCOS, HUARO, PARURO, RONDOCAN, CCAPI, QUIQUIJANA, COLCHA, ACOMAYO, CUSIPATA, ACCHA, ACOS, CHECACUPE, CAPACMARCA, POMACANCHI, ACOPIA, COMBAPATA, OMACHA, PAMPAMARCA, TINTA, TUPAC AMARU, YANAOCA, SICUANI, QUIÑOTA, COLQUEMARCA, CHAMACA, LIVITACA, LLUSCO, QUEHUE, SANTO TOMAS, VELILLE, CHECCA, KUNTURKANKI, LAYO, PICHIGUA, YAURI, COPORAQUE, PALLPATA, SUYCKUTAMBO, OCORURO, CONDOROMA, QUELLOUNO, YANATILE

PUNO

AYACUCHO

PISAC

PISAC
TARAY
SAN SALVADOR

MAPA DE UBICACION

CUSCO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

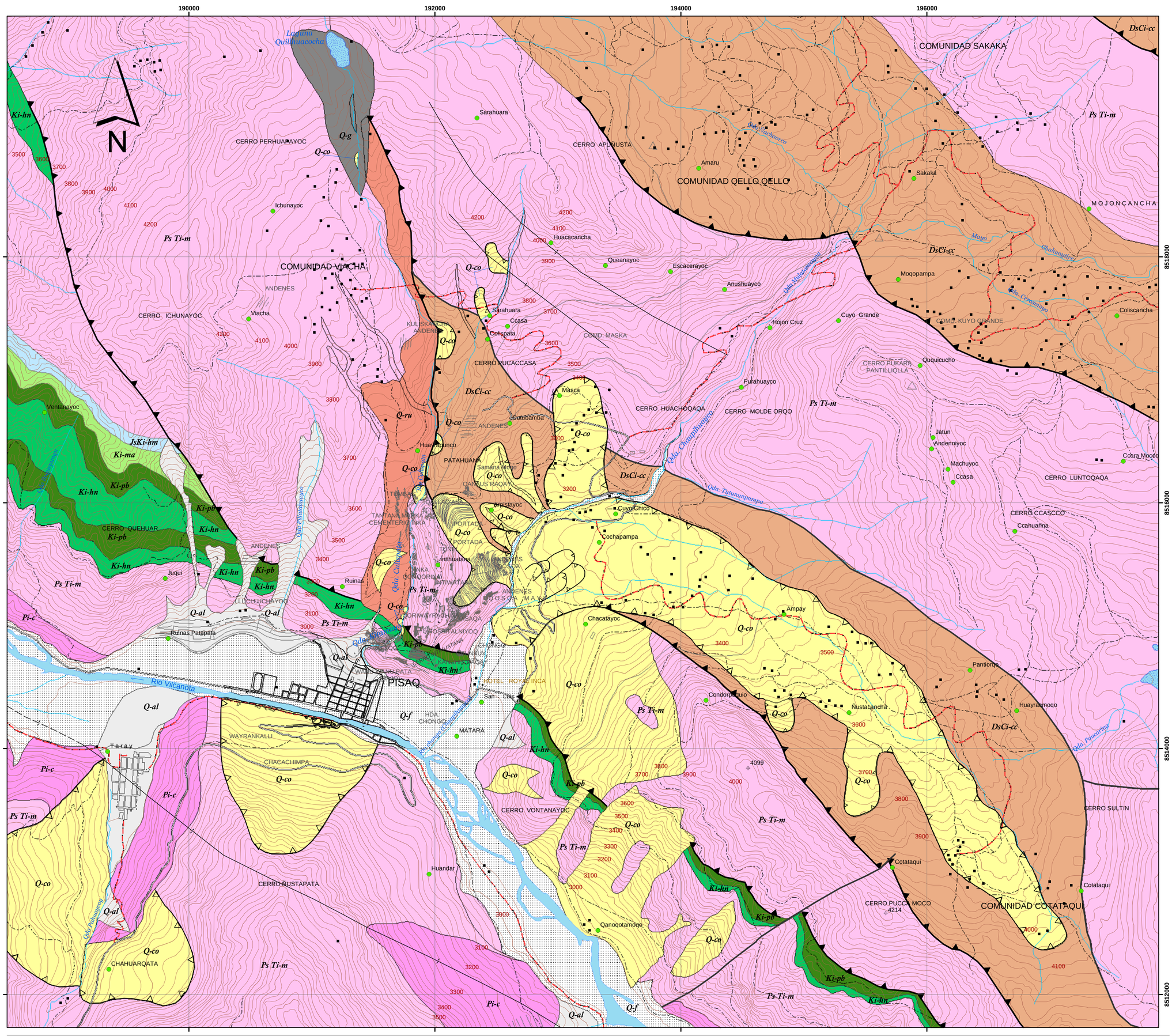
INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE UBICACION

UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

	ESCALA	FECHA :	MAPA NRO.
	1:1600.000	JULIO DEL 2005	01
	COORDINADOR: ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD -GIS: ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



1:17.500

FUENTE:

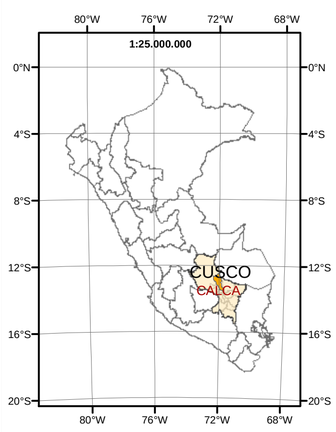
CARTAS 27s ESCALA 1:100000 IGN.
CATASTRO ARQUEOLOGICO DEL P.A. DE PISAQ - INC
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.
27s - III - SE 27s - III - NE
CATASTRO DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ.

LEYENDA

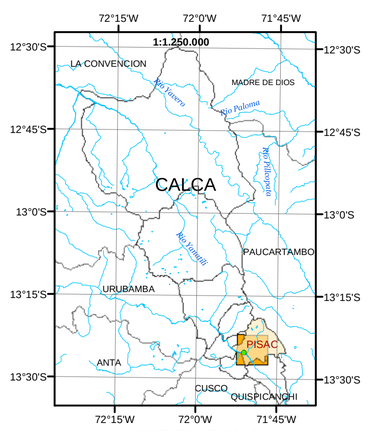
Q-co	DEPOSITOS COLUVIALES
Q-fl	DEPOSITOS ALUVIALES
Q-al	DEPOSITOS FLUVIALES
Q-g	DEPOSITOS GLACIARES
Q-ru	FORMACION RUMICOLCA
Ki-ma	FORMACION MARAS
Ki-pb	FORMACION PAUCARBAMBA
Ki-hn	FORMACION HUANCANE
JsKi-hm	FORMACION HUAMBUTIO
Psti-m	GRUPO MITU
Pi-c	GRUPO COPACABANA
DsCi-cc	FORMACION CCATCA

SIMBOLOGIA

- ESCARPA DE DESLIZAMIENTO
- CONTACTO
- FALLA
- FALLA INVERSA
- EJE DE SINCLINAL
- EJE DE ANTICLINAL
- PUNTOS DE CONTROL
- POBLADOS
- CASERIOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-25 m
- LAGUNAS
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA



DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

GEOLOGICO

UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

	ESCALA 1 : 17.500	**FECHA :** JULIO DEL 2005	**MAPA NRO.** 02
	CONSULTOR GEOLOGIA ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	**CONSULTOR CAD -GIS** ING. HECTOR ACURIO CRUZ	

DATOS DE LA CUENCA PILLAHUAYCO	
Area	1,85 Km2
Long. de Cauce	2,43 Km
Pendiente del Cauce	41,2%
Cota-Punto Mas Alto	4300 m.s.n.m.
Cota-Punto de Interes	3000 m.s.n.m
Tiempo de Concentracion	0,18 horas
Coef. de Escorrentia	0,41

DATOS DE LA CUENCA CULISPATA	
Area	8,32 Km2
Long. de Cauce	4,87Km
Pendiente del Cauce	21,2%
Cota-Punto Mas Alto	4500 m.s.n.m.
Cota-Punto de Interes	3050 m.s.n.m
Tiempo de Concentracion	0,4 horas
Coef. de Escorrentia	0,38

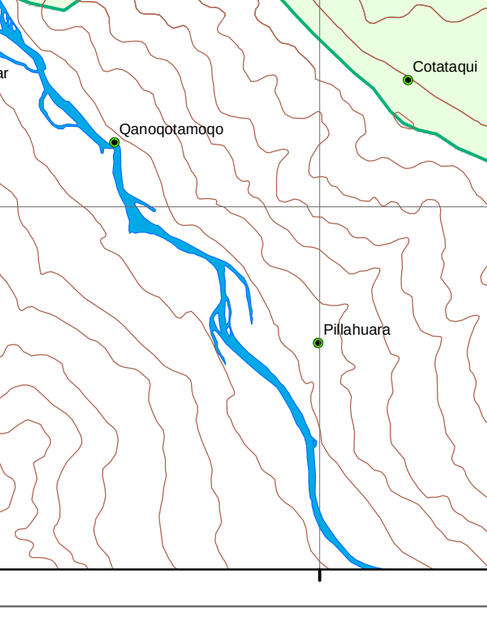
DATOS DE LA CUENCA CHAUPIHUAYCO	
Area	117,98 Km2
Long. de Cauce	17,49 Km
Pendiente del Cauce	7,8%
Cota-Punto Mas Alto	4700 m.s.n.m.
Cota-Punto de Interes	3000 m.s.n.m
Tiempo de Concentracion	1,62 horas
Coef. de Escorrentia	0,39

1.000 0 1.000 2.000 3.000 4.000 Metros

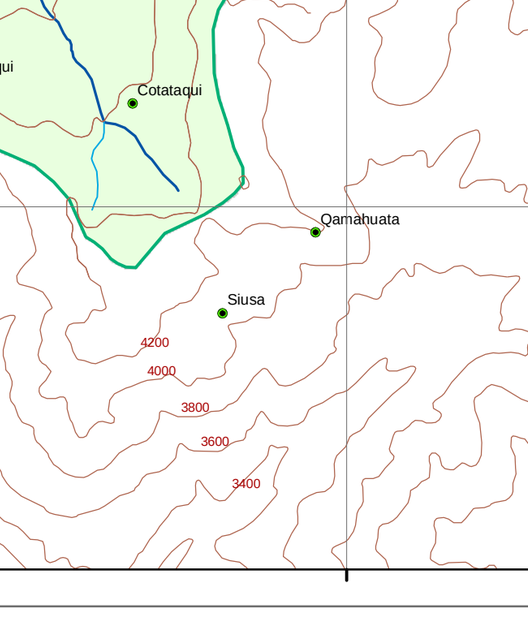
1:50.000

SIMBOLOGIA

- CENTROIDE
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS DE PRIMER ORDEN
- RIOS DE TERCER ORDEN
- CUENCA PILLAHUAYCO
- CUENCA CULISPATA
- CUENCA CHAUPIHUAYCO
- RIOS DE SEGUNDO ORDEN
- LAGUNA
- LIMITE CUENCA PILLAHUAYCO
- LIMITE CUENCA CULISPATA
- LIMITE CUENCA CHAUPIHUAYCO
- CURVAS DE NIVEL C-200 m
- ZONA URBANA



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA



DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

CUENCA HIDROLOGICA
QUEBRADAS PILLATAHUAYCO, CULISPATA Y CHAUPIHUAYCO

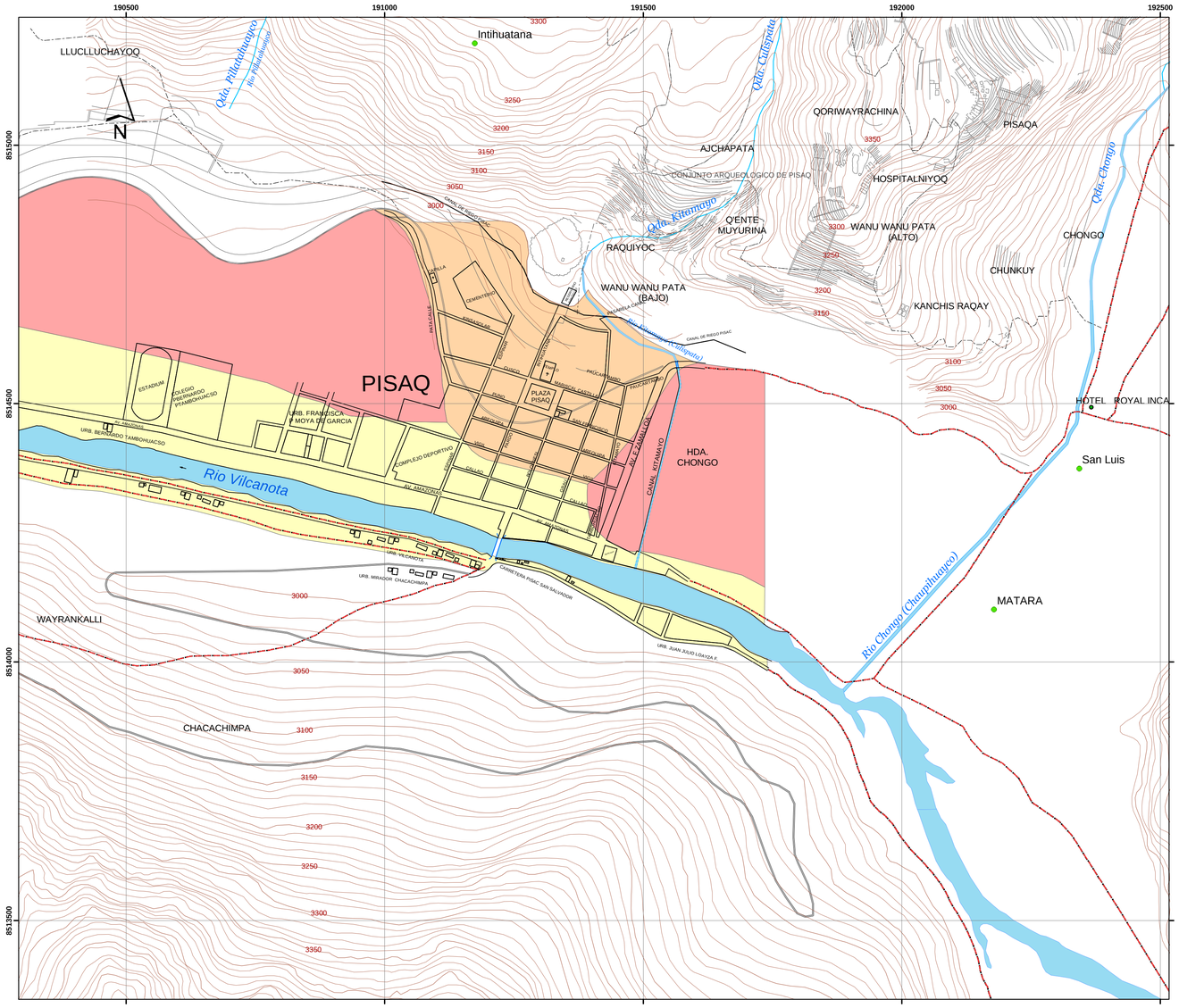
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

ESCALA	FECHA :	MAPA NRO.
1:50 000	JULIO DEL 2005	03
CONSULTOR HIDROLOGIA: ING. SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ	CONSULTOR CAD -GIS: ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



SIMBOLOGIA

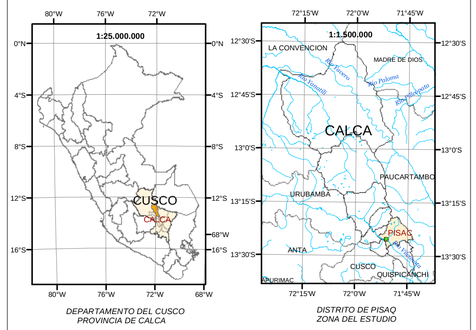
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL(VILCANOTA)
- RIOS Y RIACH (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA
Kg/cm2

1,00 A 1,50
1,50 A 2,50
2,50 A 3,50

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:5.000



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA

DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

FUENTE:
MAPA GEOGRAFICO - HOJA 27S ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27s - III - SO 27s - III - SE
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS

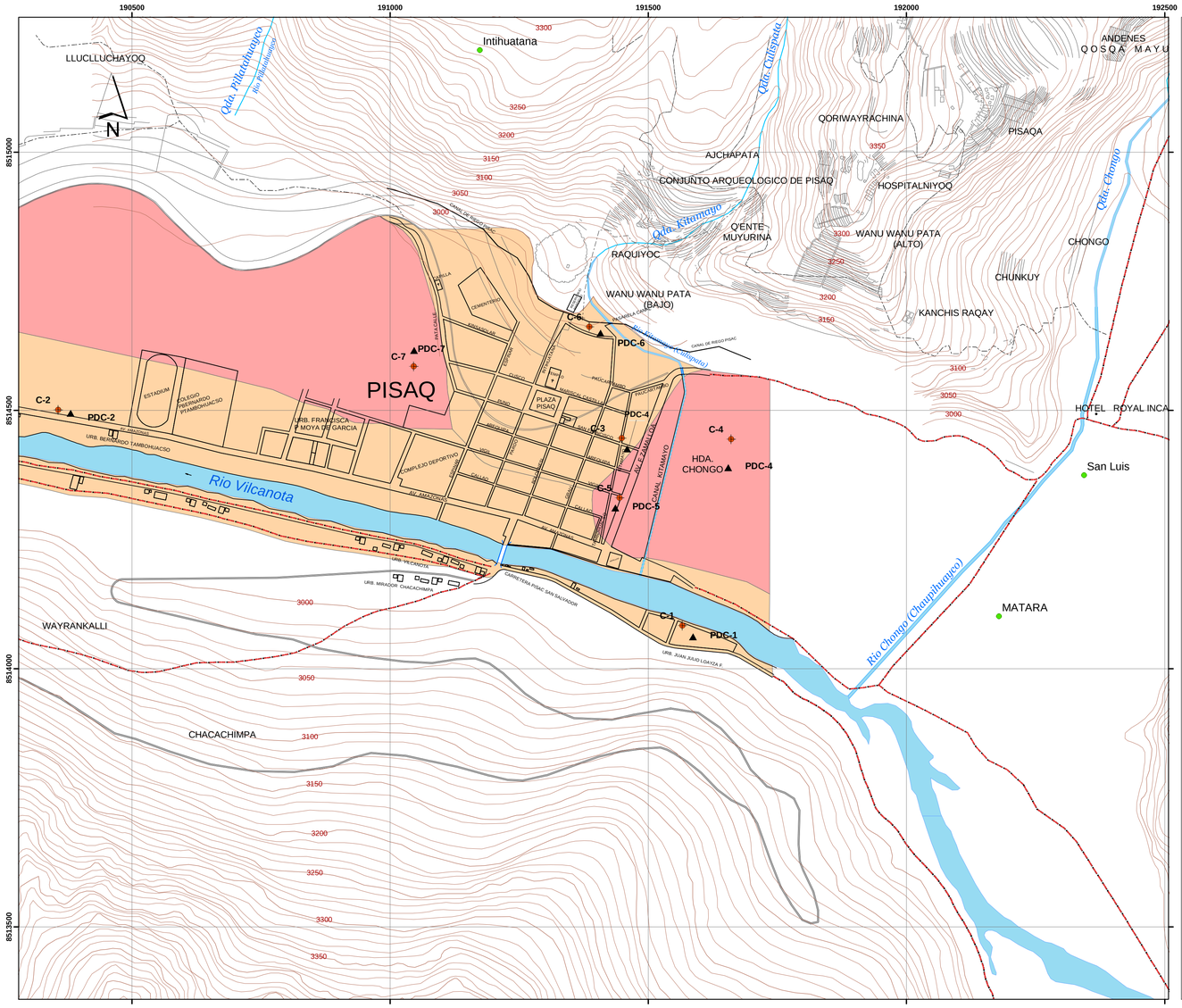
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

	ESCALA 1:5.000	**FECHA :** JULIO DEL 2005	**MAPA NRO.** 04
	CONSULTOR GEOTECNIA ING. AMERICO MONTAÑEZ TUPAYACHI	**CONSULTOR CAD -GIS** ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



SIMBOLOGIA

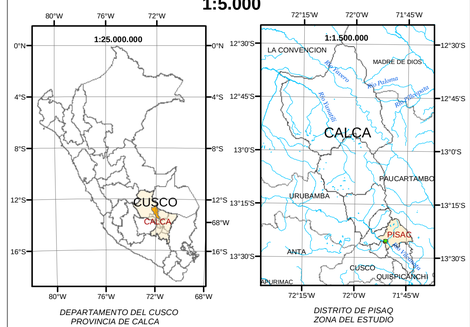
- AUSCULTACION DINAMICA
- CALICATA
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL(VILCANOTA)
- RIOS Y RIACH (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA

- ML;SM;SC SM-SC — LIMO ARENOSO
- GP;GC;GP-GM GW-GM — GRAVAS MAL GRADUADAS

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:5.000



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA

DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

FUENTE:

MAPA GEOGRAFICO - HOJA 27S ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27s - III - SO 27s - III - SE
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

CLASIFICACION DE SUELOS

UBICACION

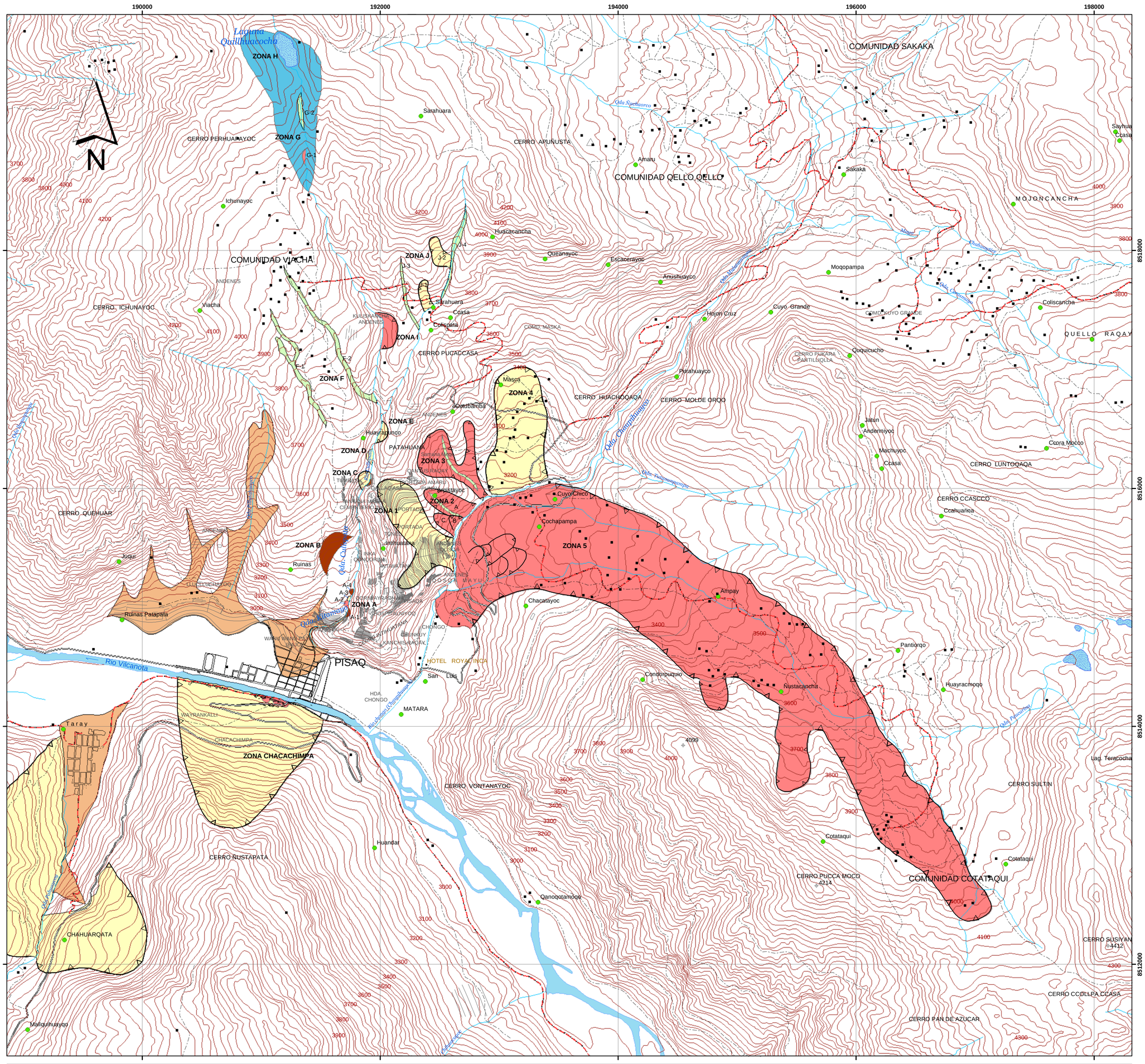
DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

ESCALA	FECHA :	MAPA NRO.
1:5.000	JULIO DEL 2005	05

CONSULTOR GEOTECNIA	CONSULTOR CAD -GIS
ING. AMERICO MONTAÑEZ TUPAYACHI	ING. HECTOR ACURIO CRUZ



FUENTE:

CARTAS 27s ESCALA 1:100000 IGN.
CATASTRO ARQUEOLOGICO DEL PA DE PISAQ - INC
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.
27s - III - SE 27s - III - NE
CATASTRO DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ.

0 250 500 1.000 1.500 Metros

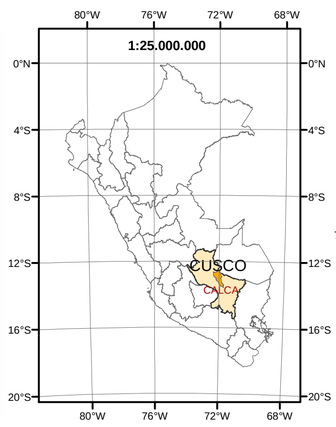
1:17.500

LEYENDA

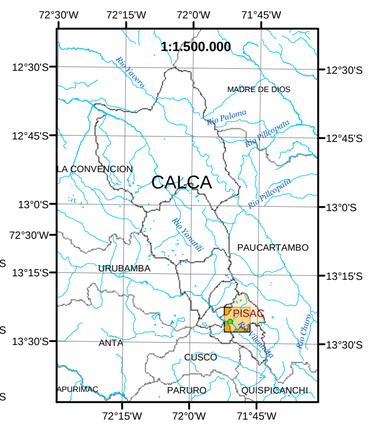
- DESLIZAMIENTO ACTIVO
- DESLIZAMIENTO ANTIGUO
- CONO ALUVIAL
- CARCAVA
- DERRUMBE

SIMBOLOGIA

- ESCARPA DE DESLIZAMIENTO
- PUNTOS DE CONTROL
- POBLADOS
- CASERIOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- LAGUNAS
- MORRENA
- CURVAS DE NIVEL C-100 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA



DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

GEODINAMICO

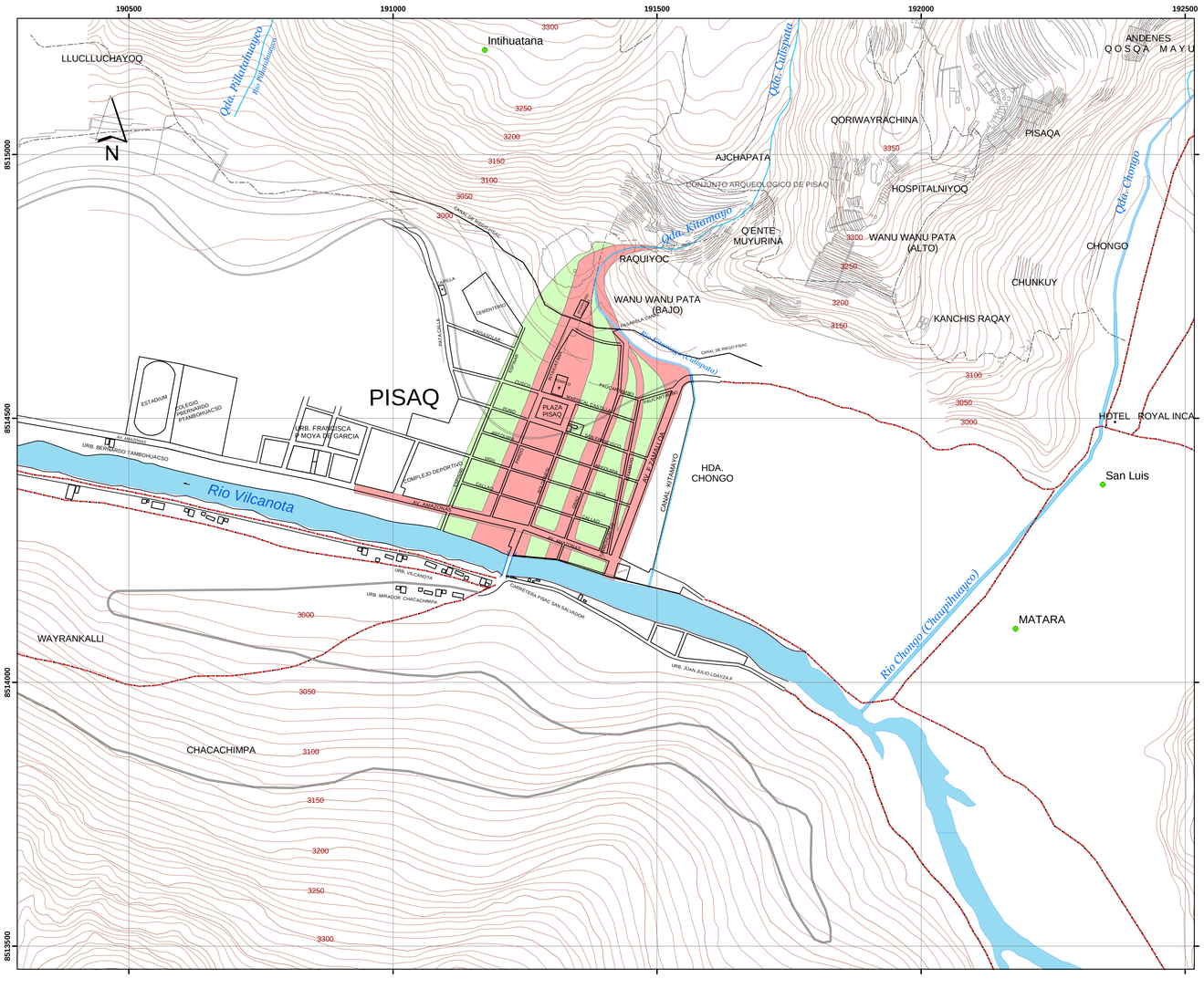
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

	ESCALA	FECHA :	MAPA NRO.
	1 : 17.500	JULIO DEL 2005	06
	CONSULTOR GEOLOGIA: ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD -GIS: ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



SIMBOLOGIA

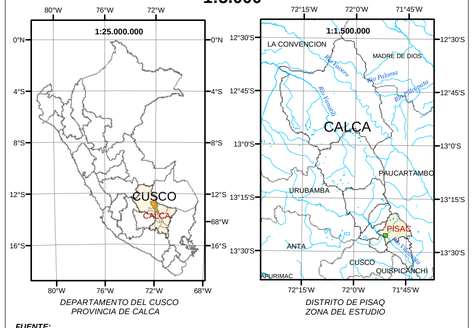
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL(VILCANOTA)
- RIOS Y RIACH (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA

- PELIGRO MUY ALTO A ALTO
- PELIGRO MEDIO A BAJO

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:5.000



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA

DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

FUENTE:
MAPA GEOGRAFICO - HOJA 27S ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27s - III - SO 27s - III - SE
PLANO CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE PISAQ- MUNICIPALIDAD DE PISAQ

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION

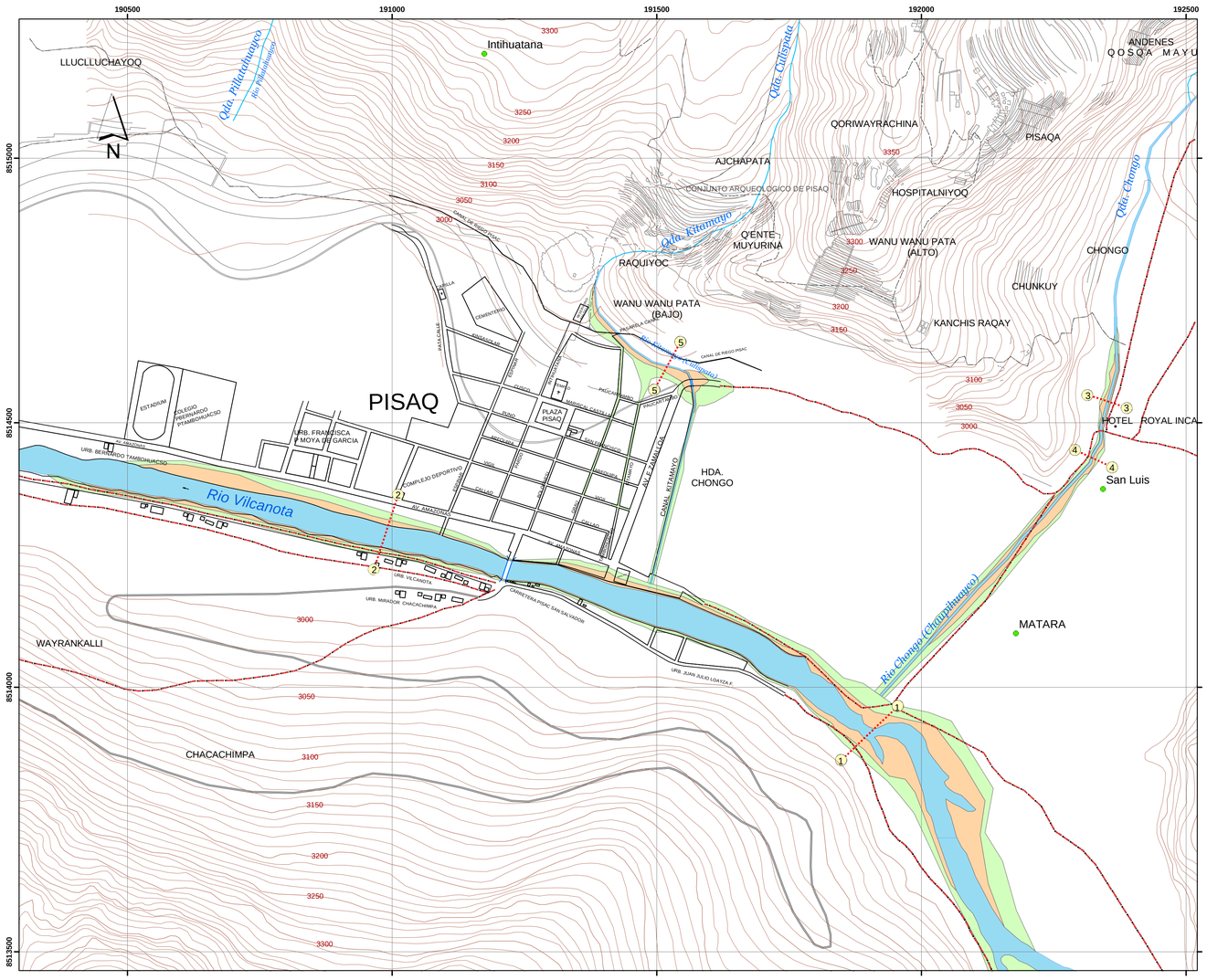
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

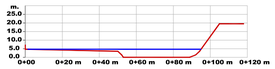
	ESCALA 1:5.000	FECHA : JULIO DEL 2005	MAPA NRO. 07
	CONSULTOR GEOLOGIA ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD -GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



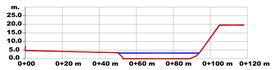
PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO VILCANOTA AGUAS ARRIBA PUENTE PISAQ

(SECCION 1 -1)

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



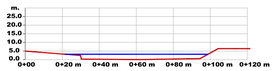
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



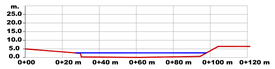
PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO VILCANOTA AGUAS ARRIBA PUENTE PISAQ

(SECCION 2 - 2)

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

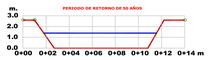


PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO CHONGO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE ROYAL INCA - PISAQ.

(SECCION 3 - 3)

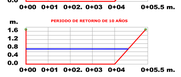


PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO CHONGO AGUAS ABAJO DEL PUENTE ROYAL INCA - PISAQ.

(SECCION 4 - 4)

PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO CULISPATA (KITAMAYO) AGUAS ARRIBA PUENTE CARRETERA - PISAQ.

(SECCION 5 - 5)



FUENTE:

MAPA GEOGRAFICO - HOJA 27S ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27s - III - SO 27s - III - SE
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ

0 50 100 200 300 400 500 Metros

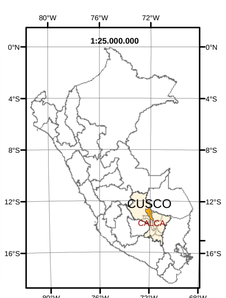
1:5.000

LEYENDA

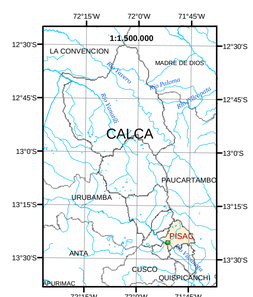
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO A BAJO

LEYENDA

- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL(VILCANOTA)
- RIOS Y RIACH (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES
- CORTE



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA



DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION

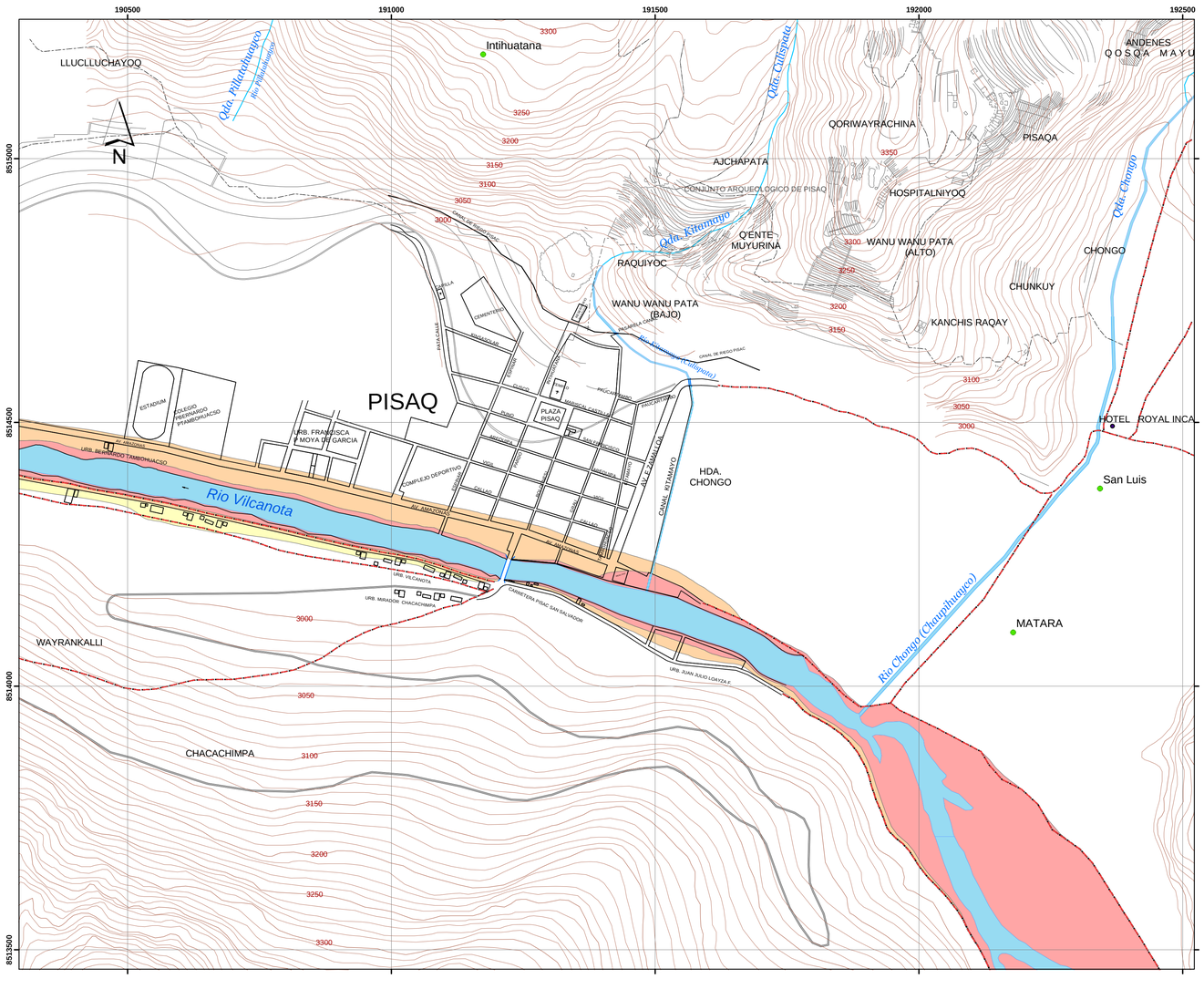
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

	ESCALA	FECHA :	MAPA NRO.
	1:5.000	JULIO DEL 2005	08
	CONSULTOR HIDROLOGIA: ING. SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ	CONSULTOR CAD -GIS: ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



SIMBOLOGIA

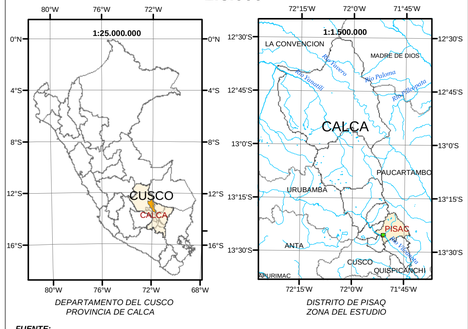
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL(VILCANOTA)
- RIOS Y RIACH (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA

- PELIGRO MUY ALTO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:5.000



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA

DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

FUENTE:
MAPA GEOGRAFICO - HOJA 27S ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27s - III - SO 27s - III - SE
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA

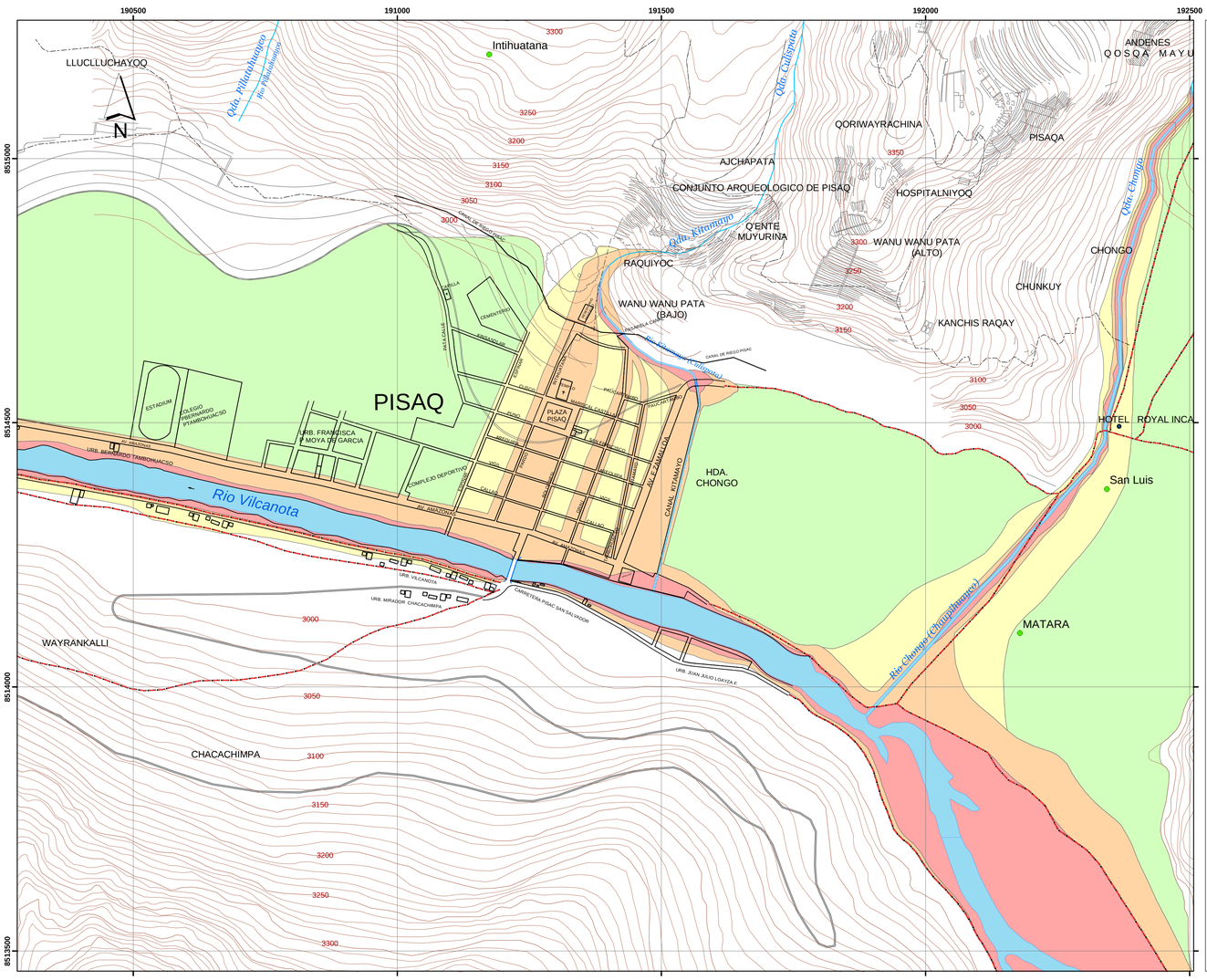
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

	ESCALA 1:5.000	FECHA : JULIO DEL 2005	MAPA NRO. 09
	CONSULTOR GEOLOGIA ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD -GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



SIMBOLOGIA

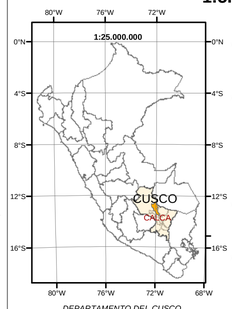
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL(VILCANOTA)
- RIOS Y RIACH (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- SITIOS ARQUEOLOGICOS
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA

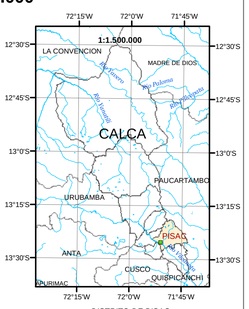
- PELIGRO MUY ALTO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO
- PELIGRO MEDIO A BAJO

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:5.000



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE CALCA



DISTRITO DE PISAQ
ZONA DEL ESTUDIO

FUENTE:
MAPA GEOGRAFICO - HOJA 27S ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27s - III - SO 27s - III - SE
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE PISAQ - MUNICIPALIDAD DE PISAQ

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO

CIUDAD

PISAQ

MAPA

ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA
DIST.: PISAQ

DATUM

WGS84 UTM ZONA 19S

	ESCALA 1:5.000	**FECHA :** JULIO DEL 2005	**MAPA NRO.** 10
	COORDINADOR ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	**CONSULTOR CAD -GIS** ING. HECTOR ACURIO CRUZ	

ANEXO Nº 01:

HIDROLOGIA

ANEXO Nº 02:

UBICACIÓN DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES

ANEXO Nº 03:

FICHAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO

ANEXO Nº 04:

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

ANEXO Nº 05:

CALCULOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DE CIMENTACIONES

ANEXO Nº 06:

PANEL FOTOGRAFICO

Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico

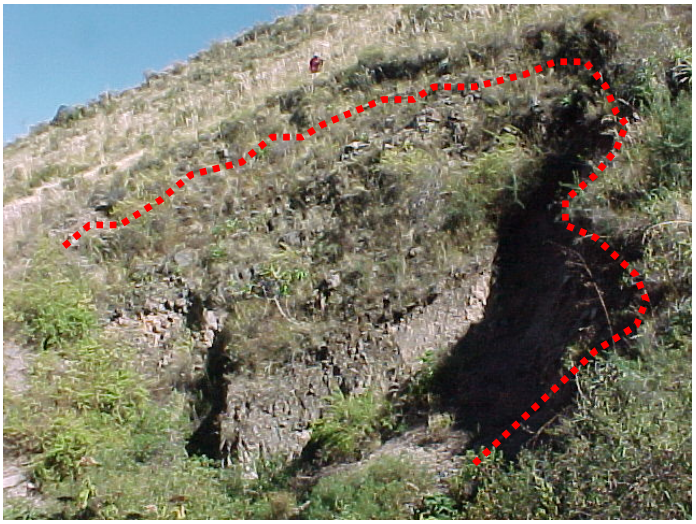


Foto 1: Deslizamiento antiguo en vías de reactivación (A-2), margen derecha del río Kitamayo.

Foto 2: Roca desprendida del derrumbe antiguo que se observa en la foto anterior.

Foto 3: Erosión de las terrazas incas producto de las filtraciones de aguas mal captadas (C).

Foto 4: Vista Panorámica de la cárcava F1 en vías de reactivación.

Foto 5: Deslizamiento antiguo (G1) en vías de reactivación por socavación del cauce del riachuelo Kitamayo.

Foto 6: Dique de piedra en la laguna Totoracocha que sirve de represa para el almacenamiento de agua en época de lluvia.

Foto 7: Deslizamiento antiguo (I) potencialmente afectando la carretera.

Foto 8: Vista panorámica del deslizamiento de Cuyo Chico.

Foto 9: Carretera hacia las ruinas de Pisaq afectadas por reactivación del deslizamiento de Cuyo Chico.

Foto 10: Vivienda afectada por la reactivación del deslizamiento de Cuyo Chico.

Foto 11: Vista panorámica del deslizamiento de las ruinas Pisaq Zona 1 estabilizada por andenes incas.

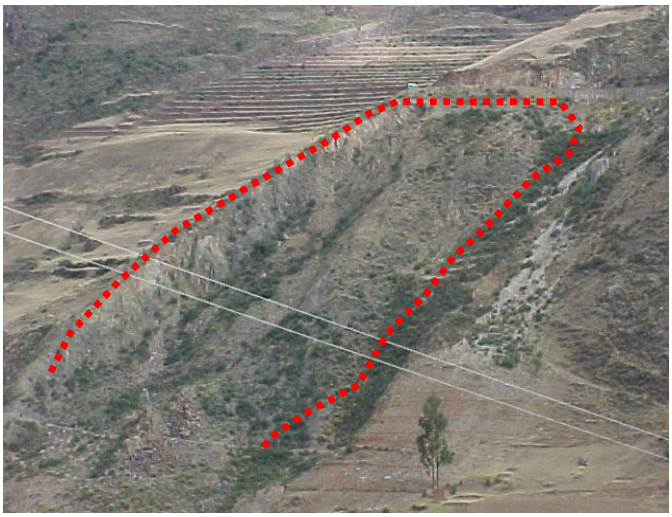


Foto 12: Deslizamiento 2A, se puede observar que la carretera pasa por cabecera de este deslizamiento.

Foto 13: Deslizamiento reactivado de la Zona 3 cerca a las ruinas de Pisaq.

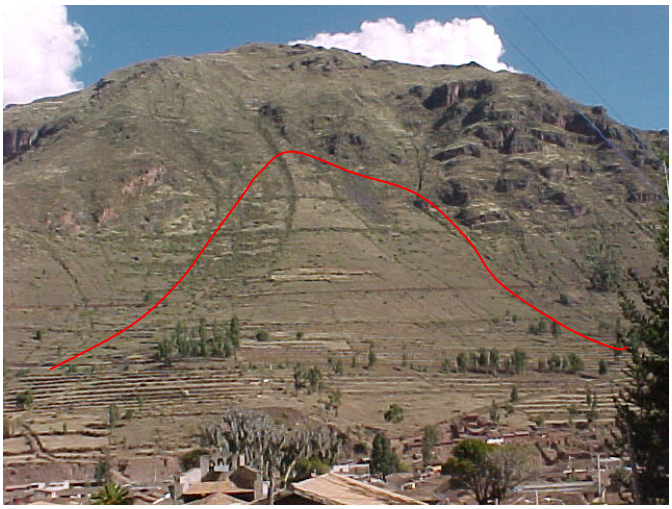


Foto 14: Deslizamiento antiguo ubicado al Sur de la ciudad de Pisaq.

Foto 15: Parte baja del deslizamiento donde se están realizando cortes de talud para la expansión urbana.

Foto 16: Cono aluvial de Kitamayo donde está emplazada la ciudad de Pisaq.

Foto 17: Actual canalización del río Kitamayo que ha sido desviado al Este de manera forzada.

Foto 18: Estrechamiento del cauce actual de la quebrada Kitamayo

Foto 19: Calle Kitamayo antigua canalización del riachuelo Kitamayo.

Foto 20: Urbanización Juan Julio Loayza en la margen izquierda con peligro a inundaciones.

Foto 21: Prolongación de la Urbanización Vilcanota Zona de peligro muy alto y alto a Inundaciones.

Foto 22: Detalle de las construcciones que tratan de ganar terreno en la zona inundable aguas abajo margen derecha.

Foto 23: Detalle de la Foto Anterior donde el río trata de entrar al la zona periférica de la ciudad de Pisaq por falta de muro.

Foto 24: Muro de contención que protege parte de la margen derecha del río Vilcanota.

Fotos del desarrollo de los trabajos geotécnicos

Fotos del desarrollo de los trabajos hidrológicos