



**ESTUDIO:**

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE CALCA**

**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 GALLEN**

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**



<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	
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
<b>CAPITULO II: ETAPAS DE DESARROLLO DEL ESTUDIO</b>	
2.1. GENERALIDADES.....	04
2.2. ETAPA DE RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE .....	04
2.3.- ETAPA DE INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	05
2.4.- ETAPA DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	07
2.5.- ETAPA DE GABINETE.....	07
<b>CAPITULO III: ESTUDIOS BASICOS</b>	
3.1.- CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO.....	08
3.2. GEOMORFOLOGIA.....	08
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) Conos aluviales de la quebrada Cochoc	
b) Cono aluvial Cochoc	
2. LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA	
3.2.2.2. UNIDAD DE QUEBRADAS Y RIOS	
1. QUEBRADA COCHOC	
2. VALLE VILCANOTA	
3.3. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.....	11
3.3.1. ESTRATIGRAFIA	
3.3.1.1. FORMACION SAN GABAN (Os-sg)	
3.3.1.2. FORMACION PAUCARTAMBO (SD-p)	
3.3.1.3. GRUPO MITU (PmTi-m)	
3.3.1.4. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)	
3.3.1.5. GRUPO YUNCAYPATA	
1. FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Ki-pb)	
2. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)	
3. FORMACIÓN AYAVACAS (Ki-ay)	
4. FORMACIÓN PUQUÍN (Ks-pu)	
3.3.1.6. FORMACION QUILQUE-CHILCA (Pp-qc)	
1. FORMACION QUILQUE	
2. FORMACION CHILCA	
3.3.1.7. GRUPO SAN JERONIMO (Peo-sj)	
3.3.1.8. 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)	
3.3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	
3.4. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.....	16

3.4.1. UBICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO.	
3.4.2. RIO VILCANOTA	
3.4.3. IDENTIFICACION DE LA SUB-CUENCA	
3.4.2.1. SUB CUENCA DEL RIO COCHOC	
1. RIO COCHOC	
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS	
3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS	
4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL	
5. ZONAS DE PELIGRO	
6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LA CUENCA	
7. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS	
8. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA CUENCA	
3.5. GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO.....	25
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 SUB - SUELO	
3.5.4.2. ANALISIS GEOTECNICO DE CIMENTACIONES	
CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE 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 CALCA**

4.1. MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS.....	33
4.1.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICOS	
4.1.1.1. DESLIZAMIENTOS	
4.1.1.2. ALUVIONES	
4.1.1.3. CARCAVAS	
4.1.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS	
4.1.2.1. CONO ALUVIAL COCHOC	
4.1.2.2. PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS DE LA QUEBRADA COCHOC	
1. MARGEN DERECHA DEL RIO COCHOC	
a) Zona de conos aluviales CA	
b) Zona de deslizamientos DA y cárcavas	
2. MARGEN IZQUIERDA DEL RIO COCHOC	
a) Zona de conos aluviales CB	
b) Zona de deslizamientos DB	
4.1.2.3. PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS DEL SECTOR CHIMPACALCA-UNURQUI	
a) Zona de cárcava Car Chi	
b) Zona de cono aluvial CA	
c) Zona de deslizamientos DA	
4.1.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO	
4.1.3.1. ZONIFICACIÓN POR PELIGRO DE ALUVIÓN DE LA CIUDAD DE CALCA	
4.2. MAPA DE PELIGRO CLIMATICO.....	42
4.2.1. FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO	
4.2.1.1. INUNDACIONES	
4.2.2. EVALUACION DE PELIGROS CLIMATICOS	
4.2.3. ZONIFICACIÓN DE PELIGRO CLIMATICO	
4.2.3.1. ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RÍO COCHOC	
4.2.3.2. ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA	
4.3. MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS.....	45
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.....	47
4.4.1. ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES	

**CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFIA**

**MAPAS**

- MAPA N° 01: UBICACIÓN**
- MAPA N° 02: GEOLOGICO**
- MAPA N° 03: CUENCA HIDROLOGICA QUEBRADA COCHOC**
- MAPA N° 04: CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS**
- MAPA N° 05: CLASIFICACION DE SUELOS**
- MAPA N° 06: GEODINAMICO**
- MAPA N° 07: ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION**
- MAPA N° 08: ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION**
- MAPA N° 09: ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION - RIO VILCANOTA**
- MAPA N° 10: ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES**

**ANEXOS**

- ANEXO N° 01: HIDROLOGIA**
- ANEXO N° 02: UBICACIÓN DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES**
- ANEXO N° 03: FICHAS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**
- ANEXO N° 04: PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO**
- ANEXO N° 05: CALCULOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DE CIMENTACIONES**
- ANEXO N° 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 – Mapa de Peligros de las ciudades de Písaq, Calca, Urubamba y Ollantaytambo.

Este informe corresponde a la ciudad de Calca que se halla ubicada en el distrito de Calca, provincia de Calca y departamento del Cusco. Se presenta como producto final, el mapa de peligros asociado a la ocurrencia de diversos fenómenos naturales; fundamentalmente de origen geológico-climático, geotécnico y climático.

La conformación geológica de la ciudad de Calca se encuentra dada por rocas metamórficas del Paleozoico inferior, vulcano-sedimentarias del Grupo Mitu (Permo-Triásico); aflorando también rocas de edad Meso-Cenozoicas y depósitos cuaternarios.

La ciudad de Calca se encuentra disectada por el río Cochoc que la cruza en una dirección Norte-Sur, formando un cono aluvial en la desembocadura con el río Vilcanota. Sobre este cono se halla fundada la ciudad de Calca.

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

De los estudios geodinámicos se desprende que en la zona de estudio y particularmente en la parte alta de la quebrada Cochoc (sector de Accha Baja) se ha identificado, entre otros fenómenos, deslizamientos antiguos y activos, estos últimos constituyendo un peligro latente pues su activación puede provocar un represamiento cuyo desembalse afectaría la ciudad de Calca.

Los peligros de origen climático de mayor incidencia en el área de estudio son las inundaciones, que afectan por tramos ambos márgenes del río Cochoc y río Vilcanota. En estas márgenes no se respeta la faja marginal y las viviendas y terrenos de cultivo son consideradas como zonas de peligro alto. El peligro de inundación se puede incrementar por los desembalses ya mencionados en la quebrada de Cochoc.

Los estudios hidrológicos indican que de acuerdo a las características de la cuenca se puede observar que su respuesta frente a una avenida máxima de 10 años, puede ser fácilmente soportado por la canalización actual y los niveles alcanzados no rebasarían las secciones de los tramos canalizados que atraviesan la ciudad, sin embargo en tramos de ciertas zonas se observa un estrechamiento del cauce o presencia de pequeños puentes, que en caso de incrementarse el volumen de material de arrastre puede provocar represamiento. Si se presentase una lluvia con un periodo de retorno de 50 años es probable que ocurran desbordes, que no tendrían un efecto apreciable en la estructura de las viviendas. Los desbordes apenas se expresarían en ligeros anegamientos de las vías.

Los estudios geotécnicos indican la presencia de hasta 03 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas en la ciudad de Calca sector urbano y zona de expansión con la descripción siguiente:

1. En el sector de Manzanares se encuentran suelos finos compuestos por arcilla inorgánica ligera (CL) de baja compresibilidad, de consistencia compacta color marrón a gris amarillento.
2. En el sector Tiro Blanco se encuentran suelos finos compuestos por arcilla limo-arenosa (CL-ML) de baja compresibilidad, compacta de color rojizo, con algo de grava de partículas angulosas.
3. En la mayor parte como son los sectores de Accosca, Plaza de Armas, Alameda Norte, Saucedá, Colegio Agropecuario, se encuentran suelos gruesos granulares compuestos por grava limosa con arena (GM), grava limo-arcillosa con arena (GM-GC) y grava mal graduada con arena (GP) con presencia de bolonería en algunos casos.

En función a las propiedades resistentes de los suelos en el sector urbano y zonas de expansión de la ciudad de Calca se determinaron 03 zonas, con la descripción siguiente:

1. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 0.50 a 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando los sectores de Manzanares y Tiro Blanco.
2. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.00 a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando el sector de Accosca.
3. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.50 a 3.00 Kg/cm<sup>2</sup>, la mayor parte considerando los sectores de Alameda Norte, Saucedá, Plaza de Armas y Agropecuario

La ciudad de Calca 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:

#### **Zona de Peligro Muy Alto**

Se trata de una franja paralela ubicada en ambas márgenes del río Cochoc, que sería afectada por lluvias extraordinarias asociadas a aluviones que ocurriesen en la quebrada Cochoc, este hecho se amplificaría por el desembalse de lagunas y la activación de los deslizamientos que provocarían represamientos, dando lugar a aluviones de diversa magnitud.

El río Vilcanota en sus máximas avenidas afectaría ambas márgenes y 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 Alto**

Se consideran las áreas de peligro alto a inundaciones y aluviones principalmente, así como la activación de deslizamientos y desembalse de lagunas que se encuentran en las partes altas. Este peligro está condicionado a factores sísmicos o climáticos extremos. Esta zona se sitúa en ambas márgenes del río Cochoc y además corresponden a la mayor parte del centro histórico de la ciudad de Calca.

Esta zona igualmente se reconoce en ambas márgenes del río Vilcanota, que afectan particularmente las áreas sin protección de muros de encauzamiento.

#### **Zona de Peligro Medio**

Son áreas circundantes a los de peligro alto a las inundaciones y aluviones principalmente. En esta zona se encuentran parte del centro histórico, así como las nuevas urbanizaciones ubicadas en los extremos Este y Sur. Igualmente se considera de peligro medio, las zonas

circundantes de peligro alto en el río Vilcanota, con lluvias extraordinarias inclusive con periodos mayores a los 100 años.

**Zona de Peligro Medio a Bajo**

Son aquellas áreas poco o nada propensas a inundaciones por lluvias y aluviones en la ciudad, las quebradas aledañas y el río Vilcanota.

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Los antecedentes de estudios sobre seguridad física de la ciudad de Calca son escasos. Poco ha sido desarrollado por las entidades competentes con respecto a la seguridad física de la ciudad de Calca, salvo algunos trabajos aislados muy puntuales relacionados a la problemática geodinámica de la quebrada Cochoc, así como la determinación de parámetros geotécnicos realizados por tesis 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 Calca, 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 Calca.

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 Calca 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 CALCA**.

#### **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 Calca (área urbana y de expansión urbanística); así como las características, geológicas-geodinámicas, hidrológicas de la quebrada Cochoc y del río Vilcanota, así como las características geotécnicas de los suelos de la ciudad de Calca.
  
- 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 Calca 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 Calca, que comprende también la quebrada Cochoc, han sido 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 Calca 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 Calca.

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 : Calca  
Distrito : Calca  
Provincia : Calca  
Departamento : Cusco

Presenta la siguiente ubicación:

Coordenada UTM Norte : De 8'522,000 a 8'538,000 m.  
Coordenada UTM Este : De 170,000 a 186,000 m.

Altitud : Para la ciudad de Calca se tiene un promedio de 2910 m.s.n.m. Sin embargo las cumbres aledañas a la quebrada Cochoc pasan los 5000 m.s.n.m.

El área de estudio abarca la quebrada Cochoc, Urco, Chimpacalca, la zona urbana de Calca y alrededores, considerados como probable zona de expansión urbanística de la ciudad de Calca.



La ubicación del área de estudio se presenta en el **MAPA N° 01**.

### **1.5. ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN**

El acceso a la ciudad de Calca, se realiza mediante la carretera principal asfaltada Cusco-Pisac-Calca- Urubamba; con un recorrido aproximado de 50 Km y un tiempo aproximado de viaje en camioneta de 01 hora. También se puede acceder, mediante la carretera principal asfaltada Cusco-Chinchero-Urubamba-Calca; con un recorrido aproximado de 75 Km y un tiempo de viaje de 1.30 horas.

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

El acceso hacia la quebrada Cochoc, se puede realizar mediante la carretera secundaria sin asfaltado que empieza desde la ciudad de Calca hacia la localidad de Amparaes-Quillabamba, siguiendo una dirección Noreste.

### **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 Calca 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 °C; las máximas entre 22 y 29 °C y las mínimas entre 7 y -4 °C durante el invierno, es decir, de mayo a agosto. Las lluvias caen con regularidad durante el verano (Diciembre a Marzo). La vegetación típica 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 °C, con máximas superiores a 20 °C y mínimas invernales de -1 a -6 °C (Mayo-Agosto). La precipitación promedio es de 800 mm por año. La vegetación está compuesta por plantas silvestres, como el quinal, 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 °C e inferior a 7 °C. La precipitación fluctúa entre 400 y 100 mm al año. La vegetación está compuesta de pajonales, ocsha, ichu, berro, 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 CALCA”, 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 RECOPIACION 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 N° 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 el desarrollo del estudio geotécnico se ha recopilado la información siguiente:

- Estudio de mecánica de suelos del Coliseo Cerrado de Calca.
- Estudio de mecánica de suelos de construcción de tribunas del estadio Tomas E. Payne de Calca.

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 incidencia en la zona urbana, alrededores y quebrada Cochoc.
- Levantamiento geológico-geodinámico de la quebrada Cochoc y la zona urbana de Calca 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 y 07 puntos para evaluación de estabilidad de taludes. En total se realizaron 14 calicatas a cielo abierto y 13 auscultaciones dinámicas con el cono de Peck (PDC) ubicadas 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, capacidad portante y parámetros de resistencia al corte. 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 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 friccional (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 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 Calca 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 etapa 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 líquido	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 la etapa 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 Calca

En los estudios geotécnicos en esta etapa 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 cálculo 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 1:100,000.
- 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 Calca.
- 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 la quebrada Cochoc.

#### **3.2. GEOMORFOLOGIA**

##### **3.2.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL**

Regionalmente la zona de Calca y alrededores se localiza en el borde Suroeste de la Cordillera Oriental. El río Vilcanota corta la Cordillera Oriental desarrollando un relieve importante en ambas márgenes.

###### **3.2.1.1. CORDILLERA ORIENTAL**

Es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada, que se localiza en la región de Calca-Pisac 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 5000 m.s.n.m. 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 y rocas Vulcano-sedimentarias del Grupo Mitu; también afloran rocas de edad Meso-Cenozoicas 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 2890 m.s.n.m. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas. En los bordes se observan importantes conos aluviales.

EL principal afluente del río Vilcanota en la zona de estudio, lo constituye el río Cochoc.

### **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 Calca se encuentra mayormente sobre depósitos aluviales y depósitos fluviales. El piso del valle Cochoc está compuesto por depósitos fluviales desarrollados sobre depósitos aluviales antiguos.

La ciudad de Calca y el piso del valle Cochoc están cortados por el río del mismo nombre, 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 Calca y áreas circundantes, se pueden diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas.

#### **3.2.2.1. UNIDAD DE LADERAS**

##### **1. LADERAS DE PENDIENTE SUAVE**

###### **a) Piso de valle de la quebrada Cochoc**

A esta sub-unidad corresponde la llanura aluvial y fluvial (piso del valle) de la quebrada Cochoc, donde se ubican la parte baja de deslizamientos y conos aluviales situados perpendicularmente a la quebrada principal; el material depositado está conformado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Sobre el piso de valle y muy especialmente sobre los pequeños conos aluviales y en las riberas del río Cochoc se sitúan muchos asentamientos humanos, y terrenos de cultivos entre los principales usos del suelo.

El intemperismo es facilitado, por las rocas fracturadas, la presencia de morrenas y/o fluvioglaciares, presencia de depósitos coluviales, la activación de deslizamientos debido a las rocas poco cohesivas, y la erosión del río, que facilitan la producción de materia prima para la formación de aluviones y la consiguiente depositación en el cono aluvial Cochoc.

Los materiales de este cono, proceden de la parte alta de las quebradas, donde afloran principalmente rocas volcánicas del Grupo Mitu, areniscas de la Formación Huancané,

areniscas calcáreas y lutitas del Grupo Yuncaypata; así como pizarras y esquistos de la Formación Paucartambo.

### **b) Cono aluvial Cochoc**

El río Cochoc 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 Calca, así como las zonas de expansión y terrenos agrícolas.

Esta sub-unidad comprende toda el área del cono aluvial Calca (Cochoc), que se debe a la construcción de varios aluviones procedente principalmente de la quebrada Cochoc, 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 Calca y la mayoría de nuevas expansiones urbanas.

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 2950 m.s.n.m. Desde el punto de vista urbanístico, esta sub-unidad geomorfológica es importante por que debido a sus grandes extensiones, ha permitido el crecimiento de la ciudad de Calca.

## **2. LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA**

Esta sub-unidad se extiende desde la cota promedio 2980 m.s.n.m. hasta la cima de los cerros que rodean la ciudad, cuya altitud varía aproximadamente hasta los 4500 m.s.n.m.

Al Norte de la ciudad de Calca el relieve de esta sub-unidad es bastante empinada. A esta unidad también corresponden las laderas de la quebrada Cochoc, con uso del suelo principalmente agropecuario. 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 aguas de irrigación principalmente se vuelven inestables.

Las laderas de esta sub-unidad, no son convenientes para asentamientos urbanos por los peligros que presentan, pero sin embargo la mayoría de las viviendas se asientan sobre esta unidad geomorfológica.

### **3.2.2.2. UNIDAD DE QUEBRADAS Y RIOS**

#### **1. QUEBRADA COCHOC**

La quebrada Cochoc tiene una longitud de aproximada de 8.5 Km. y una pendiente aproximada de 8 %. Esta quebrada se inicia por la confluencia de las quebradas Totorá y Quiscopampa. En su recorrido se puede reconocer los baños termales de Machacancha (3400 m.s.n.m.), la comunidad de Accha Baja (3200 m.s.n.m.), y finalmente la ciudad de Calca.

A lo largo de la quebrada Cochoc, se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos, algunos de los cuales están en vías de reactivación, cárcavas, conos aluviales, derrumbes y erosión local de las márgenes del río Cochoc.



## **2. VALLE VILCANOTA**

El río Vilcanota es el colector principal de la gran cuenca hidrográfica del mismo nombre. Tiene un piso de valle amplio y laderas empinadas donde se observan algunos deslizamientos. Los conos aluviales sobre la que se sitúa la ciudad de Calca, 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.

Se observa también que en el paso del río vilcanota por la ciudad de Calca, solo parte de sus márgenes se encuentran encauzadas por muros de contención, razón por la cual en la época de lluvias la erosión e inundación de sus márgenes se incrementan. También en su margen izquierda se observan numerosos problemas geodinámicos como deslizamientos, cárcavas y derrumbes.

### **3.3. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO**

Se describen a continuación las diferentes formaciones geológicas existentes en la localidad de Calca así como en la quebrada Cochoc 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 N° 02 (GEOLOGICO)**, de acuerdo a la descripción siguiente:

##### **3.3.1.1. FORMACION SAN GABAN (Os-sg)**

Esta unidad aflora en la carretera Calca-Amparaes, alcanzando espesores entre 100 y 300 metros de espesor. Estos afloramientos se prolongan hacia las lagunas de Suntucocha y Huascacocha.

La Formación San Gabán sobreyace en aparente concordancia estratigráfica a la Formación Sandía, que está constituida hacia la base por bancos de areniscas cuarzosas intercaladas con pizarras, luego se tienen los niveles diamictíticos (microbrechas glaciares), para luego pasar a unos bancos de microconglomerados cuarzosos con una matriz arenosa, intercalados con bancos cuarcíticos y pizarras que se hacen predominantes hacia el techo. Se le asigna una edad Ordovícico superior.

Desde el punto de vista mecánico, las pizarras son poco consistentes; así como las diamictitas, por su matriz arcillosa en contacto con el agua actúa de manera plástica. En zonas de pendiente fuerte, desarrollan deslizamientos y derrumbes.

##### **3.3.1.2. FORMACION PAUCARTAMBO (SD-p)**

Aflora al norte de Machacancha y al Sur de Calca en el sector de Muyo Orqo, debido a fallas inversas que saca al Paleozoico sobre el Permo-Triásico. Se trata de una secuencia bastante uniforme de pizarras y esquistos de origen marino, sin estratificación visible, intercalados con escasos bancos pequeños de cuarcitas. Su espesor aproximado es de 1000 metros y su edad del Siluro-Devoniano.

Desde el punto de vista mecánico son rocas con características mecánicas malas por lo que frecuentemente se observa el desarrollo de deslizamientos que se reactivan en época de lluvias.

### **3.3.1.3. GRUPO MITU (PmTi-m)**

El Grupo Mitu aflora ampliamente en la quebrada Cochoc, así como en ambos márgenes del río Vilcanota desde Coya hasta Huarán.

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.

El espesor de esta unidad, es variable, de 600 a 1000 metros. En cuanto a la edad del Grupo Mitu en el Perú, se le considera del Permiano medio - Triásico inferior.

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.

### **3.3.1.4. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)**

La Formación Huancané (Newell, 1949) reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu.

La Formación Huancané aflora al Norte de Machacancha; al Este de la ciudad de Calca en el cerro Calvario; aflora también al Sureste de Calca en las partes altas de la margen izquierda del río Vilcanota en la quebrada Uchuycosco.

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.

La Formación Huancané está compuesta por conglomerados, areniscas conglomerádicas y principalmente areniscas cuarzosas de color blanco. La edad asignada para esta unidad es Cretácico inferior.

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.

### **3.3.1.5. GRUPO YUNCAYPATA**

El Grupo Yuncaypata aflora preponderantemente al Sureste de Calca en las partes altas de ambos márgenes del río Vilcanota. Cabe resaltar que los sedimentos pertenecientes a este grupo no forman parte de los depósitos de la quebrada Cochoc y la ciudad de Calca. Este grupo se divide en 4 formaciones: Paucarbamba, Maras, Ayavacas y Puquín.

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 reposa concordantemente sobre la Formación Huancané y aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza.

Esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formando secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral (Chávez, 1995). El espesor puede variar desde los 50 metros, hasta los 300 metros. Se le asignaba una edad comprendida entre el Aptiano superior-Albiano inferior (Cretácico medio).

### **2. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)**

Sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba. Aflora ampliamente al Este y Sureste de Calca hasta Pisac, en las partes altas de ambos márgenes del río Urubamba. En estos sectores los afloramientos se presentan de manera caótica, es decir una mezcla de yesos, lutitas rojas y verdes en menor proporción y escasamente calizas, producto de deformaciones diapíricas.

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. FORMACIÓN AYAVACAS (Kis-ay)**

La Formación Ayavacas o Calizas Yuncaypata (Kalafatovich, 1957) afloran de manera caótica al Sureste de Calca en la margen izquierda del río Urubamba.

Estas calizas se hallan frecuentemente dolomitizadas, sin embargo, se ha podido reconocer facies margosas gris oscuras, facies *mudstone* bioturbadas o no, facies *wackestone-packstone* más o menos bioclásticas y menos frecuentemente facies *grainstone* con oolitos de bioclastos o granos de cuarzo. Algunas facies aparecen con figuras de emersión (disolución), con aspecto de brechas y figuras de estructuras de tipo *slump*. Se le asigna una edad de intervalo Albiano superior-Turoniano.

### **4. FORMACIÓN PUQUÍN (Ks-pu)**

La Formación Puquín (Carlotto et al 1991; Carlotto, 1992) sobreyace a la Formación Ayavacas, pero en general el contacto corresponde a un nivel de despegue.

La Formación Puquín se subdivide en 3 miembros llamados M1, M2 y M3. Compuesta por lutitas rojas, negras y verdes, yesos laminados, nodulosos o en mallas, brechas con elementos pelíticos, dolomitas laminadas, calizas, margas, y areniscas feldespáticas fluviales de color rojo.

### 3.3.1.6. FORMACION QUILQUE-CHILCA (Pp-qc)

#### 1. FORMACION QUILQUE

Definida por Gregory (1916) y Carlotto (1992), se trata de capas rojas, que reposan en discordancia sobre la Formación Puquín. Estas secuencias afloran al Sur de Calca, en las partes altas de la margen izquierda del río Urubamba, ya sea suprayaciendo al Grupo Yuncaypata e infrayaciendo al Grupo San Jerónimo o en otros casos en contacto fallado con el Paleozoico inferior.

Es un conjunto de 150 metros de lutitas, areniscas de color rojo y conglomerados. La presencia de carofitas de la especie *Nitellopsis supraplana*. (Carlotto et al, 1992; Jaillard et al, 1994), indican una edad Paleocena inferior.

#### 2. FORMACION CHILCA

Esta unidad se encuentra en los mismos lugares donde aflora la Formación Quilque, aunque en la mayoría de los casos se halla erosionada. Esta formación se encuentra en discordancia erosional sobre la Formación Quilque y bajo el Grupo San Jerónimo. Por razones de escala, esta unidad está cartografiada como una sola unidad, junto con la Formación Quilque.

Este conjunto de más de 100 metros de espesor, está constituida por lutitas rojas con laminas de yeso, margas y areniscas calcáreas de medios lacustres, que pasan gradualmente a areniscas rojas feldespáticas de un sistema fluvial. Se le asume una edad Paleoceno superior-Eoceno inferior?.

El comportamiento geomecánico de las formaciones Quilque y Chilca es variado, pero en general, se las puede considerar como mediocre, lo que aunado a las pendientes donde afloran, los hace muy peligrosos pues desarrollan deslizamientos, como los que se tienen en el Valle del Huatanay (Cusco).

### 3.3.1.7. GRUPO SAN JERONIMO (Peo-sj)

El Grupo San Jerónimo aflora ampliamente al Sur de la ciudad de Calca en la margen izquierda del río Vilcanota. El Grupo San Jerónimo ha sido dividido en 2 formaciones: Kayra (3000 m) y Soncco (1600 m). Sobreyace en discordancia erosional a las formaciones Chilca y Quilque.

En la región de Calca y Urubamba, el Grupo San Jerónimo se ha cartografiado bajo un sólo conjunto que corresponde a las formaciones Kayra y Soncco, que está principalmente constituido por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas y algunos bancos de conglomerados, todos de origen fluvial. Se le asigna una edad Eoceno medio-Oligoceno inferior.

El comportamiento geotécnico de las rocas de esta unidad es bastante bueno, lo que las hace muy estables, no solamente a los fenómenos de geodinámica externa, sino también a los sismos. Sin embargo algunas secuencias lutíticas pueden no ser buenas. Las areniscas, por ser porosas y permeables, la hacen buenos acuíferos. Pueden ser utilizados también como materiales de construcción.

### **3.3.1.8. CUATERNARIO**

#### **1. FORMACION RUMICOLCA (Q-ru)**

Dos cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas afloran al Sur y Suroeste de Calca (Unurqui y Cerro Pucaqasa) en las partes altas de la margen izquierda del río Urubamba.

Estos volcanes están caracterizados por coladas de lavas de dimensiones pequeñas (0.5 a 5 Km<sup>2</sup>) 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. Estas rocas son consideradas de edad Plio-Cuaternaria en base a criterios estratigráficos y dataciones radiométricas.

#### **2. DEPÓSITOS GLACIARIOS (Q-g)**

Los depósitos glaciares (morrenas), se ubican al pie del nevado Canchacanchayoc, ubicado al Noroeste de la ciudad de Calca.

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 se consideran los conos aluviales y de deyección. En la zona de estudio se ha identificado el mayor cono aluvial Cochoc sobre la cuales se emplaza la ciudad de Calca y zonas aledañas.

Estos depósitos se reconocen también a lo largo de la quebrada Cochoc, donde mayormente se emplazan asentamientos humanos y zonas agropecuarias.

Estos depósitos, se componen de grandes bloques de rocas volcánicas, y metamórficas envueltos en una matriz gravo-areno-arcillosa. Generalmente tienen mala selección y estratificación y su permeabilidad es media a alta. Su comportamiento mecánico es aceptable a bueno.

#### **4. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)**

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo del valle particularmente del Urubamba así como en la quebrada Cochoc.

Generalmente estos materiales son inconsolidados y tienen alta permeabilidad; y 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 del valle Cochoc y Vilcanota se ubican muchos asentamientos humanos, terrenos agropecuarios, caminos vehiculares y peatonales.

## **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 Calca así como en las laderas de la quebrada Cochoc.

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, rocas volcánicas, calizas y yesos.

Dentro de estos depósitos también se consideran los depósitos de deslizamientos que se observan en las laderas de la quebrada Cochoc, algunas muy inestables y activas como en Accha Bajo.

### **3.3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

En la zona de Calca 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 Paucartambo sobre el Grupo Mitu, todo esto en el flanco Noreste del Anticlinal de Vilcanota (**MAPA N° 02**)

## **3.4. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO**

### **3.4.1. UBICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La ciudad de Calca se encuentra ubicada a 50 Km. por la vía asfalta y al Noroeste de la ciudad del Cusco; y se encuentra a una altitud media de 2910 m.s.n.m.

La ciudad de Calca es la capital de la provincia del mismo nombre y está situada en la margen derecha del río Vilcanota formando parte del denominado Valle Sagrado de los Incas.

Está comprendida entre las coordenadas 71° 56' y 71° 58° longitud Oeste y entre las coordenadas 13° 18' y 13° 20' latitud Sur.

Las principales vía de acceso que conectan a la ciudad del Cusco son: la carretera asfaltada Cusco – Calca – Urubamba y la carretera asfaltada Cusco – Chinchero – Urubamba.

La ciudad de Calca es el centro poblado que abastece de insumos a las poblaciones del Valle de Lares estando comunicada a través de una vía afirmada cuyo destino es la ciudad de Quillabamba.

### **3.4.2. RIO VILCANOTA**

El río Vilcanota en este tramo presenta un régimen tranquilo por la pendiente suave sobre todo en temporadas de estiaje. Las mediciones en este caso se hicieron en las proximidades del puente de Minasmocco, en este sector el río describe una curva y se aprecia defensas

ribereñas en la margen derecha, aguas arriba las construcciones fueron levantadas manteniendo un retiro importante en el caso de avenidas, por el contrario en el sector aguas abajo del río fueron levantadas algunas construcciones justo sobre los muros de defensa ribereña. Los caudales máximos asumidos en este caso son los mismos de Pisac, por cuanto en este tramo no se cuenta con estación fluviométrica.

### **Caudales máximos del río Vilcanota en m<sup>3</sup>/seg para diferentes períodos de retorno**

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

De acuerdo al mapa de peligros de inundación se aprecia que para gastos con períodos de retorno de 50 años, las crecidas pueden rebasar las defensas ribereñas, sin que signifique un peligro de gran magnitud. En el sector 500 metros aguas abajo del puente de Minasmocco la falta de defensas ribereñas esta expuesta a inundaciones que pueden alcanzar fajas de 50 metros, felizmente estas áreas no se encuentran urbanizadas. Lo recomendable es mantener espacios libres o arborizar estas áreas.

### **3.4.3. IDENTIFICACIÓN DE LA SUB - CUENCA**

Del análisis hidrológico se tiene que la ciudad de Calca se encuentra enmarcada dentro de la cuenca del río Vilcanota, formando a su vez parte de la sub-cuenca del río Cochoc, tributario del río Vilcanota (**MAPA N° 03**).

#### **3.4.3.1. SUB-CUENCA DEL RÍO COCHOC**

Esta cuenca abarca un área de **162.85 Km<sup>2</sup>**, siendo su canal de drenaje principal el río Cochoc. La cuenca tiene una forma alargada (factor de forma igual a 0.55) y su relieve está conformado por montañas e incluso cumbres de nieve perpétua con una altitud media de 4290 m.s.n.m. El punto más alto (aproximadamente 4500 m.s.n.m.) separa la cuenca del Vilcanota de la cuenca del río Mapacho, esta zona presenta un paisaje de puna con roquedales y nieve en algunos sectores. La parte baja presenta más bien un paisaje de valle.

La cuenca tiene una densidad de drenaje de 0.76 Km<sup>-1</sup>, lo cual expresa en general una cobertura vegetal pobre y presencia de suelos permeables. De acuerdo a las dimensiones del rectángulo equivalente la cuenca es alargada (largo = 24.6 y ancho = 6.6 Km).

La pendiente media de la hoya es de 51.4 %, lo cual denota en general un terreno accidentado con una concentración rápida de aguas pluviales para alcanzar los canales de drenaje.

El Talweg presenta una zona abierta de pendiente ligera que constituye el área urbana de la ciudad de Calca, luego se inicia una quebrada estrecha con fuertes y ligeras aprovechadas para la agricultura y con buena cobertura vegetal. La parte media a partir de la comunidad de Totorá presenta algunas altiplanicies y pequeñas lagunas. La parte alta es accidentada conformada por roquedales, páramos y algunos sectores con nieve.

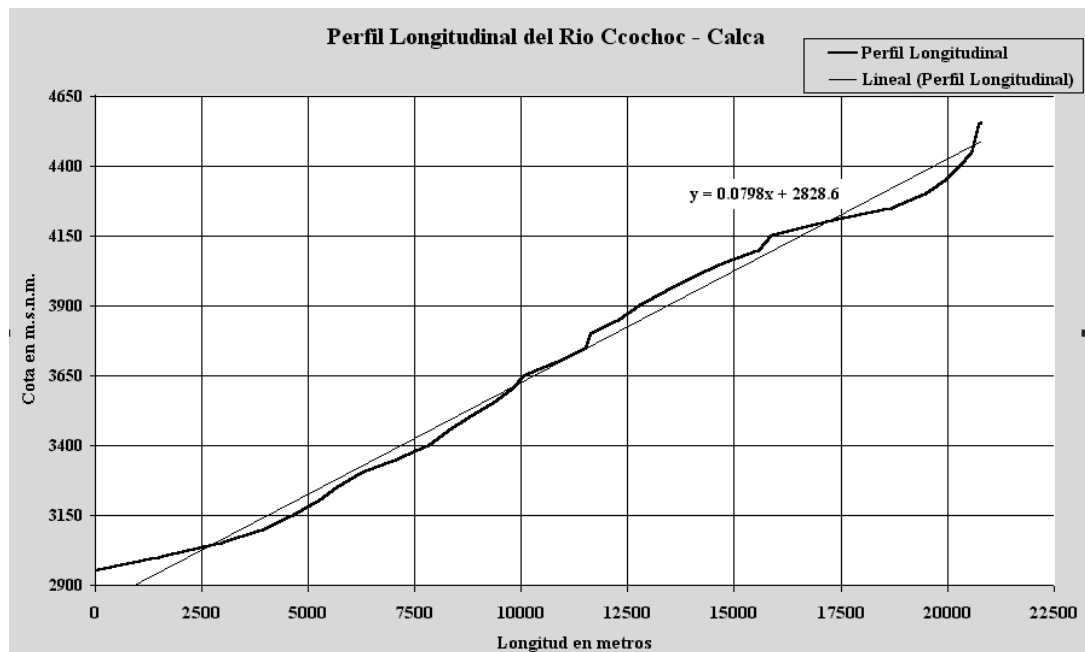
## 1. RIO COCHOC

Es un tributario de tercer orden que nace en las lagunas de Suntucococha y Azulcocha, así como de los deshielos del nevado Ccolque Cruz a 4557 m.s.n.m. Atraviesa las comunidades de Jatunpampa, Totorá y los baños termales de Machacancha, en su tramo final atraviesa la ciudad de Calca y confluye en el Vilcanota.

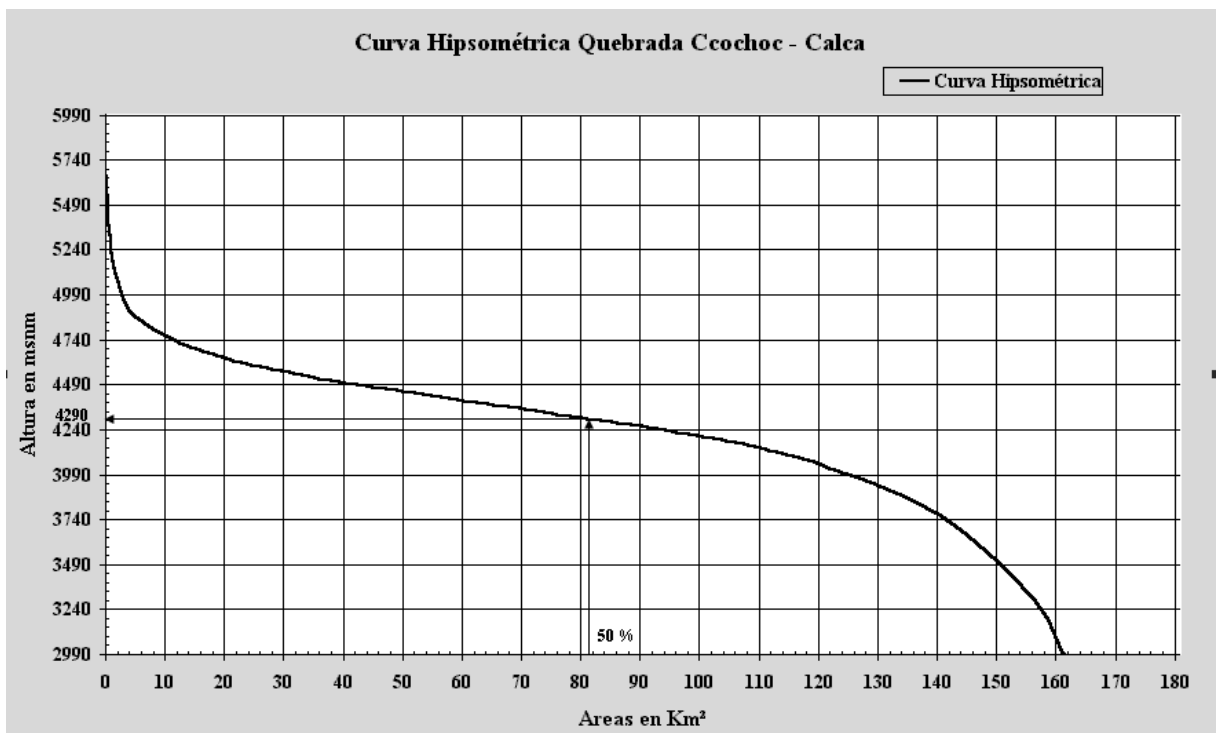
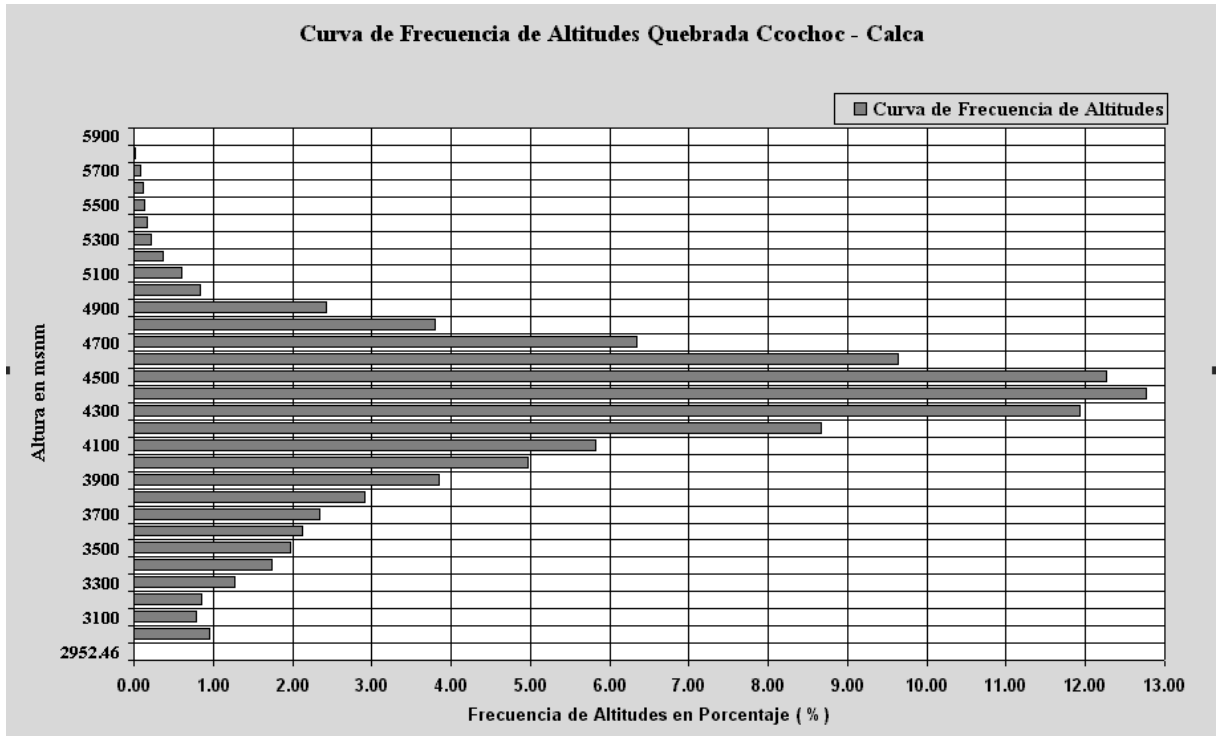
Su caudal en estiaje es de aproximadamente  $4.5 \text{ m}^3/\text{seg}$  en la parte alta de la ciudad de Calca, pero luego disminuye apreciablemente por captaciones realizadas con fines de abastecimiento e irrigación.

De acuerdo a las estimaciones efectuadas en función a la pluviosidad, tamaño y características de la cuenca, se obtuvo un caudal máximo ajustado de  $31.45 \text{ m}^3/\text{seg}$  (Método de Mac Math y distribución de Gumbel) para un período de retorno de 50 años.

El cauce principal tiene una pendiente media de 8 % y en su recorrido presenta saltos y rápidas, así como algunos tramos de poca pendiente, de acuerdo a los sectores por donde atraviesa.







## 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS

Punto más alto de la cuenca	: 5 150 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 2 952.46 m.s.n.m.
Área de la cuenca	: 162.85 Km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca	: 62.30 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4 557.57 m.s.n.m.
Punto más bajo del cauce principal	: 2 952.46 m.s.n.m.

Longitud de cauce principal	: 20.81 Km.
Longitud total de las corrientes	: 123.9 Km.
Densidad de drenaje ( $D_d$ )	: $0.76 \text{ Km}^{-1}$
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel	: 1 674.73 Km
Pendiente media de la cuenca	: $0.514 = 51.4 \%$
Pendiente media del cauce principal	: $0.080 = 8.0 \%$

### 3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS

#### Tiempo de concentración

Fórmula Kirpich	: 110.54 min. = 1.84 horas
Fórmula Australiana	: 301.93 min. = 5.03 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
Coefficiente de escorrentía (C)	: 0.26

#### Caudal Máximo (Q)

Fórmula de Mac Math ( $Tr = \text{años}$ )	: $31.45 \text{ m}^3/\text{seg}$
--	----------------------------------

### 4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL

Los caudales máximos se han determinado usando el software del Centro Guamán Poma de Ayala. Y 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 N° 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.

**Caudales Máximos (en m<sup>3</sup>/seg), generados mediante software para períodos de retorno T = 10 años, para una duración D = 120 minutos, considerando un factor de ajuste por uniformidad y simultaneidad de 3.5**

<b>Método y Distribución</b>	<b>Método de Mac Math</b>	<b>Fórmula Racional</b>	<b>Método de Heras</b>	<b>Hidrograma triangular</b>
<i>Gumbel</i>	23.30	56.18	50.57	125.61
<i>Normal</i>	23.16	55.84	50.25	124.68
<i>Pearson</i>	23.41	55.86	50.79	126.28
<i>Log-Normal</i>	24.65	59.44	53.49	134.27
<i>Log-Pearson Tipo III</i>	23.87	57.55	51.79	129.24

**Caudales Máximos (en m<sup>3</sup>/seg), generados mediante software para períodos de retorno T = 50 años, para una duración D = 120 minutos, considerando un factor de ajuste por uniformidad y simultaneidad igual a 3.5**

<b>Método y Distribución</b>	<b>Método de Mac Math</b>	<b>Fórmula Racional</b>	<b>Método de Heras</b>	<b>Hidrograma triangular</b>
<i>Gumbel</i>	31.45	75.8	68.22	177.65
<i>Normal</i>	28.04	67.61	60.84	155.96
<i>Pearson</i>	29.61	71.39	64.25	165.98
<i>Log-Normal</i>	39.78	84.65	76.18	201.00
<i>Log-Pearson Tipo III</i>	30.73	74.09	66.68	173.13

## 5. ZONAS DE PELIGRO

De la información obtenida y de acuerdo a las características de la cuenca se puede observar que su respuesta frente a una avenida máxima de 10 años, puede ser fácilmente soportado por la canalización actual y los niveles alcanzados no rebasarían las secciones de los tramos canalizados que atraviesan la ciudad por el Jirón Ucayali, sin embargo en los tramos ubicados al inicio de esta vía, se observa un estrechamiento que en caso de incrementarse el volumen de material de arrastre puede provocar represamiento.

Si presentase una lluvia de 50 años de período de retorno es probable que ocurran desbordes, los que aún en el caso de producirse no tendrían un efecto apreciable al extremo de afectar la estructura de las viviendas. Los desbordes apenas se expresarían en ligeros anegamientos de las vías adyacentes al jirón Ucayali, salvo el caso de que la carga de sólidos sea grande al extremo de provocar represamientos, cuyos efectos alcanzarían los jirones Espinar y Tupac Amaru.

Los otros puntos vulnerables son los pequeños puentes que existen para cruzar el río Cochoc y que eventualmente se comportarían como obstáculos al flujo libre del agua y el material aluvial.

De las entrevistas efectuadas a pobladores del lugar se colige que no han ocurrido en pasado reciente avenidas y desbordamientos de magnitud apreciable.

## 6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LA CUENCA.

Punto más alto de la cuenca	: 5 150 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 2 952.46 m.s.n.m.
Área de la cuenca	: 162.85 Km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca	: 62.30 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4 557.57 m.s.n.m.
Punto más bajo del cauce principal	: 2 952.46 m.s.n.m.
Longitud de cauce principal	: 20.81 Km.
Longitud total de las corrientes	: 123.9 Km.
Densidad de drenaje (D <sub>d</sub> )	: 0.76 Km <sup>-1</sup>
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel	: 1 674.73 Km
Pendiente media de la cuenca	: 0.514 = 51.4 %
Pendiente media del cauce principal	: 0.080 = 8.0 %
Índice de Gravelious	: 1.37

### Rectángulo Equivalente

L (lado mayor)	: 24.60 Km.
l (lado menor)	: 6.62 Km.
Longitud más larga de la cuenca L <sub>1</sub>	: 17.13 Km.
Factor de forma	: 0.55
Altitud media de la cuenca	: 4 290 m.n.s.m.

## 7. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE AVENIDAS MÁXIMAS

### Tiempo de concentración

Fórmula Kirpich	: 110.54 min. = 1.84 horas
Fórmula Australiana	: 301.93 min. = 5.03 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
Coefficiente de escorrentía (C)	: 0.26
Caudal máximo (Q)	
Fórmula racional	: 23.45 m <sup>3</sup> /seg

## 8. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA CUENCA

### Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)

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

$$D_d = \frac{123.9}{162.85}$$

$$D_d = 0.76 \text{ Km}^{-1}$$

**Índice de Gravelious (K)**

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28 \frac{62.30}{\sqrt{162.85}}$$

$$K = 1.37$$

**Cálculo del Rectángulo Equivalente**

Para el cálculo del lado mayor se tiene:

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

$$L = \frac{1.37\sqrt{162.85}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{1.37} \right)^2} \right)$$

$$L = 24.60 \text{ Km.}$$

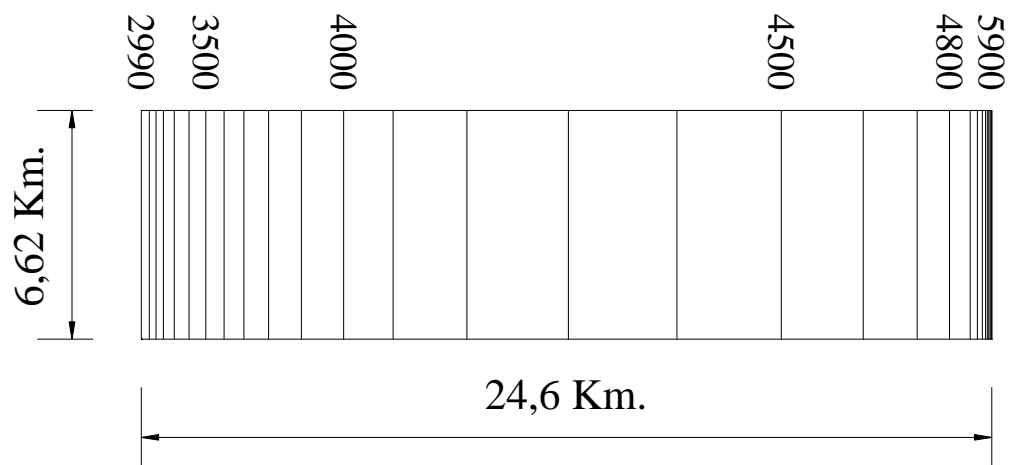
Cálculo del lado menor:

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

$$l = \frac{1.37\sqrt{162.85}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{1.37} \right)^2} \right)$$

$$l = 6.62 \text{ Km.}$$

**Rectángulo Equivalente**



**Factor de Forma de la Cuenca (F)**

$$F = \frac{A}{L_1^2}$$

$$F = \frac{162.85}{17.13^2}$$

$$F = 0.55$$

**Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>)**

**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**

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

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

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

**Cálculo de gasto por el método directo**

**Fórmula de Manning**

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

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

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

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

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

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

$$Q = 4.48 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

### 3.5. GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO

#### 3.5.1. EXPLORACION DE CAMPO

Las exploraciones de campo que se realizaron en la ciudad de Calca 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: 14 calicatas a cielo abierto y 13 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	UBICACIÓN
CALICATA	AUSCULT.			( m )	
C - 01	PDC - 01	19180469E	8524778N	2,969.00	Av. Los Jardines - Tiro Blanco
C - 02	PDC - 02	19180135E	8524876N	2,987.00	Colegio Agropecuario
C - 03	PDC - 03	19180552E	8526213N	2,954.00	Av. Lacco Llavero - Sauceda
C - 04	PDC - 04	19179265E	8525760N	2,968.00	Plazoleta Urb. Manzanares
C - 05	PDC - 05	19179032E	8525252N	2,969.00	Sector Accosca
C - 06	PDC - 06	19180077E	8529776N	2,963.00	Plaza de armas - frente a Municipio
C - 07	PDC - 07	1918026E4	8526465N	2,985.00	Alameda Norte
C - 08	PDC - 08			3,400.00	Ladera Maqui maqui - Accha (cabeza del talud)
C - 09	PDC - 09	19182319E	8530052N	3,280.00	Ladera Maqui maqui - Accha baja (pie del talud)
C - 10	PDC - 10	19182447E	8529730N	3,269.00	Pisonayniyoc - Accha baja (pie del talud)
C - 11	PDC - 11				Yanahuaylla - Accha Baja (desliz. Reciente)
C - 12	PDC - 12				Plaza Parcco (cuerpo del talud)
C - 13	PDC - 13				Parcco (cabeza de talud)
C - 14					Orilla del rio Accha (pie del Talud)

##### 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	0.60 a 1.30
	Mab	Mab - 01 - 02	1.50 a 2.5
C - 02	Mab	Mab - 02 - 01	0.40 a 0.90
C - 03	Mab	Mab - 03 - 01	0.80 a 1.80
C - 04	Mab	Mab - 04 - 01	1.00 a 2.80
C - 05	Mab	Mab - 05 - 01	0.80 a 1.50
C - 06	Mab	Mab - 06 - 01	0.50 a 1.50
C - 07	Mab	Mab - 07 - 01	0.50 a 2.50
C - 08	Mab	Mab - 08 - 01	0.70 a 1.30
	Mab	Mab - 08 - 02	1.50 a 3.00
C - 09	Mab	Mab - 09 - 01	0.50 a 1.50
C - 10	Mab	Mab - 10 - 01	1.00 a 3.00
C - 11	Mab	Mab - 11 - 01	1.00 a 3.00
C - 12	Mab	Mab - 12 - 01	1.10 a 3.00
C - 13	Mab	Mab - 13 - 01	1.20 a 2.90
C - 14	Mab	Mab - 14 - 01	1.00 a 2.90

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 N° 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 líquido	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 N° 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 SUBSUELO

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 calca sector urbano y zona de expansión son suelos gruesos compuestos por gravas tales como GP (Grava mal graduada con arena), GM (Grava limosa con arena), GM-GC (Grava limosa arcillosa con arena) con presencia de bolonería. Excepto en el sector del Tiro blanco donde se encuentran suelos finos CL-ML (Arcilla limo arenosa de baja compresibilidad) y el sector de Manzanares donde se encuentra CL (Arcilla inorgánica ligera de baja compresibilidad).

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

CALICATA	SECTOR	CLASIFICACION SUCS Y DESCRIPCION DEL SUELO PORTANTE
C - 01	Tiro Blanco	CL-ML : Arcilla Limo-arenosa con grava, de baja compresibilidad.
C - 02	Colegio Agropecuario	GP : Grava mal graduada con arena.
C - 03	Sauceda	GM : Grava limosa con arena.
C - 04	Manzanares	CL : Arcilla inorganica ligera.
C - 05	Accosca	GM : Grava limosa con arena.
C - 06	Plaza de Armas	GM-GC : Grava Limo-arcillosa con arena
C - 07	Alameda Norte	GM-CG : Grava limo-arcillosa con arena, con presencia de bolonería.

El detalle de la estratigrafía de cada una de las calicatas, se presentan en el **Anexo N° 04** (Perfil estratigráfico del suelo).

### **3.5.4.2. ANALISIS GEOTECNICO DE CIMENTACIONES**

El análisis geotécnico de estabilidad de las cimentaciones de edificaciones está basado 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 la fórmula, 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:

$$\phi_{\text{reducido}} = \text{ArcTang} \left( \frac{2}{3} \text{Tang } \phi_{\text{real}} \right)$$

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 Calca.

Por la altura del edificio y las características geomecánicas típicas del suelo de cimentación de la ciudad de Calca; 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 metros 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:

AUSCULTACIONES	SECTOR	CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE (Kg/cm <sup>2</sup> )
PDC - 01	Tiro Blanco	0.69
PDC - 02	Colegio Agropecuario	1.82
PDC - 03	Sauceda	1.49
PDC - 04	Manzanares	0.49
PDC - 05	Accosca	1.41
PDC - 06	Plaza de Armas	2.13
PDC - 07	Alameda Norte	2.01

El mapa de zonificación de capacidad portante admisible elaborado para la ciudad de Calca sector urbano y zona de expansión esta conformado por 03 zonas los cuales se presentan en el **MAPA N° 04 (CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS)**, de acuerdo a la siguiente descripción:

1. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 0.50 a 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando los sectores de Manzanares y Tiro Blanco.
2. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.00 a 1.50 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando el sector de Accosca.
3. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.50 a 3.00 Kg/cm<sup>2</sup>, la mayor parte considerando los sectores de Alameda Norte, Sauceda, Plaza de Armas y Agropecuario.

#### **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 N° 05**.

### **3.5.5. CLASIFICACION DE SUELOS (ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA)**

Con los resultados encontrados en los ítems anteriores es que se ha elaborado la zonificación geotécnica para el área de estudio que comprende la presencia de hasta 03 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas; lo cual se presenta en el **MAPA N° 05 (CLASIFICACION DE SUELOS)**, de acuerdo a la descripción siguiente:

1. Suelos finos compuestos por arcilla inorgánica ligera (CL) de baja compresibilidad, de consistencia compacta color marrón a gris amarillento. Estos suelos se encuentran en el sector de Manzanares.
2. Suelos finos compuestos por arcilla limo-arenosa (CL-ML) de baja compresibilidad, compacta de color rojizo, con algo de grava de partículas angulosas. Estos suelos se encuentran en el sector Tiro Blanco.
3. Suelos gruesos, granulares compuestos por gravas tales como GP (Grava mal graduada con arena), gravas GM (Grava limosa con arena) y suelos GM-GC (Grava limo arcillosa con arena) con presencia de bolonería en algunos casos. Estos suelos se encuentran en los sectores de Accosca, Plaza de Armas, Alameda Norte, Sauceda, Colegio Agropecuario.

### **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 Calca. 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 metros 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 adobe, 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 CALCA**

#### **4.1. MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS**

##### **4.1.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICOS**

Los fenómenos de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Calca se presentan en la sub unidad geomorfológica denominada “laderas de pendiente pronunciada” de los cerros circundantes y muy especialmente de la quebrada Cochoc.

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. Los factores desencadenantes de los deslizamientos pueden ser: la presencia de aguas pluviales, erosión de la base del talud, sismos, e intervención antrópica principalmente con la construcción de canales de irrigación, carreteras, y caminos.

En Calca estos peligros se pueden identificar en Accha Baja (en ambas márgenes de la quebrada de Cochoc), en la quebrada Ancahuachana (Planta eléctrica de Calca), también en la quebrada Altarniyoc (margen izquierda de la quebrada Cochoc), y por ultimo en la quebrada Querapuquio en el sector de Chimpacalca (ubicado al Sureste de Calca). Además de estos deslizamientos, existen otros de menor tamaño y menor peligro, a lo largo de toda la quebrada Cochoc.

Es importante mencionar que el deslizamiento de Accha Baja es el que presenta mayor peligro en la zona de 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 y aludes.

La ciudad de Calca se localiza en la desembocadura de la quebrada Cochoc, 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.

Por comunicación verbal de los pobladores de la ciudad de Calca se sabe que han ocurrido muchos aluviones e inundaciones en la quebrada Cochoc que han afectado las márgenes del río con destrucción de alguna infraestructura.

#### **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 huaycos.

En las laderas de la quebrada Cochoc se aprecian un conjunto de cárcavas activas en época de lluvias principalmente en áreas de la desembocadura de estas quebradas, que esta relacionada al fracturamiento de las rocas así como la deforestación de estas zonas y a la pendiente fuerte entre las principales características. Otras cárcavas se observan al Oeste de Calca en el sector de Parcaypata y Chimpacalca.

#### **4.1.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS**

Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en la ciudad de Calca y áreas adyacentes, son debido a la presencia de deslizamientos, aluviones, erosión fluvial y cárcava, procesos que se ven favorecidos 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 COCHOC**

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

Este cono aluvial está compuesto por arena, gravas y bloques de rocas. 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 Cochoc de dirección aproximada Norte-Sur, que desemboca en el río Vilcanota.

Como antecedentes podemos mencionar que el año 1950 se produjo un aluvión que inundó parte de la ciudad de Calca, atravesando por las calles Espinar y Miguel Grau, e incluso llegando a inundar parte de la Plaza de Armas. Aproximadamente entre los años 1980 a 1983 se produjo un embalse en las partes altas (laguna Estanco) de la margen derecha del río Cochoc, en la comunidad de Huamanchoque. Como consecuencia de este fenómeno, fueron afectados: los canales de irrigación, algunas captaciones de agua potable y terrenos de cultivo.

En el año 1989 se produjo un embalse del río Cochoc, producto de un deslizamiento ocurrido mas arriba de la Planta Eléctrica de Calca; como consecuencia del desembalse, se inundaron terrenos de cultivo, se destruyeron viviendas, llegando a inundar las calles Espinar, Miguel Grau, plaza de armas, e inclusive llegando a la carretera principal Calca-Urubamba. El año 2003 la captación de agua de ENSAPA-Calca, se destruyó, produciendo un aluvión que arrasó la tubería de captación; inundo parte de terrenos de cultivo y la carretera Calca-Lares, así como el barrio de Piste, afectando casas y animales menores en la ciudad de Calca.

Actualmente a lo largo de la ciudad de Calca, el río Cochoc 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; con lluvias excepcionales pueden provocar represamientos por la presencia de varios puentes de pequeña luz.

En general el cauce del río Cochoc representa un peligro alto 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.

Teniendo en cuenta los antecedentes de la ocurrencia de aluviones, actualmente se vienen haciendo varias obras de encauzamiento, como es el caso del barrio Piste, con un dique enrocado de 150 metros en la margen izquierda del río Cochoc. Otro muro se viene construyendo a la altura de la calle José Gálvez, hasta el puente de la calle San Martín. Finalmente a partir de este puente, el río se encuentra encauzado hasta la desembocadura en el río Vilcanota. Sin embargo después del dique enrocado ubicado en el barrio Piste, el cauce del río solo está protegido por trabajos informales que vienen realizando los propietarios de las viviendas ubicadas en las riveras del río, con muros de piedras, a veces revestidos con cemento, y costales de arena. Estas protecciones no son una buena solución a los problemas de inundaciones asociados a aluviones.

#### **4.1.2.2. PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO DE LA QUEBRADA COCHOC**

La longitud del cauce del río Cochoc tiene una longitud de aproximada de 20 Km. y una pendiente aproximada de 8 %. En su recorrido se puede reconocer los baños termales de Machacancha (3400 m.s.n.m.), la comunidad de Accha Baja (3200 m.s.n.m.), y finalmente la ciudad de Calca (2920 m.s.n.m.).

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

Los materiales de este cono, proceden de la parte alta de la quebrada Cochoc, donde afloran principalmente rocas volcánicas del Grupo Mitu, areniscas de la Formación Huancané, areniscas calcáreas y lutitas del Grupo Yuncaypata; así como pizarras y esquistos de la Formación Paucartambo. El intemperismo, los fracturamientos y la erosión del río, facilitan la producción de materia prima para la formación de aluviones o huaycos. El material depositado está conformado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa.

Actualmente a lo largo de la quebrada Cochoc hay sectores con mucha erosión fluvial, donde el valle está cubierto por materiales de aluviones antiguos y fluviales, cuya erosión de márgenes se amortigua a veces por la existencia de vegetación nativa de arbustos y árboles nativos y extrusivos. Sin embargo, a lo largo de la quebrada Cochoc, también se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos, algunos de los cuales están en vías de reactivación, cárcavas, conos aluviales y derrumbes.

Los peligros geológico-climáticos de la quebrada Cochoc se muestran en el **MAPA N° 06 (GEODINAMICO)**. Las fotografías que se mencionan en el presente informe se muestran en el **Anexo N° 06** (Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico).

### **1. MARGEN DERECHA DEL RIO COCHOC**

En la margen derecha tenemos 2 zonas: Zona de conos aluviales y deslizamientos.

## a) Zona de conos aluviales

### Zona B

Cono aluvial antiguo, con un desnivel entre 3000 y 3425 m.s.n.m. Actualmente, parte de la base de este cono vienen siendo erosionando por el río. Otro problema constituye la presencia de una cárcava no activa (B-1), localizada en el eje del cono aluvial, ubicado en el cerro Mullupay. Esta cárcava se inicia desde el paso de un canal de irrigación a 3350 m.s.n.m., y desciende hasta los 3030 m.s.n.m. Los desfuegos de agua del canal, pueden ocasionar la activación de esta cárcava, por lo que debe realizarse un mantenimiento constante del canal.

### Zona C

En la quebrada Ancahuachana se observa este cono aluvial antiguo, entre los 3050 y 3300 m.s.n.m. Este cono es atravesado por un riachuelo en toda la longitud del cono, formando una cárcava activa C-1 (Foto 1). En la parte Suroeste se encuentra la Planta Eléctrica de Calca (Planta Chica).

En el mes de marzo del 2003 se produjo un pequeño aluvión en este sector, debido al rebose de aguas del canal de irrigación que se sitúa en esta ladera (aproximadamente a 3300 m.s.n.m.). Este aluvión destruyó parte de la Planta Eléctrica, y afectó terrenos de cultivo (Foto 2). Aguas debajo de la Planta Eléctrica el aluvión afectó muchas viviendas, así como cultivos en ambas márgenes del río Cochoc (Foto 3).

Actualmente el río Cochoc erosiona las terrazas de las márgenes donde se encuentra la Planta Eléctrica, por lo que se requiere realizar obras de protección como muros de contención.

### Zona G

Cono aluvial antiguo, con un desnivel entre 3250 y 3350 m.s.n.m., formado en la desembocadura de la quebrada Qorpahuayqo, donde se ubica la comunidad de Chacllapata. Este cono está compuesto por materiales líticos de diferentes tamaños, soportados en una matriz limo-arcillosa. La base del cono es constantemente erosionada por el río Cochoc, que puede crear deslizamientos y posteriormente represamientos.

### Zona K

Es un grupo de conos aluviales (03) y un deslizamiento de pequeñas dimensiones que no parecen crear problemas de inestabilidad de sus laderas, pero que sin embargo es necesario su encauzamiento. Estos conos se localizan desde Machacancha hasta Chuspitacana.

## b) Zona de deslizamientos y cárcavas

Zona caracterizada por un pequeño deslizamiento activo y la presencia de cuatro cárcavas activas de poca profundidad, que se describen a continuación:

### Zona D

Es un deslizamiento activo (**D-D-5**) de 150 metros de ancho, cuyos límites laterales coincide con las cárcavas D-1 y D-4, y su cabecera coincide con la parte mas baja de la cárcava D-2. Este deslizamiento va desde los 3175 m.s.n.m. hasta los 3100 m.s.n.m., es decir hasta el río Cochoc (Foto 4). Las cárcavas D-2, D-3 y D-4, tienen su inicio en el canal de irrigación que viene desde la planta electrica. Las causas de la activación de este deslizamiento, son, por una

parte, debido a la erosión del río Cochoc y por otra parte, a las aguas que circulan por las cárcavas y proceden del canal de irrigación.

**Cárcava D-1:** Cárcava activa, entre 3325 y 3150 m.s.n.m., con una longitud de 260 metros.

**Cárcava D-2:** Cárcava activa, paralela a la D-1. Esta cárcava se halla entre 3230 y 3160 m.s.n.m. con 240 metros de longitud.

**Cárcava D-3:** Cárcava activa, entre 3325 y 3175 m.s.n.m. con 200 metros de longitud (Foto 5).

**Cárcava D-4:** Cárcava activa, que va desde los 3325 m.s.n.m. hasta el río Cochoc (3100 m.s.n.m.) y con una longitud de 460 metros.

### **Zona E**

Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 1000 metros de ancho, y un desnivel que va desde el cauce del río Cochoc (3175 m.s.n.m.) hasta los 3300 m.s.n.m. (Foto 6). Por encima de la corona del deslizamiento Zona E existe un canal de irrigación que provoca muchos problemas geodinámicos de inestabilidad de laderas. Dentro de este deslizamiento, se observan también pequeños deslizamientos y cárcavas activos. En la parte baja se ubica la comunidad de Accha Baja, donde se realizan labores agropecuarias.

**Deslizamiento E-3:** Deslizamiento activo secundario perteneciente al deslizamiento mayor E. Se ubicada al Norte de la cárcava E-1, entre los 3175 y 3125 m.s.n.m. donde se aprecia claramente que la reactivación de este deslizamiento se debe a la presencia de la cárcava E-1 y erosión del río Cochoc.

**Deslizamiento E-4:** Deslizamiento activo secundario con ancho aproximado de 130 metros y desnivel de 50 metros. En su cabecera se observan agrietamientos y la base esta siendo erosionada por el río, por lo que se nota su actividad.

**Deslizamiento E-5:** Deslizamiento activo, que tiene un ancho de 200 metros y un desnivel de 60 metros. La posible causa de la reactivación es por erosión lateral del río.

**Cárcava E-1:** Cárcava activa ubicada en el extremo Sur del deslizamiento E, entre 3300 y 3125 m.s.n.m. y 360 metros de longitud.

**Cárcava E-2:** Cárcava activa ubicada encima del deslizamiento E, entre 3275 y 3360 m.s.n.m. y con 150 metros de longitud. Las aguas que fluyen por esta cárcava filtran al plano del deslizamiento E.

Las cárcavas **E-1** y **E-2**, se han originado por el desfogue de las aguas del canal de irrigación y el mal estado del canal (filtraciones de agua).

En conclusión el deslizamiento E muestra reactivaciones parciales debido al desfogue de las aguas del canal de irrigación, así como por la erosión lateral del río Cochoc, por lo tanto un encauzamiento del río mas la conservación o tratamiento de la ladera y particularmente de las cárcavas, son labores a realizar.

### **Zona H**

Deslizamiento en vías de reactivación, cuya cabecera se localiza entre 3425 m.s.n.m. y el río Cochoc (3275 m.s.n.m.). La causa de su reactivación son precipitaciones pluviales sobre el deslizamiento antiguo. Actualmente una parte de este sector se encuentra reforestado por eucaliptos.

### **Zona I**

Deslizamiento antiguo ubicado en el sector de Machacancha. Tiene un ancho aproximado de 500 metros paralelo al río Cochoc, y un desnivel aproximado de 120 metros (3350 a 3525 m.s.n.m.). Cerca al cauce del río se localizan los baños termales de Machacancha y algunas viviendas que muestran peligro por erosión del río y una posible reactivación futura del deslizamiento.

### **Zona P**

Esta conformado por un pequeño deslizamiento antiguo (**P-1**) y posiblemente estable. Al Norte de este deslizamiento existe una cárcava de longitud aproximada de 500 metros.

## **2. MARGEN IZQUIERDA DEL RIO COCHOC**

En la margen derecha tenemos 2 zonas: Zona de conos aluviales y deslizamientos.

### **a) Zona de conos aluviales**

#### **Zona J**

Está compuesto por un conjunto de conos aluviales de pequeñas dimensiones que se ubican desde la zona de Machacancha hasta Chuspitacan. Uno de los principales conos de esta zona se ubica en la quebrada Altarniyoc que el año 1996 produjo un aluvión que inundó tres pozas de los baños termales de Machacancha y además arrasó árboles de eucalipto de ambas márgenes del río Cochoc (datos proporcionados por los comuneros).

### **b) Zona de deslizamientos**

#### **Zona A**

Se trata de un deslizamiento antiguo (Foto 7), que va desde los 3075 a 3025 m.s.n.m. Actualmente parte del material de este deslizamiento, es aprovechado como material de cantera (lastre). No muestra peligro alguno.

#### **Zona F (Fotos 8 y 9)**

Se trata de un deslizamiento antiguo (Foto 8), que tiene un ancho aproximado de 2500 metros y un desnivel de 925 metros (Entre 3075 y 4000 m.s.n.m.). Este deslizamiento mayor esta conformado por dos deslizamientos menores activos F-1 y F-2, las cuales presentan a su vez otros deslizamientos menores también activos. Sobre estos deslizamientos se sitúan varias comunidades como Parco, Yanahuaylla, y Accha Baja.

**Deslizamiento F-1:** Deslizamiento en vías de reactivación ubicado en el extremo Sur del deslizamiento **F**, con un ancho aproximado de 1500 metros, con un desnivel que va de 3075 a 3400 m.s.n.m. (Foto 9). En la parte baja del deslizamiento se ubica la carretera Calca-Amparaes.

**F-1-1:** Deslizamiento antiguo en vías de reactivación, que se encuentra entre 3275 y 3075 m.s.n.m., con un ancho de 800 metros. Presenta una cárcava activa y un deslizamientos mas pequeño en el extremo Norte, tal como se aprecia en la Foto 9.

**F-1-2:** Deslizamiento activo (entre 3260 y 3100 m.s.n.m.) que tiene un ancho aproximado de 300 metros. Presenta un deslizamiento pequeño activo en el extremo superior Sur, entre 3175 y 3075 m.s.n.m. (pie de carretera). En la cabecera de este deslizamiento se observan agrietamientos, que ponen en evidencia su potencial actividad.

**Deslizamiento F-2:** Se trata de un deslizamiento potencialmente activo, situado entre las cotas 3500 y 3175 m.s.n.m., y un ancho de 800 metros. Sobre este deslizamiento se emplaza la comunidad de Accha Baja. En la cabecera se observan agrietamientos de 30 a 50 cm de ancho, que se siguen por una decena de metros (Foto 10), que demuestra su reactivación causada aparentemente por las fugas de agua del canal de irrigación denominado Canal Inca (Foto 11). Igualmente, estas fugas causan otros deslizamientos muy pequeños (Foto 12).

**F-2-1:** Deslizamiento activo (entre 3200 y 3275 m.s.n.m.). En la cabecera de este deslizamiento, se observan agrietamientos hasta de 50 cm de ancho. Afecta un camino de herradura y su base corresponde a la carretera.

**F-2-2:** Entre la carretera y el río Cochoc se presenta un conjunto de deslizamientos pequeños originados por la erosión lateral del río Cochoc. Actualmente se aprecia que han sido forestados, pero sin embargo muestra signos parciales de reactivación (Foto 13).

#### **Zona L**

Deslizamiento antiguo, mostrando signos de estabilidad. Tiene un ancho de 200 metros y un desnivel que va de 3275 hasta los 3375 m.s.n.m.

#### **Zona M**

Se trata de dos deslizamiento antiguos pequeños y estables. Estos deslizamientos afectan la carretera Calca-Amparaes. El deslizamiento mas grande tiene un desnivel que va desde los 3600 hasta los 3750 m.s.n.m. y tiene un ancho aproximado de 260 metros.

### **4.1.2.3. PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS DEL SECTOR CHIMPACALCA-UNURAQUI**

Al Suroeste de Calca en la margen izquierda del río Vilcanota están las localidades de Chimpacalca y Unuraqui, donde existen diferentes problemas geodinámicos.

Los peligros geológico-climático de este sector se describen por zonas y se muestran en el **MAPA N° 06**. Las fotografías que se mencionan en el presente informe se muestran en el **Anexo N° 06** (Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico).

#### **a) Zona de conos aluviales**

##### **Zona 1**

Se trata de dos conos aluviales, ubicados al Este de Chimpacalca. Sobre el cono ubicado en el extremo Este, se halla una cárcava en vías de reactivación de regulares dimensiones (Foto 14). Paralela a esta cárcava se pueden observar cárcavas menores con poca profundidad.

## **Zona 2**

Esta zona corresponde a la quebrada Querapuquio, que tiene antecedentes de aluviones producto de lluvias extraordinarias; sus depósitos se observan en los cortes de este cono aluvial. En efecto como antecedentes se tiene que en el año 1970 se produjo un aluvión de fuerte intensidad. Anualmente se producen derrumbes y deslizamientos de pequeñas dimensiones a lo largo de esta quebrada (Foto 15)

### **b) Zona de deslizamientos**

## **Zona 3**

Se trata de un deslizamiento antiguo con un ancho aproximado de 1400 metros, y que tiene un desnivel de 2900 a 3560 m.s.n.m. Sobre esta masa deslizada se encuentra la comunidad de Unuraqui; por los estudios de campo y fotografías aéreas se conoce que la masa de este deslizamiento antiguo se prolonga hasta la localidad de Urco (Huayllar). Este deslizamiento antiguo se halla aparentemente estable.

### **4.1.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO**

El río Cochoc por tener sus orígenes en las lagunas de Suntutococha y Azulcocha, así como de los deshielos del nevado Ccolque Cruz (4557 m.s.n.m.), puede originar peligros de inundación y aluvión y que pueden acentuarse por causa de eventos naturales tales como sismos.

Del análisis del mapa geodinámico de la quebrada Cochoc se concluye que principalmente en la margen izquierda ocurren deslizamientos que están en vías de reactivación debido a las infiltraciones de aguas pluviales y de riego por gravedad. Por estas razones es necesario tomar en cuenta la geodinámica de las laderas para la construcción de futuras obras.

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

#### **4.1.3.1. ZONIFICACIÓN DE PELIGRO POR ALUVIÓN PARA LA CIUDAD DE CALCA**

La ciudad de Calca se emplaza sobre un cono aluvial antiguo (Foto 16). La formación de este cono está relacionada a flujos aluviónicos antiguos que se han depositado en la desembocadura del río Cochoc en el Vilcanota. Actualmente, a lo largo de la quebrada Cochoc, 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. A esto hay que sumar el periodo de recurrencia de grandes eventos pluviométricos en la cuenca hidrográfica.

Se tiene muchos antecedentes de inundaciones y aluviones muy grandes que llegaron a afectar la ciudad de Calca, como los ocurridos en los años 1950, 1980, 1989, 2003, y las inundaciones locales que se dan constantemente a partir de 1999 producto de la captación de agua para regadío en el barrio de Piste.

Los antecedentes históricos indican que la erosión de las márgenes del río Cochoc ocurre en la época de lluvias. A veces va acompañada con la inundación de las casas y terrenos agrícolas, con la pérdida de bienes materiales, cultivos y animales menores. La población para proteger sus viviendas realiza muros de protección con sacos de piedra y arena, y muros de enrocado, los cuales se ven seriamente afectados por la informalidad de las construcciones.

A partir de estas características, de las encuestas y los datos obtenidos en los cálculos hidrológicos sobre estos eventos se ha realizado una zonificación de la ciudad de Calca a las inundaciones ligadas a aluviones de la quebrada Cochoc, que se presenta en el **MAPA N° 07 (ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION)**, para el cual se han establecido 03 zonas de acuerdo a la descripción siguiente:

**a) Peligro Muy Alto**

Los datos hidrológicos muestran que lluvias máximas con periodos de retorno de 10 años provocarían caudales en el río Cochoc, que fácilmente soportaría el cauce y zona de encauzamiento de la ciudad. Solo lluvias con periodos de retorno de 50 años puede causar algunas inundaciones del río Cochoc (Foto 17) que afectarían seriamente los bordes (Faja Marginal) (Foto 18) en un ancho aproximado de 30 metros en cada margen.

Sin embargo, las evidencias de la reactivación del deslizamiento del sector de Accha Baja y Parco, en la parte media de cuenca del río Cochoc, puede provocar un represamiento cuyo desembalse afectaría la ciudad de Calca. Las zonas de peligro muy alto correspondería en caso de un aluvión a las partes altas de la ciudad de Calca (barrio de Piste) donde además se producirían diques por la presencia de troncos de árboles y bolonerías de rocas, con formación de nuevos represamientos. Este fenómeno provocaría la desviación de las aguas del río Cochoc junto con los materiales residuales, afectando la carretera y calles aledañas al río Cochoc. Igualmente, por efecto de inundaciones, sería afectado el reservorio de agua potable que se ubica en la margen izquierda (cabecera del barrio Piste) y los canales principales de irrigación que se encuentran en ambas márgenes del río hasta Kumurumi, donde se distribuyen las aguas hacia Rayampata

Otra de las zonas afectadas es el lugar denominado Tarachayoc donde la margen derecha está sin muros de protección. Igualmente, se tiene un puente que en caso de aluviones puede servir como zona de represamiento. En sectores aledaños se aprecia muros de protección informales que también son destruidos por el río Cochoc.

Las obras de encauzamiento del río Cochoc en la ciudad de Calca muchas veces no tienen mantenimiento constante ni se toma en cuenta la erosión del cauce ni el transporte de sedimentos, tal como se observa en parte de la avenida Ucayali (Foto 19), en la parte media de la ciudad y cerca de su desembocadura hasta llegar al río Vilcanota. Sin embargo en el tramo de la calle Ucayali, entre la avenida San Martín y la avenida Vilcanota, las obras de encauzamiento, aparentemente no están diseñadas adecuadamente para caudales asociados a aluviones.

En consecuencia los borde correspondientes a la faja marginal de la quebrada Cochoc en la ciudad de Calca son de peligro muy alto a aluviones/inundaciones, que pueden producirse aguas arriba de la quebrada. Muchos puentes son demasiado pequeños y angostos para encauzar las aguas y lo que provocaría nuevos represamientos como en la intersección con la avenida Simón Bolívar (Foto 20) y avenida Inclán (Puente Mala voluntad-Malecón Tarachayoc).

### **b) Peligro Alto**

Las zonas de peligro alto son la carretera que sale de Calca hacia los baños de Machacancha, los sectores delimitados entre la margen derecha del río Cochoc (desde la zona de peligro muy alto), aproximadamente hasta la calle y prolongación Tomas E. Payne; y además parte de Rayampata y Manzanares. Dentro de esta área se encuentran el jirón Túpac Amaru, el Instituto de Bellas Artes, colegio de Calca, también se afectaría los canales secundarios de irrigación de la zona de Rayampata.

En la margen izquierda, afectaría hasta la avenida Francisco Bolognesi, sector donde se ubican las calles: Alameda Norte, M. Grau, Av Espinar, Córdova, Plaza de Armas, Plaza Sondor, avenidas Simón Bolívar, Vilcanota, Jacaranda, Inclan, alameda Garcilazo, Jr. Miller, calles José Gálvez, Leoncio Prado, La Mar, San Martín, Mercado antiguo de abastos, Municipio, y Colegio Humberto Luna.

### **c) Peligro Medio a Bajo**

Corresponde a las zonas que pueden ser inundadas o afectadas por un aluvión de mediana magnitud y en periodos de lluvias extraordinarias asociadas, destruyendo las obras de encauzamiento que en muchos casos no consideran estos aspectos.

En la margen izquierda del río Cochoc, entre el límite de peligro alto (Calle Francisco Bolognesi), y la avenida Alcides F. Estrada, se sitúa la zona de peligro medio. De la avenida Alcides F. Estrada hacia el este el peligro es bajo. Dentro de esta zona de peligro, se encuentran un complejo deportivo en la calle Mariscal Castilla, el mercado nuevo de abastos, asentamientos nuevos de la parte baja de Kumurumi, calle Mariscal Castilla, Inclan, José Gálvez, Leoncio Prado, La Mar, San Martín, Simón Bolívar, Millar, avenida Vilcanota, Alfonso Ugarte, Mariano de los Santos; por ultimo se tiene la zona de peligro bajo, ubicada al este de la avenida Alcides Estrada, donde se encuentran viviendas, el complejo deportivo andina, parte de la plazoleta Puma, parte del estadio, C.E. Fátima y terrenos de cultivo.

## **4.2. MAPA DE PELIGRO CLIMATICO**

### **4.2.1. FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO**

Los fenómenos de origen climático de incidencia en la ciudad de Calca y quebrada Cochoc se presentan en la sub-unidad geomorfológica denominada “laderas de pendiente suave” que corresponden al cono aluvial Cochoc y piso de valle Cochoc.

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 Cochoc se hallan principalmente viviendas y en menor proporción terrenos de cultivo.

Los fenómenos de origen climático que se presentan con mayor frecuencia en el área de estudio es el siguiente:



#### **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 conducir las o por aluviones asociados a desembalses.

#### **4.2.2. EVALUACION DE PELIGROS CLIMATICOS**

En el caso particular de Calca se puede mencionar que hay inundaciones por desbordes de los canales construidos para el riego de los terrenos de cultivo, tal como se observa en el barrio Piste, donde está ubicado una captación de un canal de irrigación, y que casi anualmente se desborda a partir del año 1999, producto del aumento del caudal del río Cochoc, por el cierre de las compuertas de los canales para el lavado de ropa.

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, es la denominada Chimpacalca (margen izquierda del río Vilcanota).

Se tiene muchos antecedentes de inundaciones/aluviones muy grandes que llegaron a afectar la ciudad de Calca, como los ocurridos en los años 1950, 1980, 1989, 2003, y las inundaciones locales que se dan constantemente a partir de 1999 producto de la captación de agua para riego en el barrio de Piste.

A partir de estas características, de las encuestas y los datos obtenidos en los cálculos hidrológicos sobre estos eventos se ha realizado una zonificación de peligro por inundación ligadas en algunos casos a aluviones que pueden afectar la ciudad de Calca.

El río Vilcanota en este tramo presenta un régimen tranquilo por la pendiente suave sobre todo en temporadas de estiaje. En el sector del puente Minasmocco, el río describe una curva y se aprecia defensas ribereñas en la margen derecha, aguas arriba las construcciones fueron levantadas manteniendo un retiro importante en el caso de avenidas, por el contrario en el sector aguas abajo del río fueron levantadas algunas construcciones justo sobre los muros de defensa ribereña. Los caudales máximos asumidos en este caso son los mismos de Písaq, por cuanto en este tramo no se cuenta con estación fluviométrica.

#### **4.2.3. ZONIFICACIÓN DE PELIGRO CLIMATICO**

##### **4.2.3.1. ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO COCHOC**

De la información obtenida y de acuerdo a las características de la cuenca se puede observar que su respuesta frente a una avenida máxima de 10 años, puede ser fácilmente soportado por la canalización actual y los niveles alcanzados no rebasarían las secciones de los tramos canalizados que atraviesan la ciudad por el jirón Ucayali, sin embargo en los tramos ubicados al inicio de esta vía, se observa un estrechamiento que en caso de incrementarse el volumen de material de arrastre puede provocar represamiento.

De acuerdo a las estimaciones efectuadas en función a la pluviosidad, tamaño y características de la cuenca, se obtuvo un caudal máximo ajustado de 31.45 m<sup>3</sup>/seg (Método de Mac Math y distribución de Gumbel) para un período de retorno de 50 años, por lo que es probable que

ocurran desbordes, los que aún en el caso de producirse no tendrían un efecto apreciable al extremo de afectar la estructura de las viviendas. Los desbordes apenas se expresarían en ligeros anegamientos de las vías adyacentes al jirón Ucayali, salvo el caso de que la carga de sólidos sea grande al extremo de provocar represamientos, cuyos efectos alcanzarían los jirones Espinar y Tupac Amaru.

Los otros puntos vulnerables son los pequeños puentes que existen para cruzar el río Cochoc y que eventualmente se comportarían como obstáculos al flujo libre del agua y el material aluvial.

De las entrevistas efectuadas a pobladores del lugar se deduce que no han ocurrido en pasado reciente avenidas y desbordamientos de magnitud apreciable.

De acuerdo al mapa de peligros de inundación por el río Vilcanota se aprecia que para gastos con períodos de retorno de 50 años, las crecidas pueden rebasar las defensas ribereñas, sin que signifique un peligro de gran magnitud. En el sector, 500 metros aguas abajo del puente de Minasmocco la falta de defensas ribereñas esta expuesta a inundaciones que pueden alcanzar fajas de 50 metros, felizmente estas áreas no se encuentran urbanizadas. Lo recomendable es mantener espacios libres o arborizar estas áreas.

En el **MAPA N° 08 (ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION)**, se muestra la zonificación de peligro por inundación de los ríos Cochoc 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 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.

El río Vilcanota es el colector principal de la gran cuenca hidrográfica del mismo nombre, y en época de lluvias transporta una cantidad importante de aguas pluviales y sedimentos donde actualmente se explotan como canteras de arena y grava en forma exagerada (Foto 21). En Calca en el cauce del río Vilcanota las obras humanas antiguas y actuales han encauzado el río en el tramo correspondiente a la ciudad. En efecto en su paso por la ciudad el río se encuentra encauzado con muros ciclópeos a partir de 300 metros aguas arriba del puente de Calca y, este encauzamiento llega hasta la desembocadura del río Cochoc al Vilcanota (Foto 22)

Desde el punto de vista del peligro, todos los bordes del río Vilcanota en la ciudad de Calca son vulnerables a inundaciones, sin embargo no son de mucha importancia para la vulnerabilidad. Trabajos de campo y análisis sedimentológico del río Vilcanota han permitido reconocer áreas de inundaciones recientes y antiguas (mayores a los 100 años). Esto nos ha permitido realizar una zonificación determinando áreas con peligro muy alto, alto, medio a bajo a inundaciones que se muestran en el **MAPA N° 09 (ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA)**. Este es un mapa que se complementa al mapa obtenido a partir de datos hidrológicos.

#### **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 que no cuentan con muros de contención. En la ciudad de Calca, se hicieron numerosos trabajos de encauzamientos del río, protegiendo así la ciudad. Pero también hay zonas inmediatamente pegadas al río, estas lo constituyen en su mayor extensión zonas de cultivo que no cuentan con protección, y que constantemente son inundados (Foto 23).

El sector de Chimpacalca ubicado en la margen izquierda del río Vilcanota antes de 1996 eran zonas con peligro muy alto por inundaciones, pero gracias a las obras de protección, el peligro ha disminuido en la localidad de Chimpacalca (Foto 24).

#### **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 en el sector final de la alameda Garcilazo en el árbol Pisonay ubicado a 100 metros del puente de Calca-Chimpacalaca aguas debajo de río, existe un muro de contención que no reúne las condiciones necesarias de protección (Foto 25).

#### **c) Peligro Medio a Bajo**

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.

### **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<sup>2</sup> 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 ( $SO_4$ ). En aquellos suelos en donde el contenido de sulfatos ( $SO_4$ ) 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 tal 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 Calca 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 Calca 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 Calca 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 Calca, 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  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , 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  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , 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 un 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  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , 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  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , 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 Calca y alrededores, se ha preparado el Mapa de Zonificación de Peligros Múltiples, que se presenta en el **MAPA N° 10**, donde resaltan los peligros climáticos asociados a los peligros climático-geológicos.

**a) Zona de Peligro Muy Alto**

Se trata de una franja paralela ubicada en ambas márgenes del río Cochoc, que serian afectadas por aluviones que ocurriesen en la quebrada Cochoc, esto en relación a un represamiento producto de la reactivación del deslizamiento de Accha Baja y Parco.

El río Vilcanota en sus máximas avenidas, con periodos de recurrencia mayores a 10 años, afectaría ambas márgenes y un borde estrecho de la ciudad y en las zonas de expansión urbana, particularmente las que no cuentan con muros de encauzamiento.

**b) Zona de Peligro Alto**

Se considera así a las áreas correspondientes a aluviones e inundaciones, en caso de activarse el deslizamiento de Accha Baja y represar el río Cochoc, así como desembalses de las lagunas que se encuentran en las partes altas, donde existe material morrénico. Este peligro está condicionado a factores sísmicos o climáticos extremos. Esta zona se sitúa en ambas márgenes del río Cochoc y además corresponden a la mayor parte del centro histórico de la ciudad de Calca.

Igualmente, las zonas de peligro alto están reconocidas en ambas márgenes del río Vilcanota donde hay evidencia reciente y geológica de desbordamientos antiguos, que afectan particularmente las áreas sin protección de muros de encauzamiento.

Son también de peligro alto las zonas donde los suelos tienen características portantes menores de 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>.

**c) Zona de Peligro Medio**

Son aquellas áreas circundantes a peligro alto a aluviones en la quebrada Cochoc. Esta zona se encuentra en la parte Este de la ciudad de Calca, así como las nuevas urbanizaciones ubicadas en los extremos Sureste.

Igualmente es de peligro medio las zonas circundantes a las de peligro alto en el río Vilcanota, es decir en lluvias extraordinarias inclusive aquellas ocurridas con un periodo mayor a los 100 años.

**d) Zona de Peligro Medio a Bajo**

Son aquellas áreas poco o nada propensas a inundaciones por lluvias y aluviones en la ciudad, las quebradas aledañas y el río Vilcanota.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en el área de estudio, son por deslizamientos que pueden producir represamientos, desembalses particularmente en la parte media de la cuenca Cochoc (deslizamiento de Accha Baja y Parco), cuyos aluviones asociados afectaría la ciudad de Calca.

En este contexto la ciudad de Calca tiene una ubicación que presenta algunas desventajas por situarse sobre un cono aluvial producto de aluviones antiguos con la presencia de grandes bloques, proveniente de la quebrada Cochoc, los que pueden seguir presentándose y poniendo en peligro la ciudad.

2. Los peligros de origen climático de mayor incidencia en el área de estudio son las inundaciones, que afectan la zona de ingreso a la ciudad de Calca donde se tienen algunas obras de captación, así como ambas márgenes del río Cochoc y tramos de ambas márgenes del río Vilcanota. En estas márgenes se ubican viviendas que muchas veces no respetan la faja marginal y terrenos de cultivo que anualmente son inundadas razón por la cual se consideran como zonas de peligro alto.

El peligro de inundación y erosión en la ciudad de Calca se pueden incrementar debido a que algunas zonas no están encauzados y además se tiene la presencia de puentes de pequeña longitud, que pueden servir como zonas de represamiento y taponamiento, razón por la cual son considerados como áreas críticas.

Finalmente la quebrada Querapuquio significa un problema recurrente para la población de Chimpacalca por las altos caudales de aguas que se dan en épocas de lluvias.

3. Por las características de la cuenca Cochoc y frente a una avenida máxima de 10 años, puede ser fácilmente soportado por la canalización actual y los niveles alcanzados no rebasarían las secciones de los tramos canalizados que atraviesan la ciudad; sin embargo en el sector de Piste y de algunos puentes de pequeña longitud, se observa un estrechamiento que en caso de incrementarse el volumen de material de arrastre puede provocar represamiento.

Con las estimaciones de caudal máximo ( $31.45 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) para un período de retorno de 50 años, es probable que ocurran desbordes que no tendrían un efecto apreciable, expresándose solo como ligeros anegamientos de las vías, salvo el caso de que la carga de sólidos sea grande al extremo de provocar represamientos, cuyos efectos alcanzarían mayores áreas.

Los otros puntos vulnerables son los pequeños puentes que existen para cruzar el río Cochoc y que eventualmente se comportarían como obstáculos al flujo libre del agua y el material aluvial.

4. En el río Vilcanota los peligros por inundación, para gastos con períodos de retorno de 50 años, las crecidas pueden rebasar las defensas ribereñas, sin que signifique un peligro de gran magnitud, por lo que es recomendable mantener espacios libres o arborizar las márgenes.

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, pérdida 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, 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 Calca sector urbano y zona de expansión son suelos finos compuestos por arcilla inorgánica ligera (CL) de baja compresibilidad; suelos finos compuestos por arcilla limo-arenosa (CL-ML) de baja compresibilidad con algo de grava de partículas angulosas; suelos gruesos granulares compuestos por grava limosa con arena (GM), grava limo-arcillosa con arena (GM-GC) y grava mal graduada con arena (GP) con presencia de bolonería en algunos casos.

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

**a) Zona de Peligro Muy Alto**

Se trata de una franja paralela ubicada en ambas márgenes del río Cochoc, que serían afectadas por aluviones que ocurriesen en la quebrada Cochoc, este hecho se amplificaría por el desembalse de lagunas y la activación de los deslizamientos que provocarían represamientos, cuyos desembalses darían lugar a aluviones de diversa magnitud.

El río Vilcanota en sus máximas avenidas afectaría ambas márgenes y un borde estrecho de la ciudad y en las zonas de expansión urbana, particularmente las que no cuentan con muros de encauzamiento.

**b) Zona de Peligro Alto**

Se consideran las áreas correspondientes a inundaciones y aluviones principalmente, así como la activación de deslizamientos y desembalse de lagunas que se encuentran en las partes altas. Este peligro está condicionado a factores sísmicos o climáticos extremos. Esta zona se sitúa en ambas márgenes del río Cochoc y además corresponden a la mayor parte del centro histórico de la ciudad de Calca.

Esta zona igualmente se reconoce en ambas márgenes del río Vilcanota, por evidencias reciente y geológica, que afectan particularmente las áreas sin protección de muros de encauzamiento. Son también de peligro alto las zonas donde los suelos tienen características portantes menores de  $1.00 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir las nuevas urbanizaciones ubicadas en los extremos Este y Oeste.

**c) Zona de Peligro Medio**

Son áreas circundantes al peligro alto a los aluviones. En esta zona se encuentran parte del centro histórico, Igualmente se considera de peligro medio, las zonas circundantes de peligro alto en el río Vilcanota, con lluvias extraordinarias inclusive con periodos mayores a los 100 años.

**d) Zona de Peligro Medio a Bajo**

Son aquellas áreas poco o nada propensas a inundaciones por lluvias y aluviones en la ciudad, las quebradas aledañas y el río Vilcanota.



## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar trabajos de monitoreo de los deslizamientos de Accha Bajo y Parco ya que son activos y pueden provocar el represamiento del río Cochoc y un desembalse con aluviones que afectaría la ciudad de Calca. Además se debe implementar sistemas de alarma y escape a zonas seguras en caso de producirse el embalse.
2. Respetar la faja marginal de la quebrada Cochoc y río Vilcanota mediante la dación de ordenanzas municipales.
3. Defensa ribereña del río Cochoc a lo largo de la quebrada, así como la restauración o construcción de puentes y muros de contención faltantes en la ciudad de Calca, respetando las fajas marginales. Construcción de muros de contención faltantes en ambas márgenes del río Vilcanota.
4. Elaborar proyectos de obras hidráulicas, con el fin de aliviar los peligros por inundación y aluvión.
5. Forestación y reforestación con especies nativas en toda la longitud del cauce del río Cochoc, así como en sus laderas.
6. Un factor que se debe evitar es la ejecución de cortes en el talud, para la construcción de caminos peatonales o para la ampliación de la carretera y construcción de viviendas, ya que la inestabilidad de laderas y remoción de masa detrítica, incrementarían los fenómenos de origen geológico-climático. Esta recomendación debe ser prioritaria para la zona de Accha Baja y Parco.
7. La inestabilidad de las laderas de los cerros, en el caso de Accha y Parco se incrementa por la actividad humana, debido a la extracción de materiales, así como con la ejecución de cortes en carreteras, y además debido al manejo inadecuado de los suelos como terrenos de cultivo ya que el regadío se hace por inundación, y en el caso de Accha, fallas en el ducto alimentan de agua al plano de deslizamiento y la reactivan. Por esta razón se recomienda un control adecuado del sistema de canales.
8. 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, y deslizamientos. Se debe considerar como prioridad los deslizamientos de Accha Baja y Parco.
9. Efectuar un monitoreo de las lagunas de Azulcocha y Suntucocha, que no obstante estar expuestos a deslizamientos que puedan provocar desbordes, sin embargo, no dejan de ser peligro por causa de otros eventos naturales tales como sismos.
10. Emplear nuevos sistemas de irrigación, es decir que sean muy diferentes al riego por gravedad que se utiliza actualmente, con el fin de controlar los deslizamientos activos de la zona de Accha y Parco principalmente.
11. Realizar la limpieza periódica del cauce del río en los tramos que atraviesa la ciudad, especialmente antes de las temporadas de lluvia.

12. 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 Calca. 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.

13. Una de las zonas de expansión urbana de Calca se localiza a lo largo del eje de la carretera Calca-Amparaes donde el mapa de zonificación de peligros múltiples indica un valor muy alto a alto debido a aluviones en relación a un posible desembalse del represamiento del deslizamiento de Accha Baja y Parco, sin embargo para caudales máximos del río Cochoc no hay mayor peligro. Por lo tanto implementar medidas de alarma y escape a aluviones son importantes. Mientras tanto, en caso de un aluvión, como zona de escape se debe considerar las laderas de los cerros adyacentes.

14. Otra de las zonas de expansión urbana son las que se hallan, por un lado, la paralela a la pista que viene de Cusco vía Lamay, y más específicamente a la margen derecha (Tiro Blanco y Coricancha), y por otro lado en la pista que va de Calca a Urubamba (Manzanares). Aquí el problema es de la capacidad portante de suelos que indican valores bajos por lo que se debe tomar medidas en las cimentaciones y las construcciones frente a los sismos.

15. En caso de producirse un aluvión relacionado con los deslizamientos de Accha Baja y Parco, la ruta de escape para los habitantes del Centro Histórico de Calca, es la pista de acceso a Urubamba los que se hallan al Oeste del río Cochoc y la pista de acceso a Cusco, los que viven al Este del río Cochoc.

## 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 Vallenás, V. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín N° 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, Mexico.
- 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). Geotechnical 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 rio 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

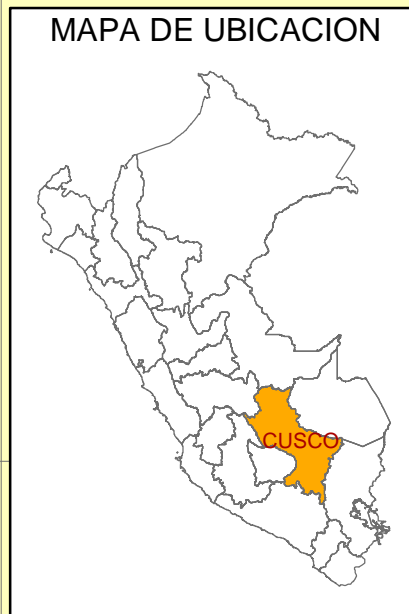


### LEYENDA

- CAPITAL\_DE\_DISTRICTO
- CAPITAL\_DE\_PROVINCIA
- CAPITAL\_DE\_DEPARTAMENTO
- CARRETERA\_ASFALTADA
- TROCHA\_CARROZABLE
- NEVADOS
- RIOS\_PRINCIPALES
- DISTRITO\_CALCA

25,000 12,500 0 25,000 50,000 75,000 Metros

1:1.600.000



## INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL INDECI

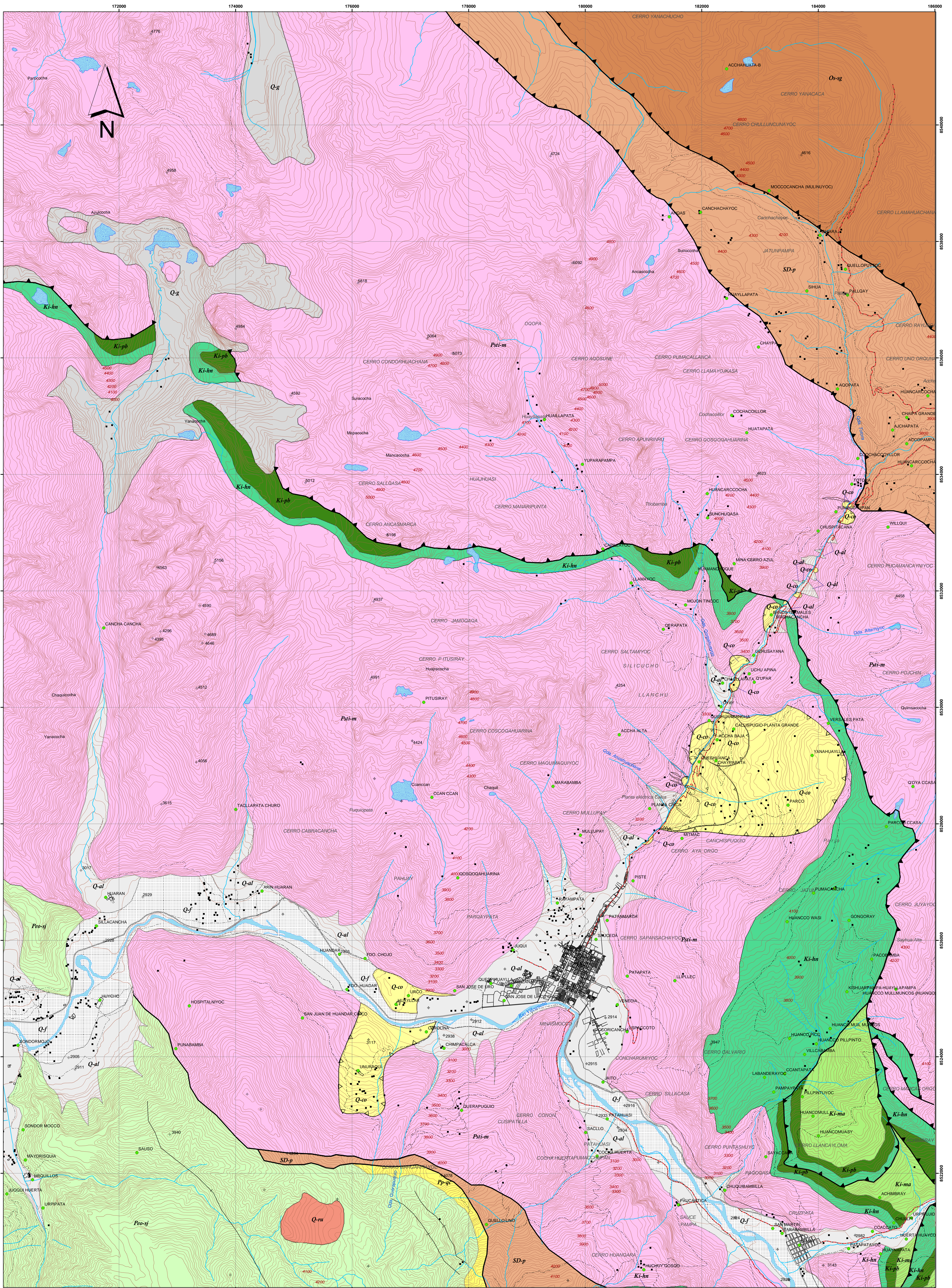
PROYECTO  
INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

### MAPA DE UBICACION

UBICACION  
DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
DIST.: CALCA

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

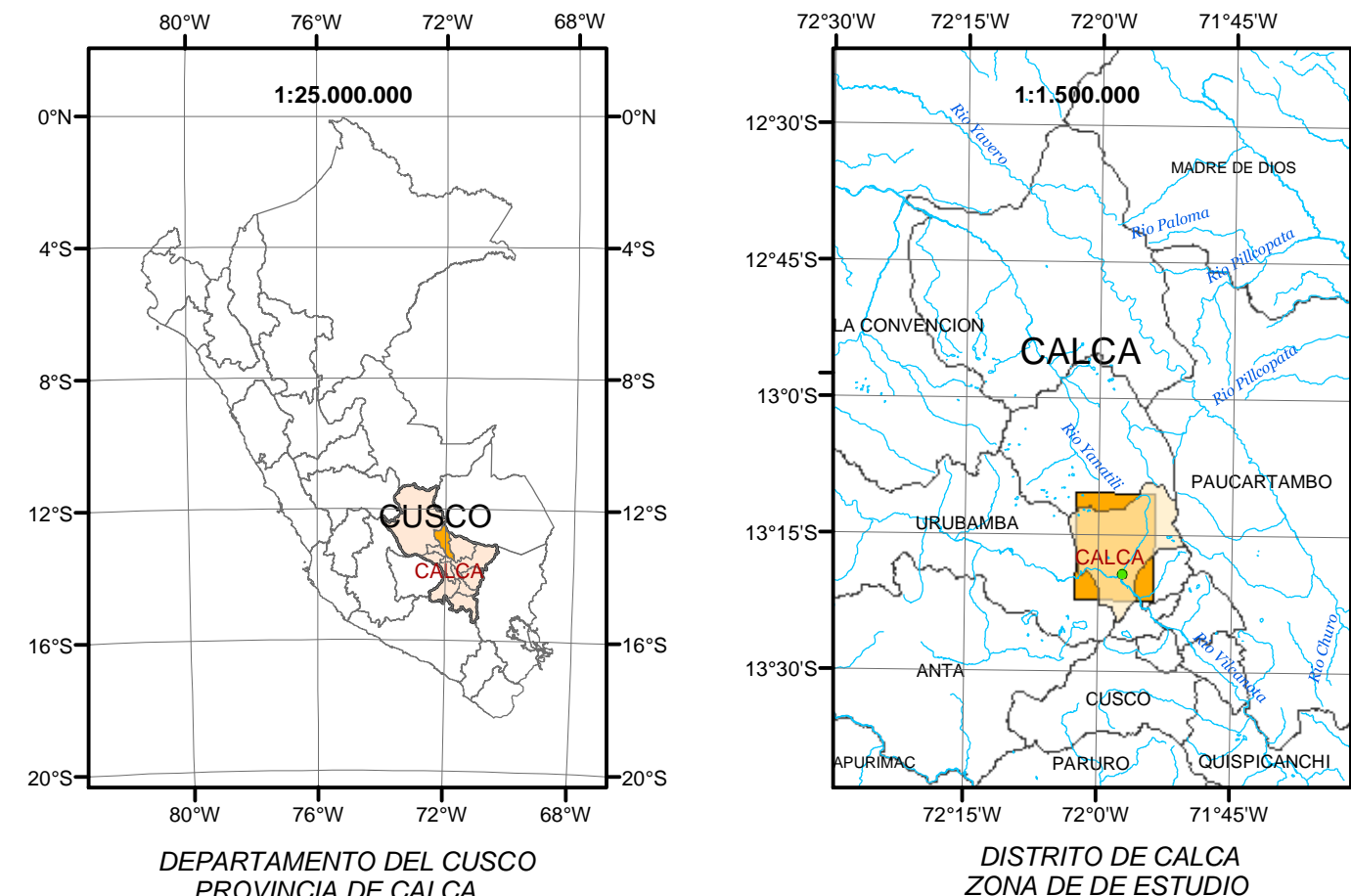




FUENTE:  
 CARTAS 27E, ESCALA 1:100,000 IGN  
 CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:20,000 DEL PETT.  
 27° - I - SE 27° - II - NE  
 27° - IV - SO 27° - III - NO  
 CATASTRO DE CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA



1:25,000



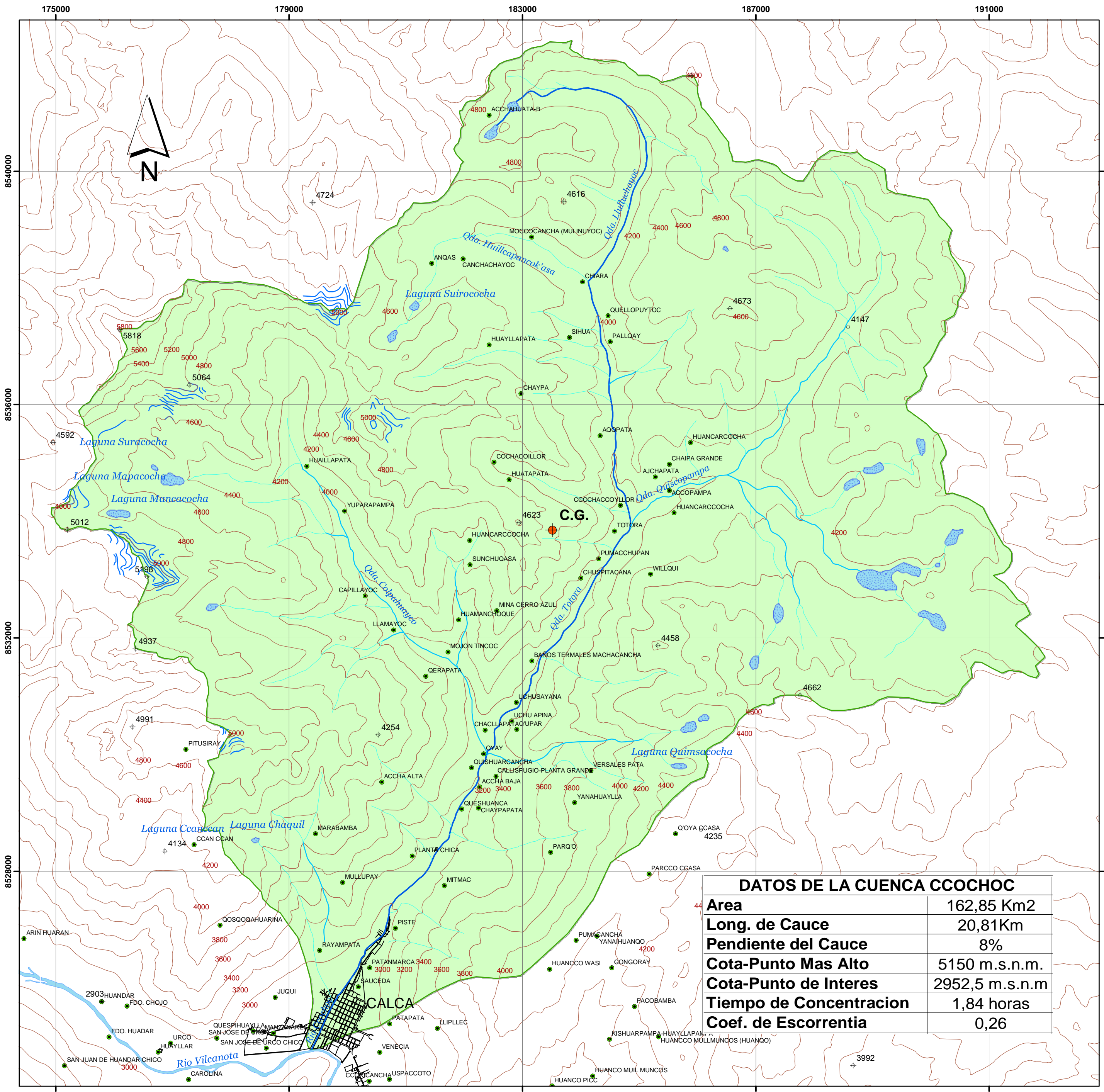
LEYENDA	
Q-co	DEPOSITOS COLUVIALES
Q-f	DEPOSITOS ALUVIALES
Q-al	DEPOSITOS FLUVIALES
Q-g	DEPOSITOS GLACIARES
Q-ru	FORMACION RUMICOLCA
Pco-sj	GRUPO SAN JERONIMO
Pp-qc	FORMACION QUILOQUE Y CHILCA
Ki-ma	FORMACION MARAS
Ki-pb	FORMACION PAUCARBAMBA
Ki-hn	FORMACION HUANCANE
Pst-m	GRUPO MITU
SD-p	FORMACION PAUCARTAMBO
Oe-sg	FORMACION SAN GABAN

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-100 m
—	LAGUNAS
—	ZONA URBANA
—	CARRETERA ASFALTADA
—	TROCHA CARROZABLE
—	CAMINOS PEATONALES

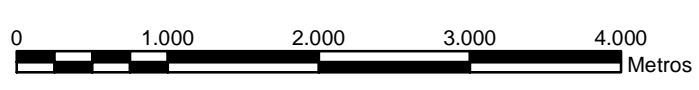
**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
**INDECI**  
 PROYECTO  
 INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO  
 MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAO,  
 CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO  
 CIUDAD  
**CALCA**  
 MAPA  
**GEOLOGICO**  
 UBICACION  
 DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA  
 DATUM  
 WGS84 UTM ZONA 19S

ESCALA 1:25,000	FECHA : JULIO DEL 2005	MAPA NRO. <b>02</b>
CONSULTOR GEOLOGIA ING. VICTOR CARLOTTO CALLAUX	CONSULTOR CAD-GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



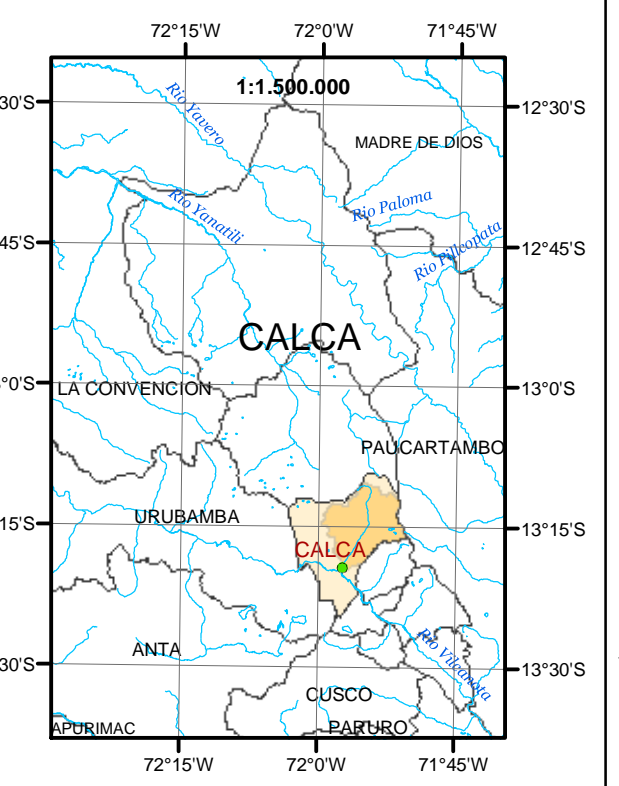
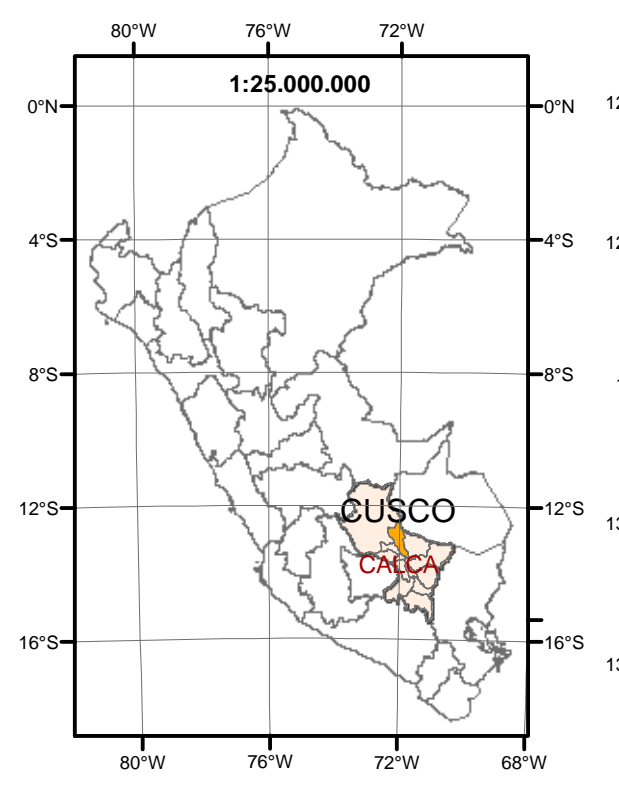


DATOS DE LA CUENCA CCOCHOC	
Area	162,85 Km <sup>2</sup>
Long. de Cauce	20,81Km
Pendiente del Cauce	8%
Cota-Punto Mas Alto	5150 m.s.n.m.
Cota-Punto de Interes	2952,5 m.s.n.m
Tiempo de Concentracion	1,84 horas
Coef. de Escorrentia	0,26



1:50.000

SIMBOLOGIA	
	CENTROIDE
	POBLADOS
	PUNTOS DE CONTROL
	RIOS DE PRIMER ORDEN
	RIOS DE SEGUNDO ORDEN
	RIO_PRINCIPAL_(VILCANOTA)
	NEVADO
	CURVAS DE NIVEL C-200 m
	LIMITE CUENCA COCHOC
	ZONA URBANA
	LAGUNA
	RIOS DE TERCER ORDEN
	CUENCA COCHOC



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
INDECI**

PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

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

CIUDAD  
**CALCA**

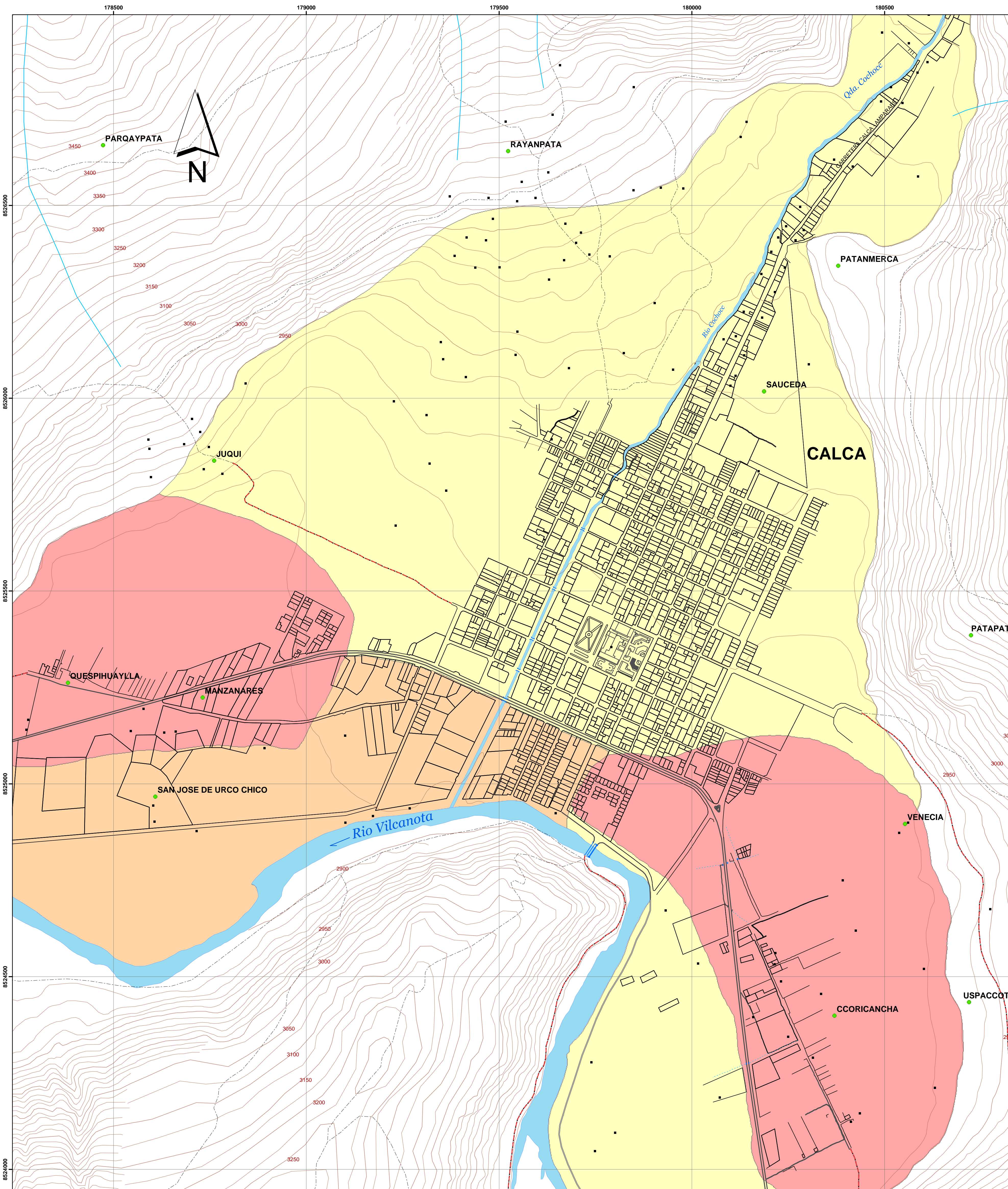
MAPA  
**CUENCA HIDROLOGICA  
QUEBRADA COCHOC**

UBICACION  
DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
DIST.: CALCA

DATUM  
WGS84 UTM ZONA 19S

ESCALA 1:50.000	FECHA : JULIO DEL 2005	MAPA NRO.
CONSULTOR HIDROLOGIA ING. SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ	CONSULTOR CAD-GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	<b>03</b>





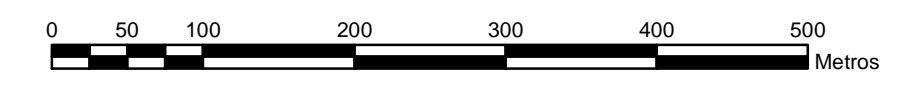
**SIMBOLOGIA**

- POBLADOS
- CASERIOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C- 50 m
- LAGUNA
- ZONA URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINO PEATONAL

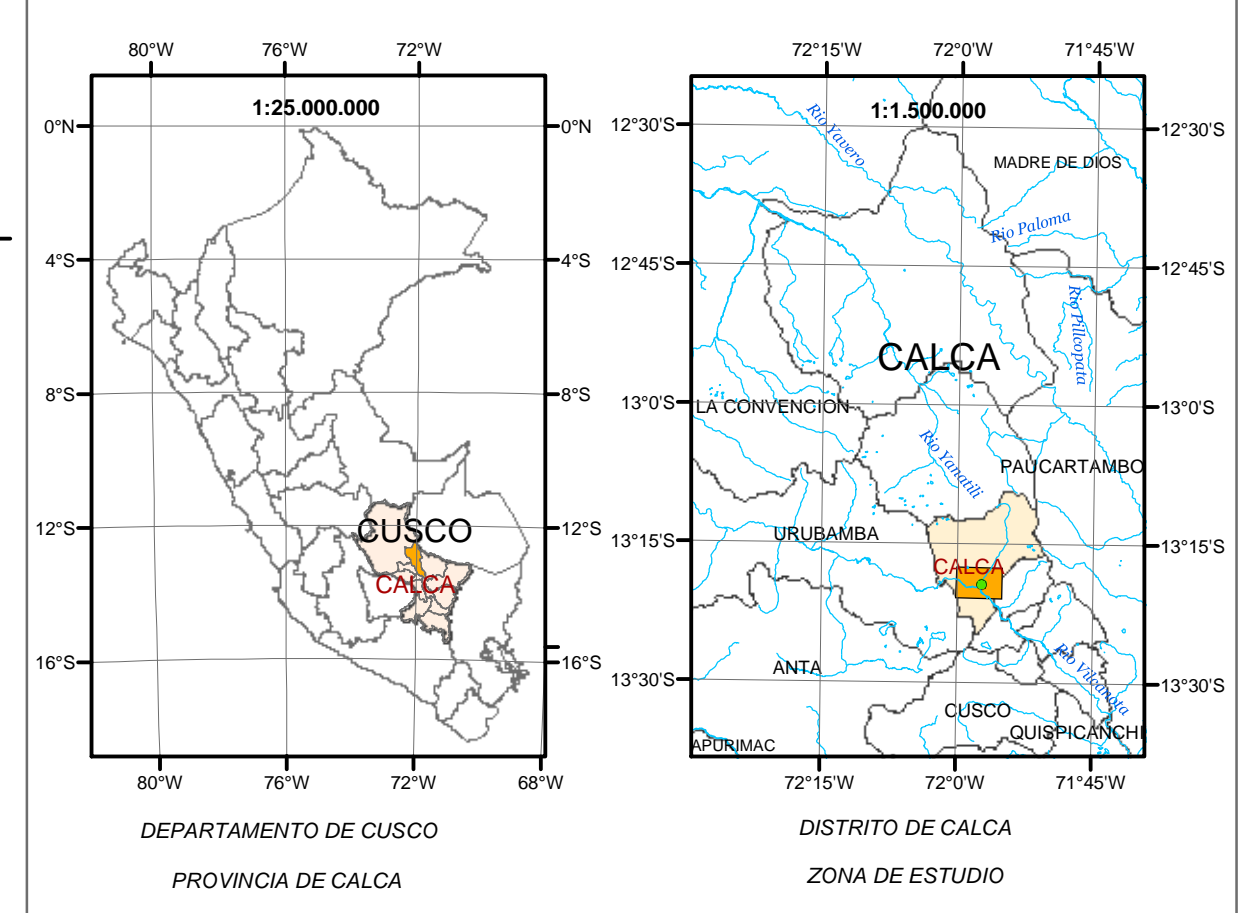
**LEYENDA**

Kg/cm<sup>2</sup>

- 0,50 A 1,00
- 1,00 A 1,50
- 1,50 A 3,00



1:5.000



FUENTE  
 CARTAS 27S ESCALA 1:100000 - IGN  
 CARTAS MINISTERIO DE AGRICULTURA ESCALA 1:10 000  
 CARTAS DIGITALIZADAS 27-SIII-NO-27-SIV-SO (FORMATO SHAPE) ESCALA 1:25 000  
 CATASTRO CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
**INDECI**

PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

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

CIUDAD  
**CALCA**

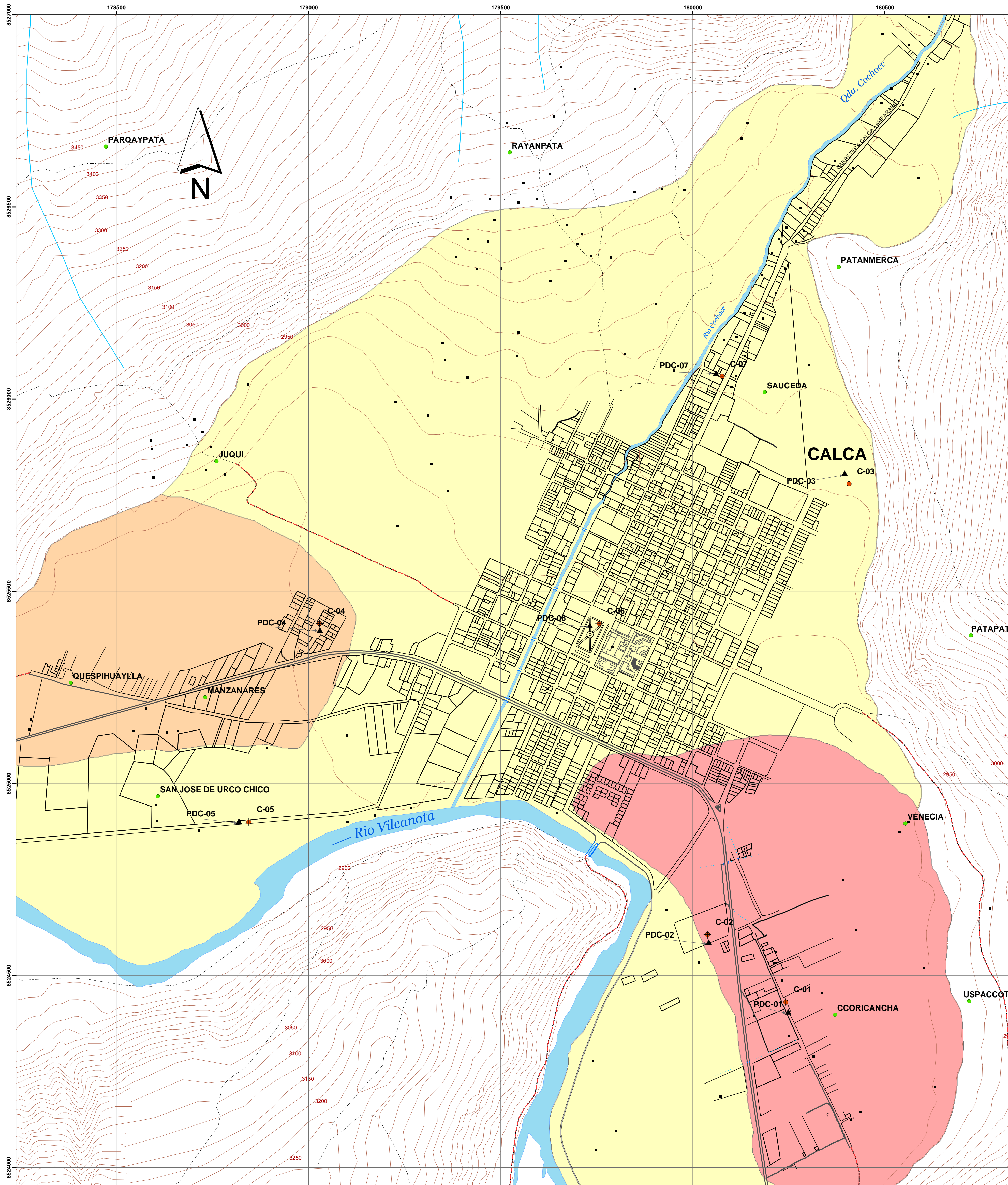
MAPA  
**CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS**

UBICACION  
 DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA

DATUM  
 WGS84 UTM ZONA 19S

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



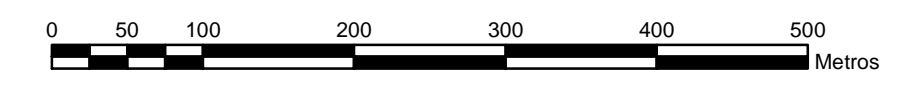


**SIMBOLOGIA**

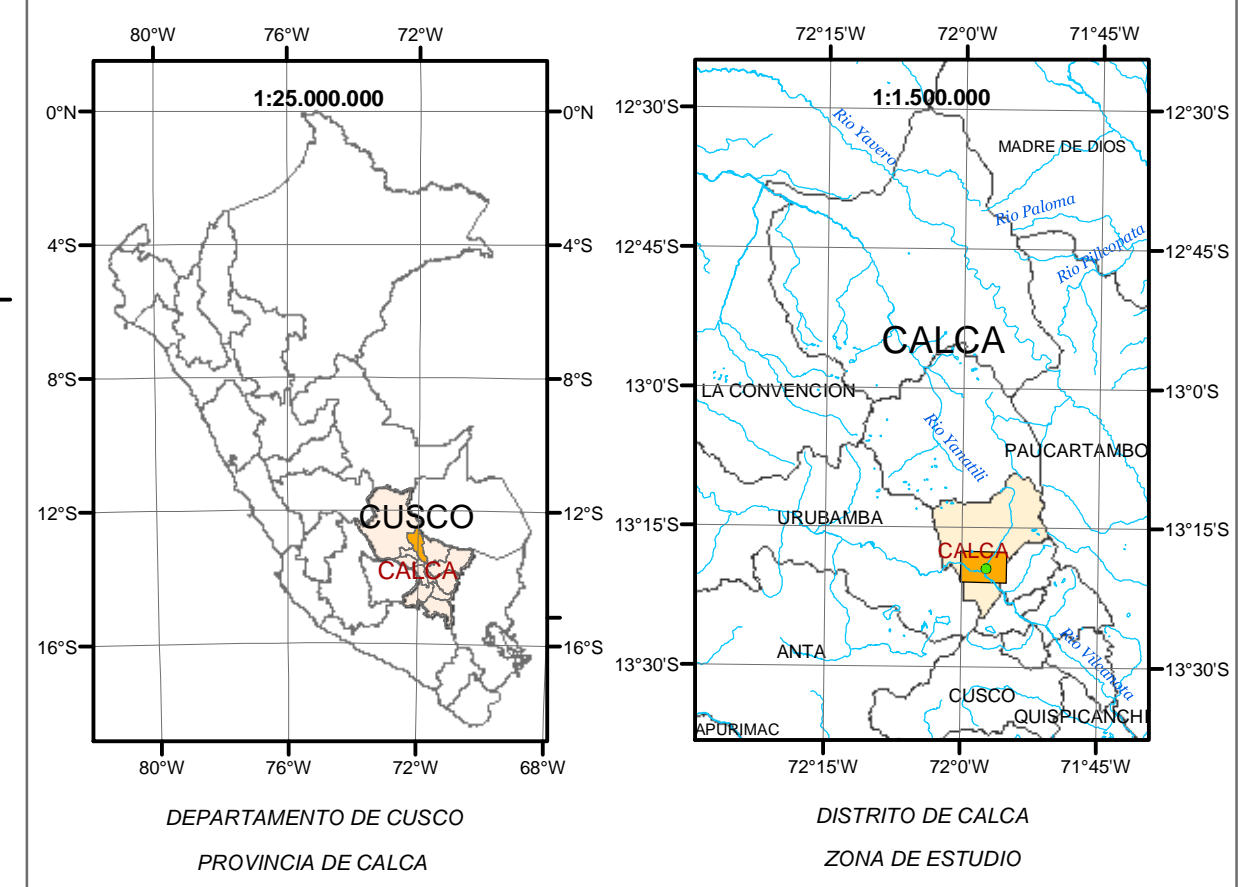
- ▲ AUSCULTACION
- ◆ CALICATAS
- POBLADOS
- CASERIOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C- 50 m
- LAGUNA
- ZONA URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINO PEATONAL

**LEYENDA**

- CL-ML ARCILLA LIMO ARENOSA
- CL ARCILLA INORGANICA LIGERA
- GP, GM GRAVA POBREMENTE GRADUADA
- GM-GC



1:5.000



FUENTE  
 CARTAS 27S ESCALA 1:100000 - IGN  
 CARTAS MINISTERIO DE AGRICULTURA ESCALA 1:10.000  
 CARTAS DIGITALIZADAS 27-SIII-10 27-SIV-30 (FORMATO SHAPE) ESCALA 1:25.000  
 CATASTRO CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
**INDECI**

PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

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

CIUDAD  
**CALCA**

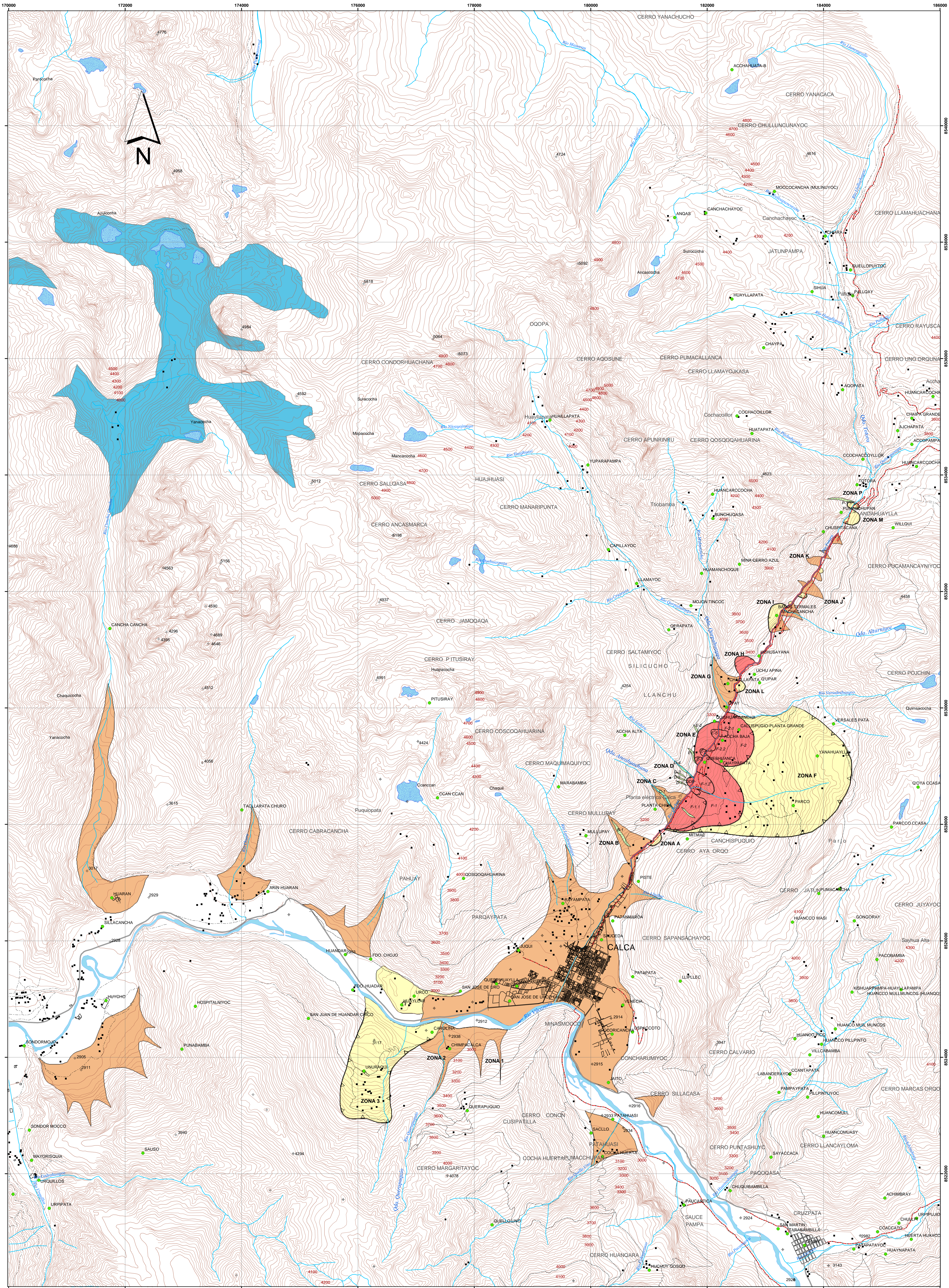
MAPA  
**CLASIFICACION DE SUELOS**

UBICACION  
 DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA

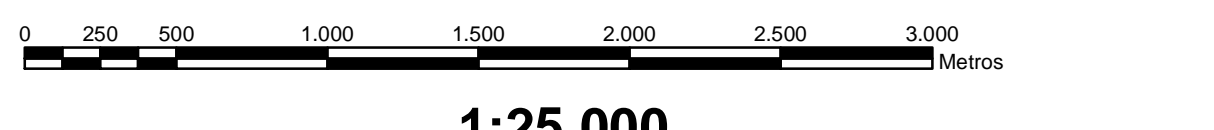
DATUM  
 WGS84 UTM ZONA 19S

ESCALA 1:5.000	FECHA : JULIO DEL 2005	MAPA NRO. <b>05</b>
CONSULTOR GEOTECNIA ING. AMERICO MONTANEZ TUPAYACHI	CONSULTOR CAD -GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



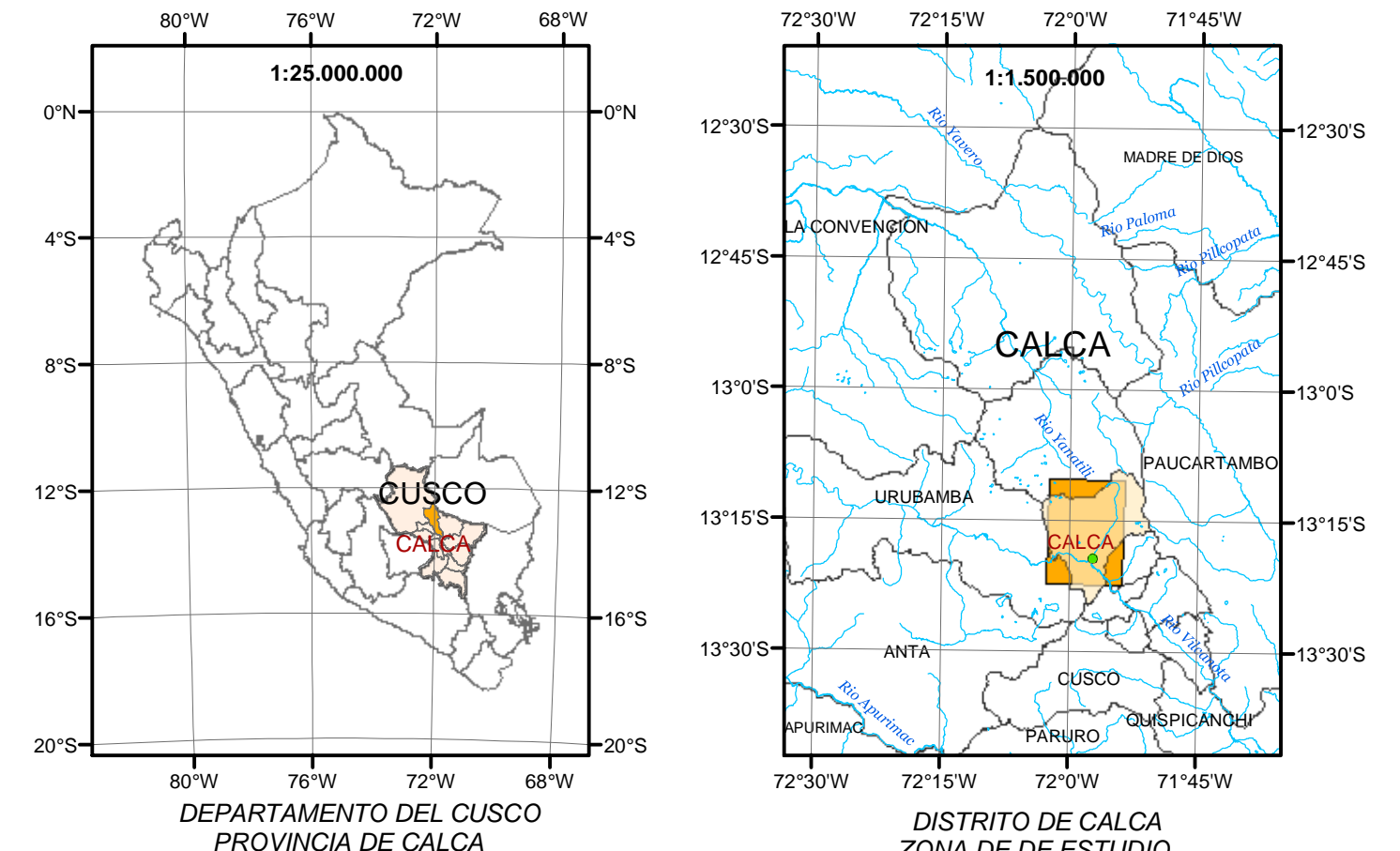


FUENTE:  
 CARTAS 27N, ESCALA 1:100000 IGN  
 CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 DEL PETT.  
 27°-I-SE 27°-II-NE  
 27°-IV-SD 27°-III-ND  
 CATASTRO DE CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA



LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>	DESPLAZAMIENTO ACTIVO
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	DESPLAZAMIENTO ANTIGUO
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span>	CARCAVA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	CONO ALUVIAL
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightcoral; border:1px solid black;"></span>	EROSION DE CAUCE

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



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
**INDECI**

PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

ESTUDIO  
**MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAO,  
 CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO**

CIUDAD  
**CALCA**

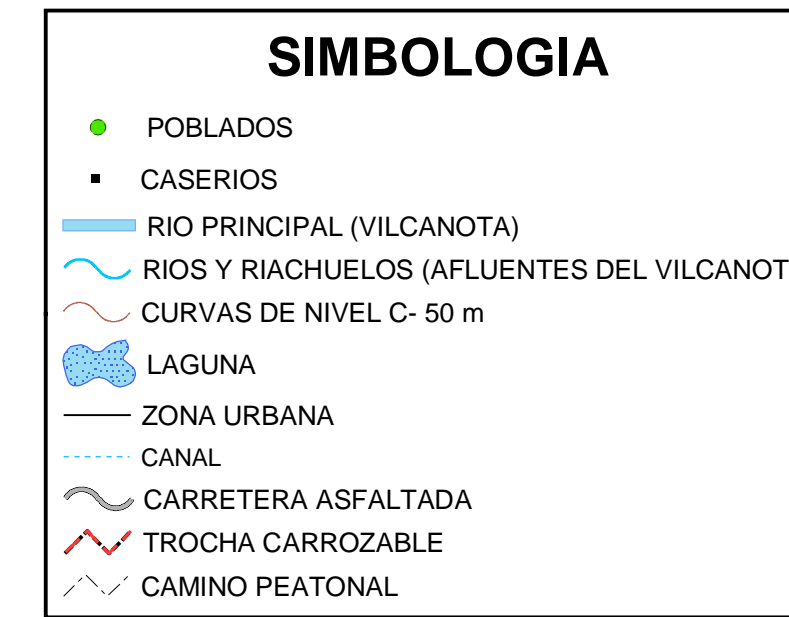
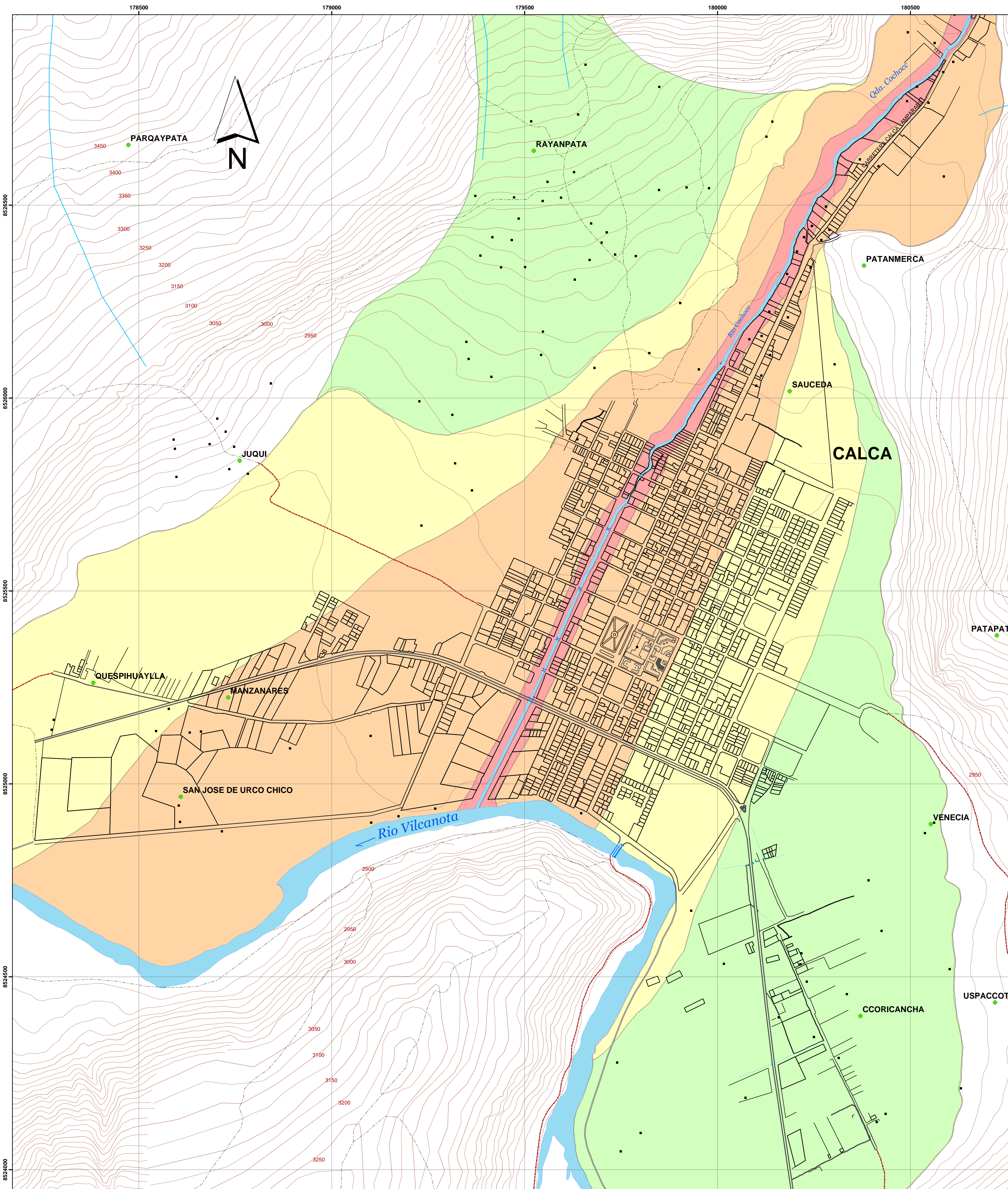
MAPA  
**GEODINAMICO**

UBICACION  
**DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA**

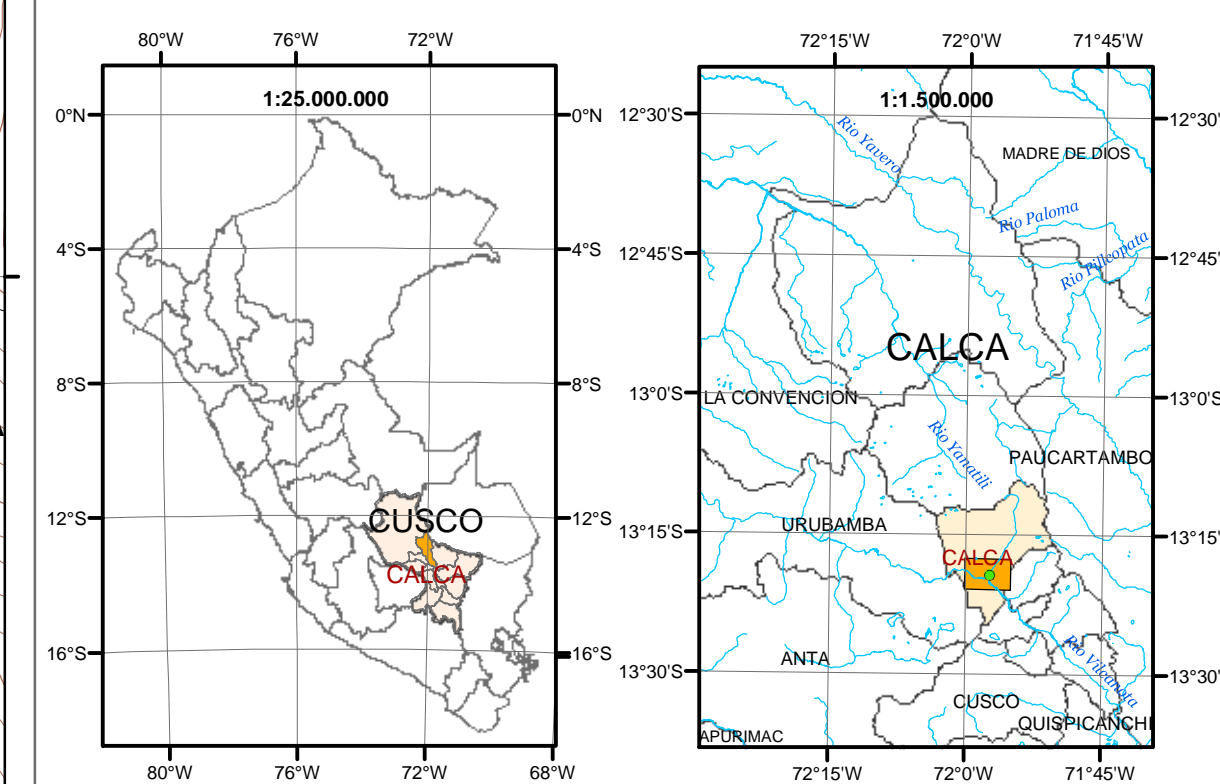
DATUM  
**WGS84 UTM ZONA 19S**

ESCALA 1:25.000	FECHA: JULIO DEL 2005	MAPA NRO.
CONSULTOR GEOLOGIA ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD-GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	<b>06</b>





1:5.000



FUENTE  
 CARTAS 27S ESCALA 1:100000 - IGN  
 CARTAS MINISTERIO DE AGRICULTURA ESCALA 1:10 000  
 CARTAS DIGITALIZADAS 27-38II-103 27-58V-30 (FORMATO SHAPE) ESCALA 1:25 000  
 CATASTRO CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
 INDECI**

PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

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

CIUDAD  
**CALCA**  
 MAPA  
**ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION**

UBICACION  
 DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA

DATUM  
 WGS84 UTM ZONA 19S

ESCALA  
 1:5.000

FECHA :  
 JULIO DEL 2005

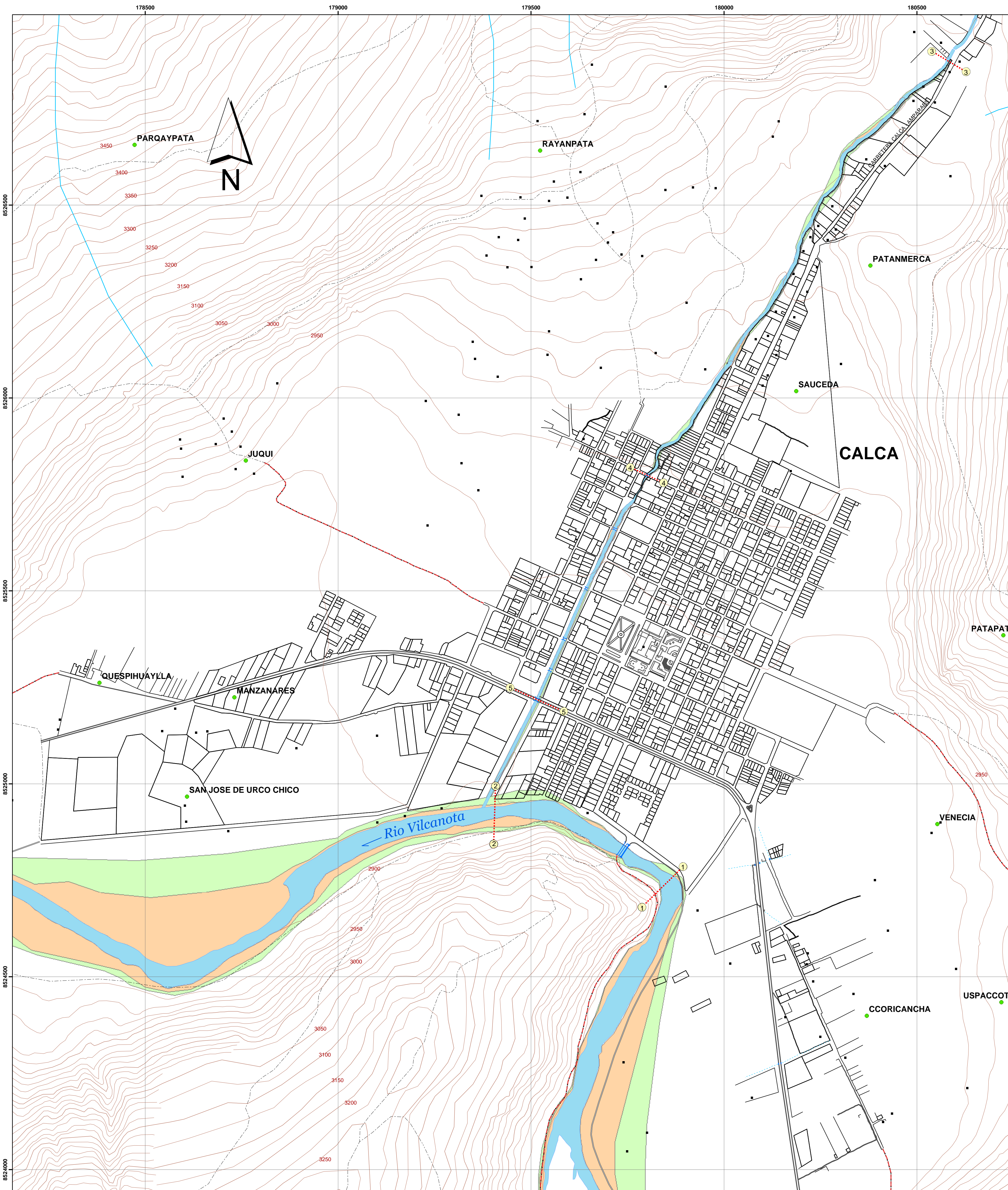
MAPA NRO.

CONSULTOR GEOLOGIA  
 ING. VICTOR CARLOTTO  
 CAILLAUX

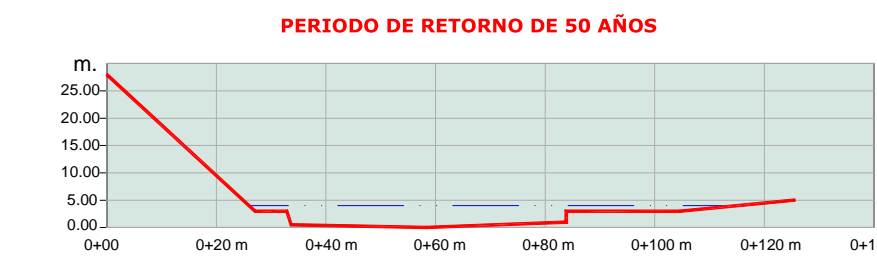
CONSULTOR CAD -GIS  
 ING. HECTOR ACURIO  
 CRUZ

**07**

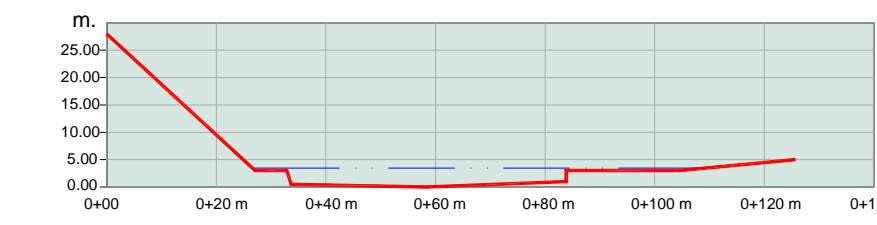




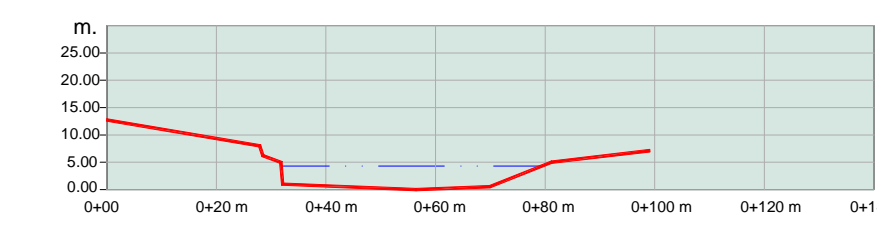
**PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO VILCANOTA AGUAS ARRIBA PUENTE MINAMOCO (SECCION 1 - 1)**



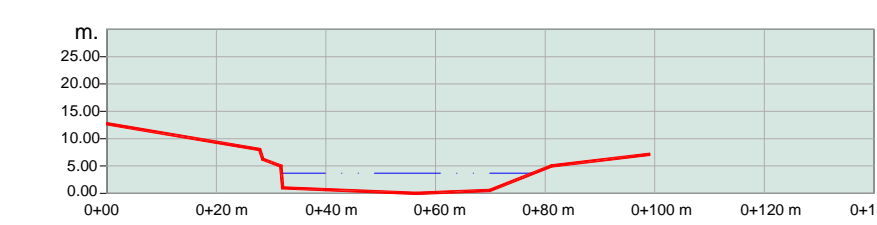
**PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**



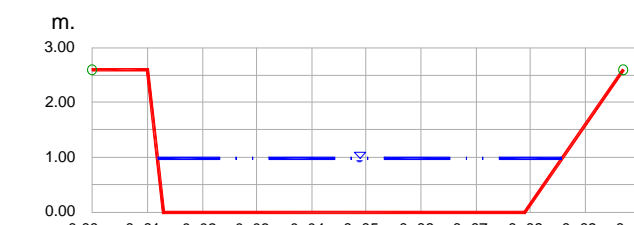
**PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO VILCANOTA AGUAS ABAJO PUENTE MINAMOCO (SECCION 2 - 2)**



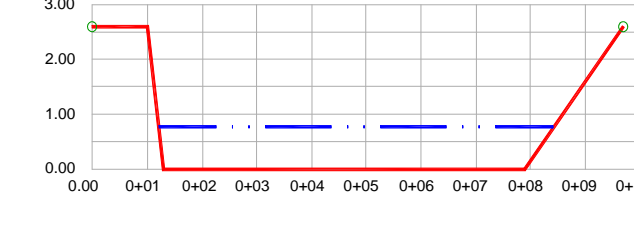
**PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**



**PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO COCHOC A LA ENTRADA DE LA CIUDAD DE CALCA. (SECCION 3 - 3)**



**PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**



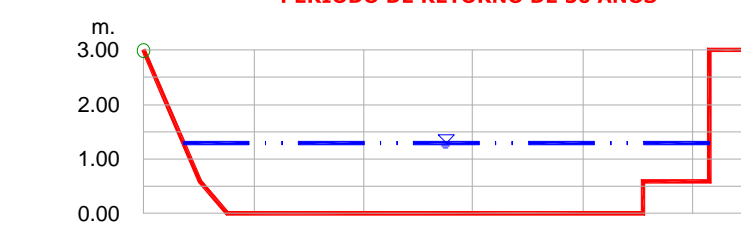
**PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO COCHOC A LA ALTURA DE LA CALLE INCLAN (SECCION 4 - 4)**



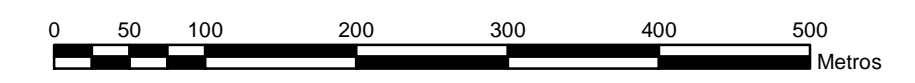
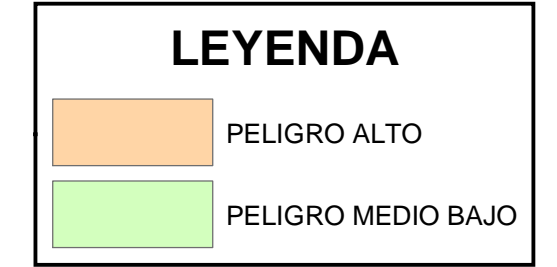
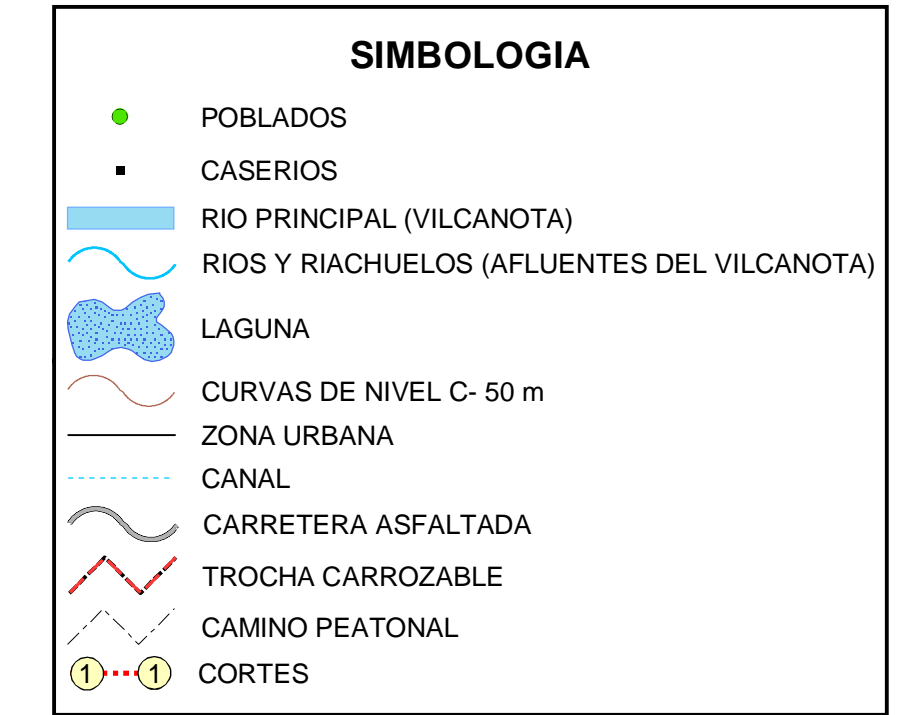
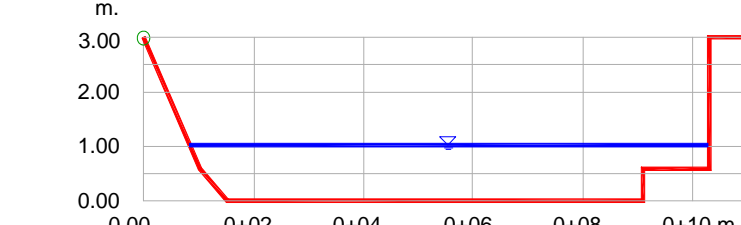
**PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**



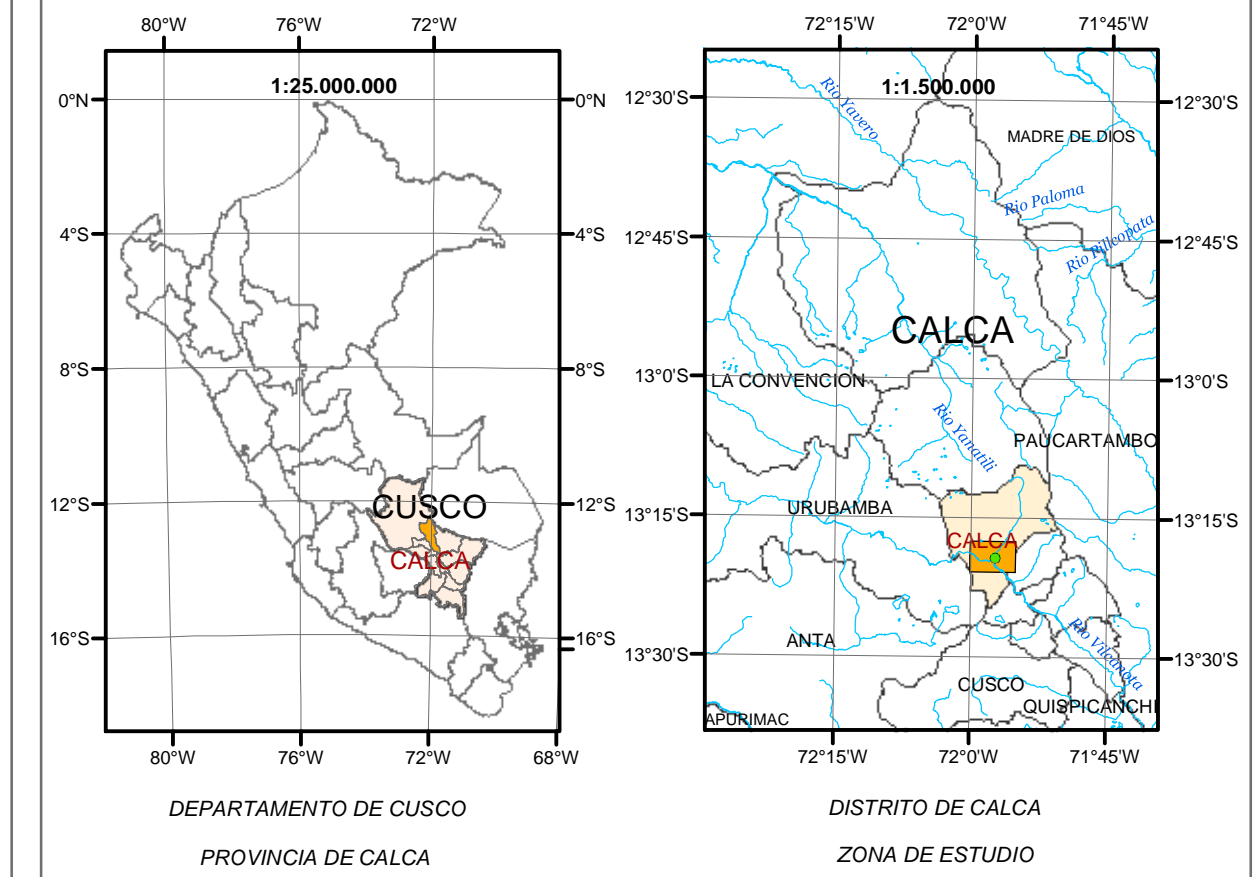
**PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO COCHOC ALTURA DE LA AV. VILCANOTA. (SECCION 5 - 5)**



**PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**



1:5.000



FUENTE  
 CARTAS 275 ESCALA 1:100000 - IGN  
 CARTAS MINISTERIO DE AGRICULTURA ESCALA 1:10 000  
 CARTAS DIGITALIZADAS 27-388-NO 27-58V-50 (FORMATO SHAPE) ESCALA 1:25 000  
 CATASTRO CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
 INDECI**

PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**

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

CIUDAD  
**CALCA**

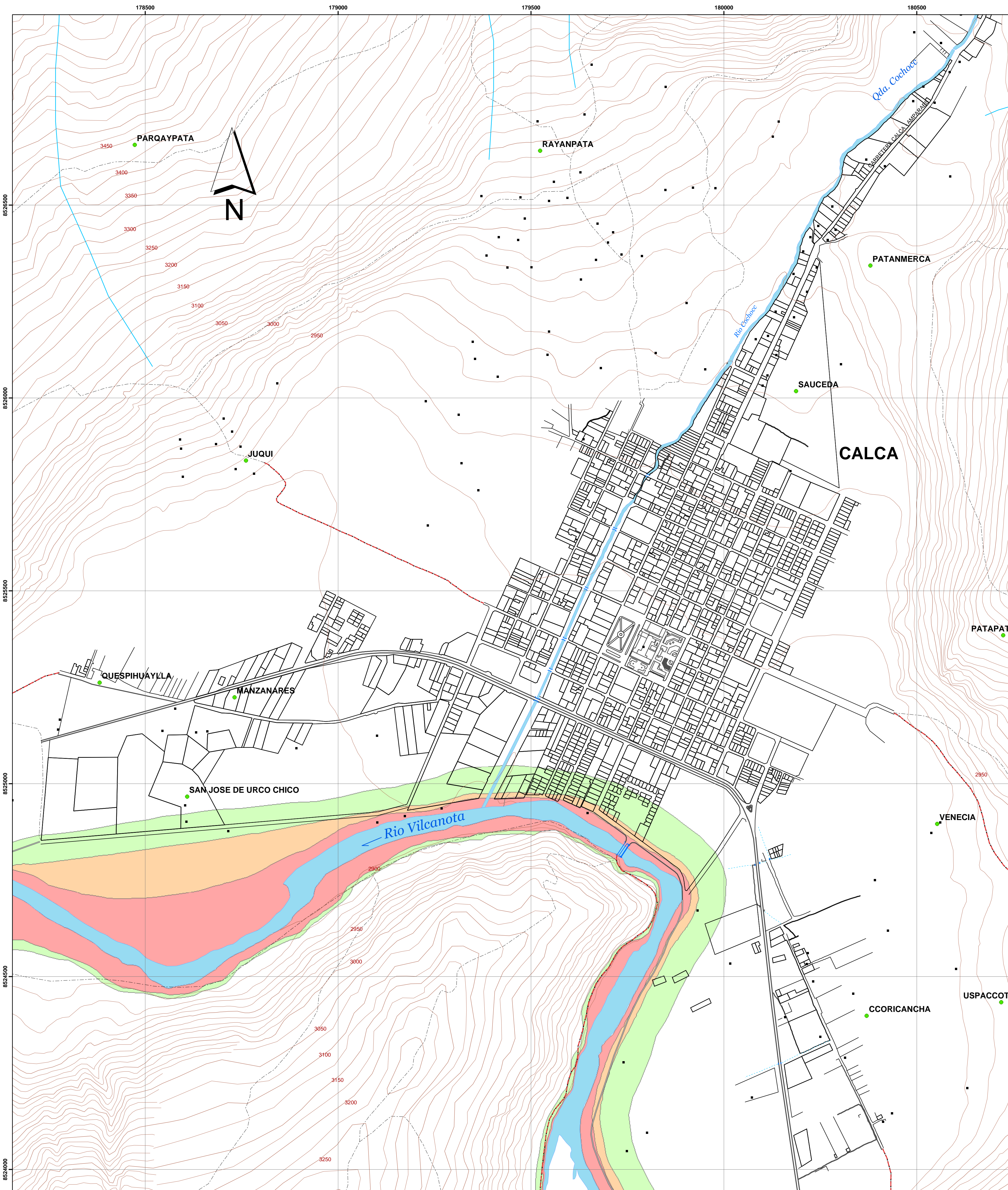
MAPA  
**ZONIFICACION DE PELIGRO  
 POR INUNDACION**

UBICACION  
**DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA**

DATUM  
**WGS84 UTM ZONA 19S**

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





**SIMBOLOGIA**

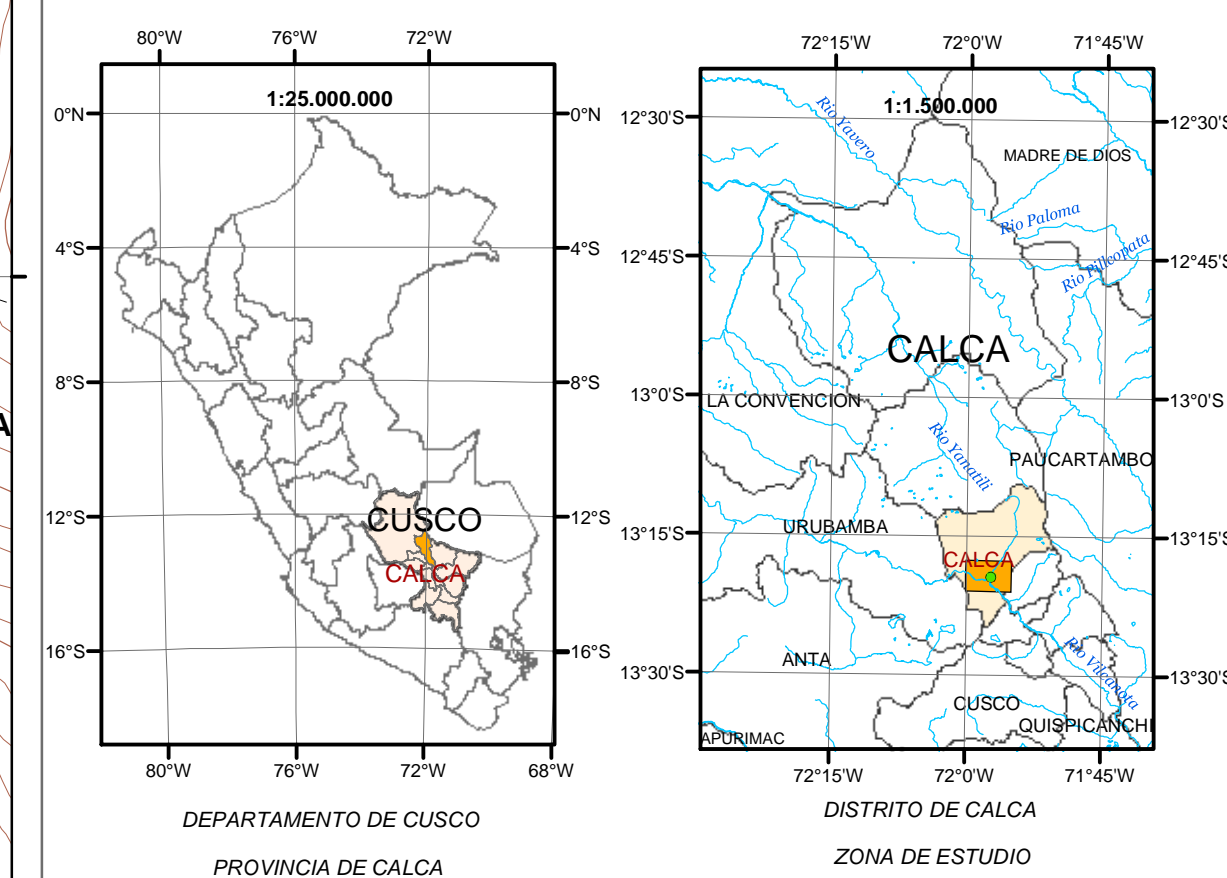
- POBLADOS
- CASERIOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C- 50 m
- LAGUNA
- ZONA URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINO PEATONAL

**LEYENDA**

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



1:5.000



FUENTE  
 CARTAS 27S ESCALA 1:100000 - IGN  
 CARTAS MINISTERIO DE AGRICULTURA ESCALA 1:10.000  
 CARTAS DIGITALIZADAS 27-30II-103 27-5IV-50 (FORMATO SHAPE) ESCALA 1:25.000  
 CATASTRO CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL  
INDECI**

PROYECTO  
INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

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

CIUDAD  
**CALCA**

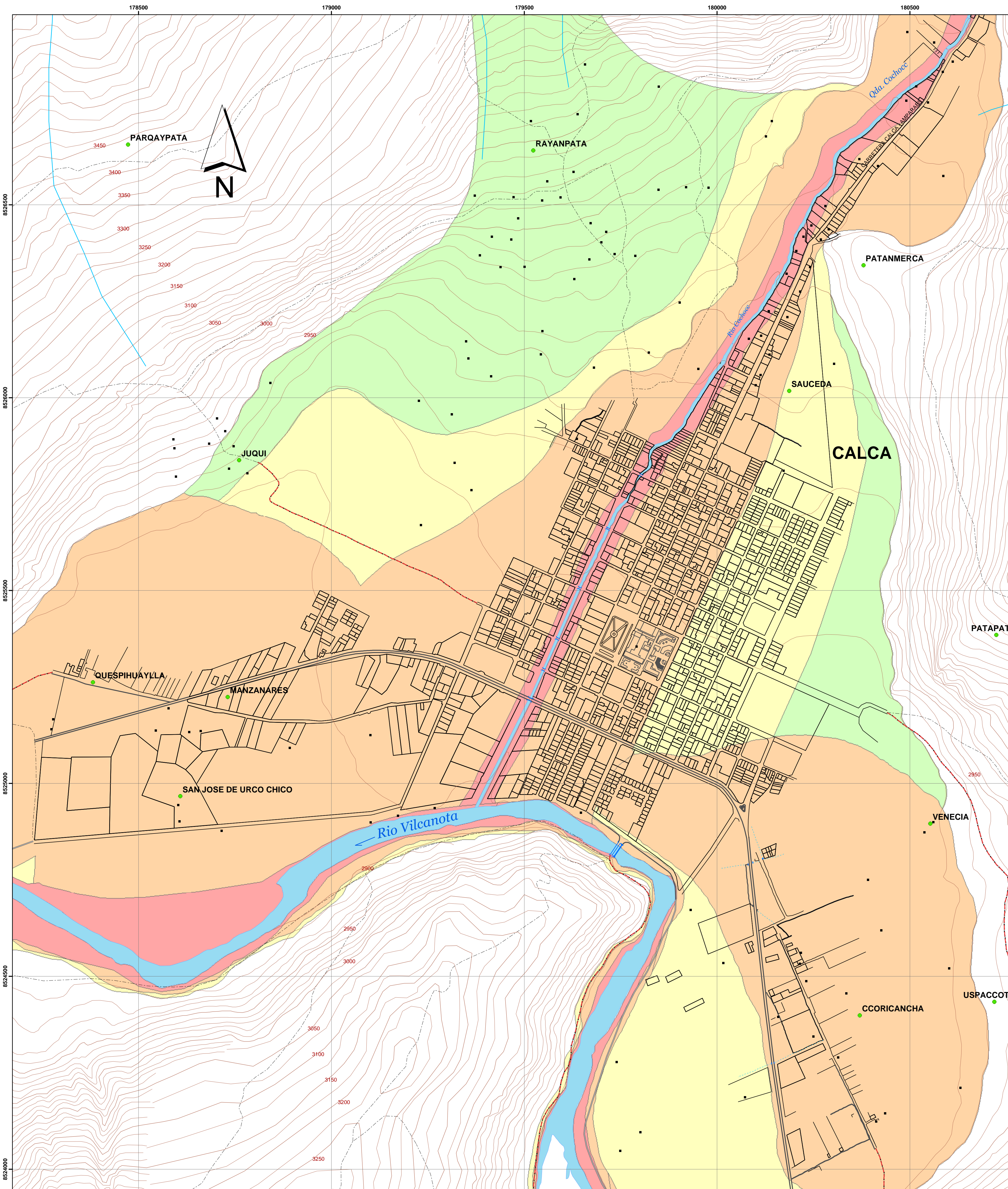
MAPA  
**ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO  
POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA**

UBICACION  
DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
DIST.: CALCA

DATUM  
WGS84 UTM ZONA 19S

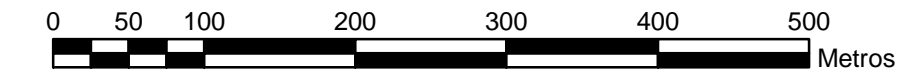
ESCALA 1:5.000	FECHA: JULIO DEL 2005	MAPA NRO. <b>09</b>
CONSULTOR GEOLOGIA ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD -GIS ING. HECTOR ACURIO CRUZ	



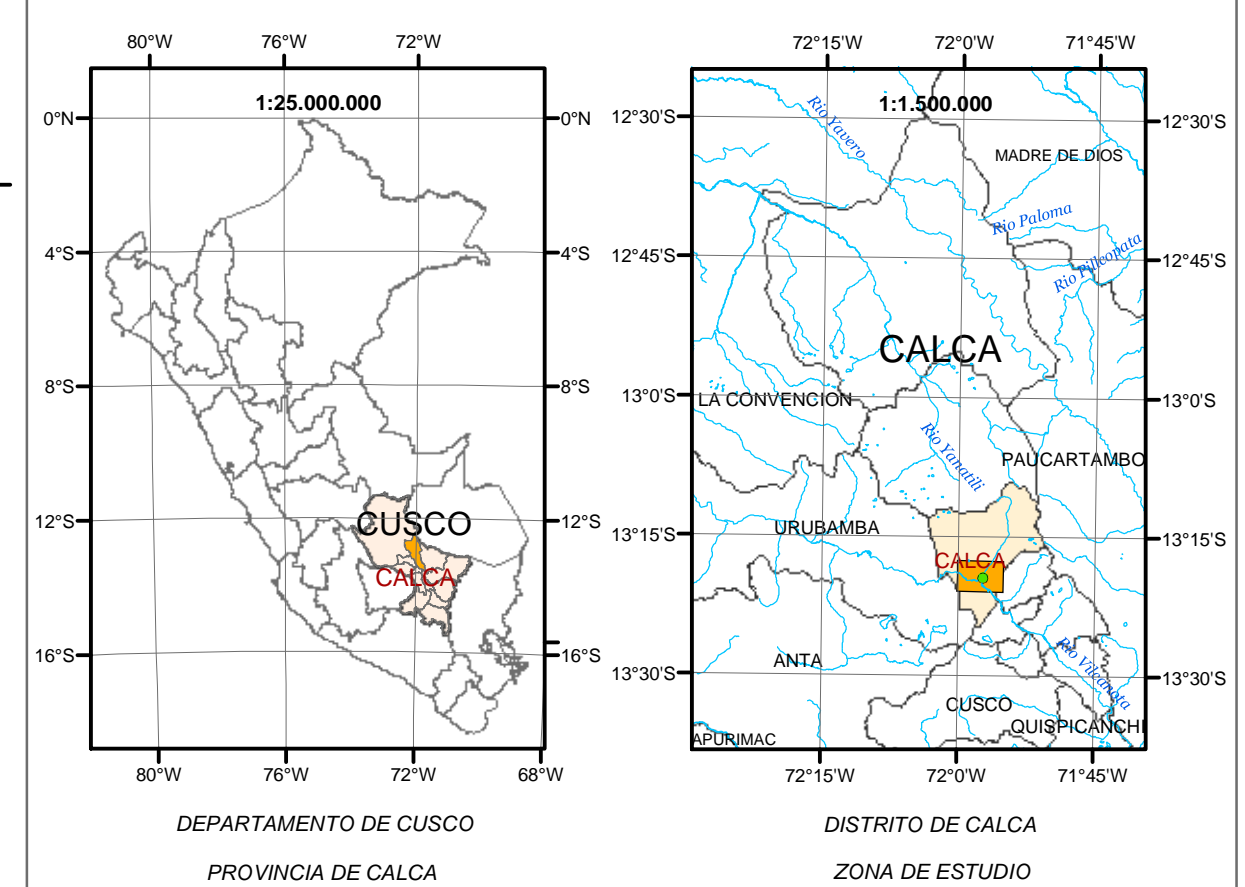


- SIMBOLOGIA**
- POBLADOS
  - CASERIOS
  - RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
  - RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
  - CURVAS DE NIVEL C- 50 m
  - LAGUNA
  - ZONA URBANA
  - CANAL
  - CARRETERA ASFALTADA
  - TROCHA CARROZABLE
  - CAMINO PEATONAL

- LEYENDA**
- PELIGRO MUY ALTO
  - PELIGRO ALTO
  - PELIGRO MEDIO
  - PELIGRO MEDIO A BAJO



1:5.000



FUENTE  
 CARTAS 27S ESCALA 1:100000 - IGN  
 CARTAS MINISTERIO DE AGRICULTURA ESCALA 1:10.000  
 CARTAS DIGITALIZADAS 27-SIII-NO 27-SIV-SO (FORMATO SHAPE) ESCALA 1:25.000  
 CATASTRO CALCA - MUNICIPALIDAD DE CALCA

**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
**INDECI**  
 PROYECTO  
**INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES**  
 ESTUDIO  
**MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO**  
 CIUDAD  
**CALCA**  
 MAPA  
**ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES**  
 UBICACION  
 DPTO.: CUSCO. PROV.: CALCA  
 DIST.: CALCA  
 DATUM  
 WGS84 UTM ZONA 19S

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



**ANEXO N° 01:**  
**HIDROLOGIA**

**ANEXO N° 02:**  
**UBICACIÓN DE CALICATAS Y**  
**AUSCULTACIONES**



**ANEXO N° 03:**  
**FICHAS DE RESULTADOS DE**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO Y**  
**CAMPO**

**ANEXO N° 04:**  
**PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL**  
**SUELO**

**ANEXO N° 05:**  
**CALCULOS DE LA CAPACIDAD**  
**PORTANTE ADMISIBLE DE**  
**CIMENTACIONES**

**ANEXO N° 06:**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-  
geodinámico



**Foto 1: Cárcava activa C-1 en la quebrada Ancahuachana. El aluvión del 2003 destruyó su encauzamiento.**



**Foto 2: Terrenos de cultivos afectados por el aluvión del año 2003. Actualmente se está protegiendo el cauce con bloques de rocas.**



**Foto 3: Vivienda afectada por el aluvión del 2003, en la margen izquierda del río Cochoc.**



**Foto 4: Deslizamiento activo Zona D, con escarpas recientes, que confirman su reactivación.**



**Foto 5: Cárcava activa D-3, ubicado encima del deslizamiento de Zona D.**



**Foto 6: Vista panorámica del deslizamiento activo Zona E, encima de la escarpa se sitúa un canal de irrigación, y por debajo se observan los diferentes deslizamientos activos y en algunos casos forestados para su estabilización.**







**Foto 7: Cono aluvial Zona A, cuyo material es utilizado como lastre.**



**Foto 8: Vista panorámica del deslizamiento Zona F.**



**Foto 9: Vista panorámica del deslizamiento F-1.**



**Foto 10: Presencia de agrietamientos en la cabecera del deslizamiento F-2.**



**Foto 11: Canal de irrigación denominado Canal Inca con diferentes tipos de conducción debido a los constantes problemas geodinámicos en la parte alta del sector Accha baja.**





**Foto 12: Deslizamientos locales ocasionados por desfogue del denominado Canal Inca.**



**Foto 13: Deslizamientos activos en la base del deslizamiento F-2-2, producto de erosión del río Cochoc en su margen derecha en el sector de Accha Baja.**



**Foto14: Cárcava Zona 1 en vías de reactivación, mostrando además en el extremo inferior izquierda los cortes de talud por la presencia de una cantera.**



**Foto 15: Quebrada Querapuquio, donde se producen anualmente derrumbes y deslizamientos.**



**Foto 16: Vista panorámica de la ciudad de Calca emplazado sobre el cono aluvial Cochoc.**



**Foto 17: Cauce del río Cochoc muy estrecho con peligro muy alto frente a aluviones e inundaciones (entrada de la ciudad de Calca).**





**Foto 18: Cauce del río Cochoc con invasión de la faja marginal, mostrando además muros de protección provisionales.**



**Foto 19: Encauzamiento del río Cochoc (avenida Ucayali) entre las avenidas San Martín y Vilcanota, sin mantenimiento de su cauce.**



**Foto 20: puente sobre el río Cochoc en la intersección con la avenida Simón Bolívar.**



**Foto 21: Cauce del río Vilcanota, mostrando sus márgenes con gravas después de ser explotadas las arenas.**



**Foto 22: Tramo final del encauzamiento del río Cochoc, mostrando además parte del encauzamiento del río Vilcanota.**



**Foto 23: Margen izquierda del río Vilcanota, con peligro muy alto frente a inundaciones.**





**Foto 24: Encauzamiento del río Vilcanota en el sector de Chimpacalca.**



**Foto 25: Muro de protección provisional construido por los propietarios de la vivienda que no reúne condiciones necesarias para su protección.**

## Fotos del desarrollo de los trabajos geotécnicos



## Fotos del desarrollo de los trabajos hidrológicos