ESTUDIO:

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE URUBAMBA

INFORME FINAL

PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI

PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES

DIRECTOR NACIONAL

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

PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051
CIUDADES SOSTENIBLES

Director Nacional de Proyectos Especiales

ALFREDO ATKINGS

Asesor Técnico Principal

JULIO KUROIWA HORIUCHI

Asesor

ALFREDO PEREZ GALLENO

Responsable del Proyecto

ALFREDO ZERGA OCAÑA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI

EQUIPO TECNICO CONSULTOR

Coordinador – Responsable del Estudio
Especialista en Geología
VICTOR CARLOTTO CAILLAUX

Especialista en Hidrología
SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ

Especialista en Geotecnia
AMERICO MONTAÑEZ TUPAYACHI

Especialista en CAD-GIS
HECTOR ACURIO CRUZ

Colaboradores
JOSE CARDENAS ROQUE

CONTENIDO

PAG

RESUMEN

CAPITULO I: GENERALIDADES

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

CAPITULO II: ETAPAS DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1. GENERALIDADES..... 04
2.2. ETAPA DE RECOPILACION 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

CAPITULO III: ESTUDIOS BASICOS

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 URUBAMBA-VILCANOTA
3.2.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL
3.2.2.1. UNIDAD DE LADERAS
1. LADERAS DE PENDIENTE SUAVE
a) Piso de valle de las quebradas Chicón y Pumahuanca
b) Conos aluviales Chicón y Pumahuanca
2. LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA
3.2.2.2. UNIDAD DE QUEBRADAS Y RIOS
1. QUEBRADA CHICON
2. QUEBRADA PUMAHUANCA
3. VALLE URUBAMBA-VILCANOTA
3.3. GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 11
3.3.1. ESTRATIGRAFIA
3.3.1.1. FORMACION SAN JOSE (Om-sj)
3.3.1.2. FORMACION PAUCARTAMBO (SD-p)
3.3.1.3. GRUPO COPACABANA (Pi-c)
3.3.1.4. GRUPO MITU (PmTi-m)
3.3.1.5. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)
3.3.1.6. GRUPO YUNCAYPATA
1. FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Ki-pb)
2. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)
3. FORMACIÓN PUQUÍN (Ks-pu)
3.3.1.7. FORMACIONES QUILQUE-CHILCA (Pp-qc)
1. FORMACION QUILQUE
2. FORMACION CHILCA
3.3.1.8. GRUPO SAN JERONIMO (Peo-sj)
3.3.1.9. FORMACION CHINCHEROS: Plioceno (Np-cc)
3.3.1.10. CUATERNARIO
1. FORMACION RUMICOLCA (Q-ru)
2. FORMACION SAN SEBASTIAN (Q-sa)
3. DEPÓSITOS GLACIARIOS (Q-g)
4. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)
5. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)

6. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)
3.3.2. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS (P-gr)
3.3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL
3.4. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 18
3.4.1. UBICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO.
3.4.2. RIO VILCANOTA
3.4.3. IDENTIFICACION DE LAS SUB-CUENCAS
3.4.3.1. SUB - CUENCA DEL RIO CHICÓN
1. RIO CHICON
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMORFOLÓGICAS
3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CHICÓN
4. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA
5. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL
6. ZONAS DE PELIGRO DE DESBORDAMIENTO (INUNDACION)
7. EROSIÓN Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
3.4.3.2. SUB - CUENCA DEL RIO PUMAHUANCA
1. RÍO PUMAHUANCA
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMORFOLÓGICAS
3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS - CUENCA DEL PUMAHUANCA
4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL
5. ZONAS DE PELIGRO DE DESBORDAMIENTO
6. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA CUENCA DEL PUMAHUANCA
3.5. GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO..... 32
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
3.5.5. CLASIFICACION DE SUELOS (ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA)
3.5.6 PAUTAS TECNICAS DE CONSTRUCCION

CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE URUBAMBA

4.1. MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICOS..... 40
4.1.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICO
4.1.1.1. DESLIZAMIENTOS
4.1.1.2. ALUVIONES
4.1.1.3. CARCAVAS
4.1.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO
4.1.2.1. CONOS ALUVIALES CHICON Y PUMAHUANCA
4.1.2.2. PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO DE LAS QUEBRADAS CHICON Y PUMAHUANCA
1. QUEBRADA CHICON
a) Parte Alta
b) Parta Media y Baja
1.1. MARGEN DERECHA DEL RIO CHICON
a) Zona de conos aluviales CA
b) Zona de deslizamientos DA
c) Zona Car Chi
1.2. MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CHICON
a) Zona de conos aluviales CB
b) Zona de deslizamientos DB
2. QUEBRADA PUMAHUANCA
a) Parte alta
b) Parte baja

2.1. MARGEN DERECHA DEL RIO PUMAHUANCA
a) Zona de conos aluviales CC
b) Zona de deslizamientos DC
c) Zona Car Pu
2.2. MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PUMAHUANCA
a) Zona de deslizamientos DD
b) Zona de conos aluviales CD
4.1.2.3. DESLIZAMIENTOS ACTIVOS EN URUBAMBA: MARGEN IZQUIERDA DEL RIO VILCANOTA
a) Zona de deslizamientos DE
b) Zona de cárcavas Car Ya
4.1.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO
4.1.3.1. ZONIFICACIÓN POR PELIGRO DE ALUVIÓN DE LA CIUDAD DE URUBAMBA
1. ALUVION CHICON
2. ALUVION PUMAHUANCA
4.2. MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS..... 54
4.2.1. FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO
4.2.1.1. INUNDACIONES
4.2.2. EVALUACION DE PELIGROS CLIMATICOS
4.2.3. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS CLIMATICOS
4.2.3.1. ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION
4.2.3.2. ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA
4.3. MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS..... 57
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..... 59
4.4.1. ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

MAPAS

MAPA Nº 01: UBICACIÓN
MAPA Nº 02: GEOLOGICO
MAPA Nº 03: CUENCA HIDROLOGICA QUEBRADAS CHICON Y PUMAHUANCA
MAPA Nº 04: CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS
MAPA Nº 05: CLASIFICACION DE SUELOS
MAPA Nº 06: GEODINAMICO
MAPA Nº 07: ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION
MAPA Nº 08: ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION
MAPA Nº 09: ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION - RIO VILCANOTA
MAPA Nº 10: ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

ANEXOS

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

RESUMEN

El presente Informe ha sido realizado dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles – Mapa de Peligros de las Ciudades de Pisaq, Calca, Urubamba y Ollantaytambo.

Este informe corresponde a la ciudad de Urubamba que se halla ubicada en el distrito de Urubamba, provincia de Urubamba y departamento del Cusco, donde 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 región de Urubamba se encuentra formada por unidades geológicas de origen sedimentario (conglomerados, areniscas, lutitas, yesos, y calizas), volcánico, metamórfico (esquistos y pizarras), e intrusivo, cuyas edades oscilan entre el Paleozoico Inferior (Siluriano) y Cuaternario. Esta última se encuentra cubriendo las unidades antiguas y se componen de depósitos coluviales, aluviales y fluviales.

La ciudad de Urubamba se encuentra sobre los conos aluviales de los ríos Chicón y Pumahuanca, en la desembocadura al Vilcanota. El río Tullumayo que es la prolongación del Chicón se halla canalizado y en parte cubierto.

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, para lo cual se ha seguido una metodología.

De los estudios geológicos-geodinámicos se desprende que en la zona de estudio se ha identificado que los nevados Chicón y Pumahuanca son posibles zonas a producir aludes con la formación de aluviones que puede afectar la ciudad de Urubamba.

Los estudios hidrológicos indican que las cuencas por ser relativamente pequeñas no aportarían gran cantidad de aguas que podrían provocar desbordamientos en la ciudad para un período de retorno de 50 años, ya que no habría un volumen suficiente para ocasionar inundaciones.

La canalización en el río Tullumayo es suficiente para soportar caudales de un período de retorno de 10 años (19.5 m^3/seg), pero con caudales extraordinarios de 50 años (26.2 m^3/seg) se registrarían muy ligeras inundaciones en las calles adyacentes.

Se han identificado otros peligros de deslizamientos activos de la margen izquierda aguas abajo del río Vilcanota, particularmente en la carretera de acceso a Urubamba, así como el cerro Yahuarmaqui. En este último caso no se descarta un posible represamiento ligado a la reactivación del deslizamiento, sin embargo, la magnitud seria mucho menor respecto al ocurrido en 1678.

Los fenómenos de origen geotécnico de mayor incidencia en el área de estudio son: Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante), cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad, perdida de resistencia mecánica por lixiviación y agresión química del suelo al concreto. Otros fenómenos tales como colapsabilidad de los suelos, licuefacción de los suelos, pérdida de capacidad portante por presencia de nivel freático, hinchamiento de los

suelos, congelamiento de los suelos y formación de oquedades en el suelo; no se producen debido a las características propias de los suelos del área de estudio

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 Urubamba y alrededores, se ha preparado el mapa de zonificación de peligros múltiples, donde resalta los peligros climáticos asociados a los peligros climático-geológicos.

Zona de Peligro Muy Alto
Corresponde a una franja muy delgada cercana a los ríos Chicón y Pumahuanca y sobre todo a los bordes del río Vilcanota que serían inundadas por crecidas extraordinarios con periodos de retorno de 50 años y 100 años.

Zona de Peligro Alto
Las áreas corresponden a gran parte de la ciudad de Urubamba y se considera áreas de peligro alto a inundaciones y aluviones en caso de activarse deslizamientos en los nevados Chicón y Pumahuanca, donde se observa gran cantidad de material morrénico. Este peligro está condicionado a factores sísmicos o climáticos extremos.

Igualmente, las zonas de peligro alto están reconocidas en los bordes del río Urubamba donde hay evidencia geológica de desbordamientos antiguos, así como la zona de Qotohuincho, donde si bien la capacidad portante del suelo da valores aceptables, sin embargo, las condiciones geológicas y la presencia de yesos la hace una zona de peligro para las construcciones (cimentaciones).

Zona de Peligro Medio
Principalmente son áreas cercanas al cauce principal de un aluvión, y zonas con suelos cuya capacidad de carga son regulares a malas.

Zona de Peligro Medio a Bajo
Son aquellas que presentan buenas características mecánicas de los suelos y son pocos o nada propensos a inundaciones y aluviones.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Los antecedentes de estudios sobre seguridad física de la ciudad de Urubamba son escasos. Poco ha sido desarrollado por las entidades competentes con respecto a la seguridad física de la ciudad de Urubamba, salvo trabajos académicos aislados muy puntuales relacionados a la problemática geodinámica de las principales quebradas (Chicón, Pumahuanca, y Vilcanota), así como la determinación de parámetros geotécnicos realizados por tesistas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

La actual situación referente al conocimiento de los peligros físicos que amenazan las áreas urbanas y de expansión urbana de la ciudad de Urubamba, 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 Urubamba.

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 Urubamba 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 URUBAMBA**.

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 Urubamba (áreas urbanas y de expansión urbana); así como las características, geológicas-geodinámicas, e hidrológicas de las quebradas Chicón, Pumahuanca y del río Vilcanota, así como de las características geotécnicas de los suelos de la ciudad de Urubamba.

- 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 Urubamba 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 Urubamba, que comprende también las quebradas Chicón y Pumahuanca, ha sido desarrollada 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 Urubamba 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 Urubamba.

En la etapa de investigaciones de campo, se han colectado "in situ" toda la información de detalle referidas a geología, geodinámica, 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; 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 : Urubamba
Distrito : Urubamba
Provincia : Urubamba
Departamento : Cusco

Presenta la siguiente ubicación:

Coordenada UTM Norte : De 8'524,000 a 8'540,000 m.
Coordenada UTM Este : De 808,000 a 820,000 m.

Altitud : Para la ciudad de Urubamba se tiene una media de 2850 m.s.n.m. Sin embargo las cumbres del Pumahuanca y Chicón donde nacen las quebradas del mismo nombre pasan los 5000 m.s.n.m.

El área de estudio abarca la quebrada Chicón, Pumahuanca, la zona urbana de Urubamba y alrededores, considerados como probable zona de expansión urbanística de la ciudad de Urubamba.

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

1.5. ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN

El acceso a la ciudad de Urubamba, se realiza mediante la carretera principal asfaltada Cusco-Pisac-Calca-Urubamba; con un recorrido aproximado de 65 Km y un tiempo aproximado de viaje en camioneta de una hora 15 minutos. También se puede acceder, mediante la carretera principal asfaltada Cusco-Chinchero-Urubamba; con un recorrido aproximado de 60 Km y un tiempo de viaje de 1 hora.

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

El acceso hacia las quebradas Chicón y Pumahuanca, se puede realizar mediante la carretera secundaria sin asfaltado que se inicia en la ciudad de Urubamba hacia las comunidades ubicadas al Norte y 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 Urubamba y alrededores pertenecen principalmente a la región Quechua y las partes altas de la región Suni y Puna.

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

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

En la región Puna (4000 y 4800 m.s.n.m.), el clima es frígido, con una temperatura media anual superior a 0 ºC e inferior a 7 ºC. La precipitación fluctúa entre 400 y 100 mm al año. La vegetación está compuesta de pajonales, ocsha, ichu, berro, totora, llacho, los bofedales, arbustos de culli, árboles como la titánica, junco y cunco. Los productos alimenticios son la papa, cebada, maca.

CAPITULO II

ETAPAS DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1. GENERALIDADES

El estudio denominado **"MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE URUBAMBA"**, 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, geodinámicos, geotécnicos e hidrológicos, que permitieron desarrollar los estudios básicos correspondientes.

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

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

2.2. ETAPA DE RECOPILACION DE INFORMACION EXISTENTE

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

Para el Estudio Geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín Nº 65 Serie A: Carta Geológica Nacional - INGEMMET (Hojas 27r y 27s). Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R.; y Vallenas, V. (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).
- Deslizamientos en el valle del río Urubamba. Revista Universitaria Nº 131 UNSAAC. Kalafatovich, C. (1977).

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, geodinámico, geotecnia, e hidrología, se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo:

En el estudio geológico se han desarrollado las siguientes actividades:

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

En el Estudio Geotécnico se han desarrollado las siguientes actividades:

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

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

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

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

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

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

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

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

- Densidad natural "in situ" según norma ASTM D1556

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

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

Consiste en la 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 Urubamba 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 liquido	ASTM D 423
Límite plástico	ASTM D 424
Contenido de Humedad	ASTM D 2216
Clasificación de suelos (SUCS)	ASTM D 2487

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

2.5. ETAPA DE GABINETE

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

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 calculo de la capacidad portante o presión admisible del suelo de apoyo, la presencia del nivel freático y el análisis de licuación de suelos.

CAPITULO III

ESTUDIOS BASICOS

3.1. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO

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

- Carta Nacional de los Cuadrángulos de Urubamba y Calca (hojas 27r y 27s) a escala 1:100,000.
- 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 1:10,000 proporcionados por la Municipalidad Provincial de Urubamba.
- Mapas topográficos a escala 1:10,000 efectuados por el PETT-Proyecto Vilcanota (Ministerio de Agricultura). Estos mapas han sido utilizados en las zonas de interés donde no se tiene información catastral previa, como es el caso específico de las áreas de expansión y del río Vilcanota.
- Mapas topográficos a escala 1:25,000 ejecutados por el PETT-Ministerio de Agricultura. Estos mapas han sido utilizados para el estudio geológico-geodinámico de las quebradas Chicón y Pumahuanca.

3.2. GEOMORFOLOGIA

3.2.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona de Urubamba y alrededores se localiza en el borde Suroeste de la Cordillera Oriental y el límite con el Altiplano. El río Vilcanota corta la Cordillera Oriental desarrollando, en la margen derecha, un relieve abrupto, en tanto en la margen izquierda es menos accidentada pero desarrollando fenómenos de deslizamientos.

3.2.1.1. CORDILLERA ORIENTAL

Urubamba se localiza en el límite Altiplanicies-Cordillera Oriental, sin embargo, las montañas y nevados al Norte de la ciudad se localizan en plena Cordillera Oriental. En efecto, los nevados Chicón (5530 m.s.n.m.) y Pumahuancca (5330 m.s.n.m.) forman las crestas más altas que rodean Urubamba y le dan un paisaje natural sorprendente. Sin embargo estos dos nevados tienen, aguas abajo, dos quebradas principales denominadas igualmente Chicón y Pumahuanca y en cuyas desembocaduras forman dos conos aluviales donde se ubica la ciudad de Urubamba. Estos dos conos aluviales se han formado por diferentes aluviones, cuyo origen seguramente están en relación al retroceso de los glaciares de los nevados, cambios climáticos y sismos.

Las rocas que afloran en la Cordillera Oriental de la zona de estudio son metamórficas del Paleozoico inferior, rocas vulcano-sedimentarias del Grupo Mitu (Permo-Triásico), e igualmente rocas de edad Meso-Cenozoicas y depósitos cuaternarios.

3.2.1.2. VALLE DEL URUBAMBA-VILCANOTA

Considerado como un valle interandino que tiene una dirección preferencial NOO-SEE. El valle en la zona de estudio se halla a una altitud de 2850 a 2750 m.s.n.m. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas. Sin embargo en la vertiente Suroeste se aprecian varios deslizamientos, sobresaliendo el del cerro Yahuarmaqui que el año 1678 represó el río Vilcanota. La vertiente Noreste es también moderada pero según nos acercamos a los nevados de Pumahuanca y Chicón el relieve se hace abrupto.

Las quebradas Pumahuanca y Chicón forman dos conos contiguos que desembocan en el río Vilcanota en su margen derecha. Es aquí donde se emplaza la ciudad de Urubamba.

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 de menor categoría.

A nivel local la ciudad de Urubamba se encuentra mayormente sobre depósitos aluviales y depósitos fluviales. El piso de los valles Chicón y Pumahuanca están compuestos por depósitos fluviales desarrollados sobre depósitos aluviales antiguos.

La ciudad de Urubamba y el piso de los valles Chicón y Pumahuanca están cortados por los ríos 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 sedimentarias, volcánicas, e intrusivas 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 Urubamba 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 las quebradas Chicón y Pumahuanca

A esta sub-unidad corresponde la llanura aluvial y fluvial (piso de valle) de las quebradas Chicón y Pumahuanca, 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 de los ríos Chicón y Pumahuanca se sitúan muchos asentamientos humanos y terrenos de cultivos, entre los principales usos del suelo.

Los materiales de estos conos, proceden de la parte alta de las quebradas donde afloran principalmente areniscas de la Formación Huancané, areniscas de las formaciones Paucarbamba, Puquín, Quilque-Chilca, areniscas calcáreas y lutitas del Grupo Yuncaypata,

areniscas del Grupo San Jerónimo, granitos Permo-triásicos, pizarras, volcánicos del Grupo Mitu y esquistos de la Formación Paucartambo.

El intemperismo está 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 los conos aluviales mayores de Urubamba (Chicón y Pumahuanca).

b) Conos aluviales Chicón y Pumahuanca

Los ríos Chicón y Pumahuanca son afluentes del río Vilcanota en su margen derecha. En la desembocadura de estas quebradas, sobre depósitos de varios conos aluviales se emplaza la ciudad de Urubamba, así como las zonas de expansión y terrenos agrícolas.

Esta sub-unidad comprende toda el área del cono aluvial Urubamba (Chicón y Pumahuanca), que se debe a la construcción de varios aluviones procedentes de las quebradas Chicón y Pumahuanca, 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 Urubamba y la mayoría de nuevas expansiones urbanas.

Se extiende desde la cota aproximada de 2850 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 2900 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 Urubamba.

Es importante mencionar que en la margen izquierda del río Chicón-Tullumayo se encuentran restos arqueológicos incas donde se encuentra el Palacio de Wayna Capac que esta conformada por recintos y andenerías que están en actual restauración por parte del Instituto Nacional de Cultura (INC).

2. LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA

Esta sub-unidad se extiende desde la cota promedio 2900 m.s.n.m. hasta los vértices de los cerros que rodean la ciudad, cuya altitud sobrepasa los 4000 m.s.n.m.

Al Norte de la ciudad de Urubamba el relieve de esta sub-unidad es bastante empinada. A esta unidad también corresponden las laderas de las quebradas Chicón y Pumahuanca, con uso parcial del suelo como terrenos de cultivo y áreas de pastaje. En las laderas abruptas afloran rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas muy fracturadas, sobre las cuales se han desarrollado depósitos coluviales pertenecientes a deslizamientos, derrumbes, y conos que por la presencia de aguas se vuelven inestables.

Las laderas de esta sub-unidad, no son convenientes para asentamientos urbanos por los peligros que presentan.

3.2.2.2. UNIDAD DE QUEBRADAS Y RIOS

1. QUEBRADA CHICÓN

Esta quebrada tiene una longitud de aproximada de 10.17 Km. y una pendiente promedio aproximada de 16 %. Se inicia por la confluencia de dos quebradas provenientes del nevado Chicón y lagunas glaciares. En su recorrido se pueden reconocer la comunidad de Chicón y sitios como Cancha (Lambranpuquio, Rejaspunco), Buena Vista, el Pino Huillca Esquina, San Isidro, Sancuchayoc.

A lo largo de la quebrada Chicón, se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos y recientes, cárcavas, conos aluviales, derrumbes y erosión local de márgenes del río Chicón.

2. QUEBRADA PUMAHUANCA

La quebrada Pumahuanca tiene una longitud de aproximada de 11.51 Km y una pendiente promedio aproximada de 14 %. Esta quebrada se inicia por la confluencia de dos quebradas Sutoc y Pumahuanca, que se inician en el nevado del mismo nombre. En su recorrido se pueden reconocer los sitios denominados Jajapunco y Pumahuanca (Ahuanmanca).

A lo largo de la quebrada Pumahuanca, se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos y recientes, cárcavas, conos aluviales, derrumbes y erosión local de sus márgenes.

3. VALLE URUBAMBA-VILCANOTA

El río Vilcanota es el colector principal de la gran cuenca hidrográfica del mismo nombre. Forma el valle con piso de valle amplio y laderas empinadas donde se observan algunos deslizamientos. Los conos aluviales sobre la que se sitúa la ciudad de Urubamba, han rellenado el cauce del río Vilcanota, sin embargo, hacia Yucay y Huayllabamba, el valle es mas amplio y plana correspondiendo a terrazas fluviales con poco desnivel al río.

Se observa también que en el paso del río Vilcanota por la ciudad de Urubamba, solo parte de la margen derecha del río se encuentra encauzada 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 Urubamba así como las quebradas Chicón y Pumahuanca y alrededores, tipificando sus características litológicas y estructurales.

3.3.1. ESTRATIGRAFIA

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

3.3.1.1. FORMACION SAN JOSE (Om-sj)

En la zona de estudio aflora al Noroeste de la ciudad de Urubamba y se extiende hacia Huilloc en la quebrada Patacancha.

La Formación San José se divide en 3 secuencias: La secuencia inferior (350 metros), está conformada por cuarcitas finas, rojizas, verdes y grises, seguida por pizarras micáceas y esquistos de estaurolita, de color verde o negro, y se termina por cuarcitas grises intercaladas con pizarras. La secuencia intermedia (450 metros) se compone de lutitas bandeadas, que pasan gradualmente a niveles de lutitas negras. Finalmente, afloran básicamente pizarras negras o filitas (400 metros). Las secuencias inferior e intermedia, lateralmente se hacen más finas. Estas secuencias se hallan fuertemente plegadas, lo que explica un aparente espesor mayor de la formación. El origen de los sedimentos es marino poco profundo.

Por la presencia de graptolitos de diversas especies se le atribuye una edad Arenigiana a Llanvirniana (Ordovícico).

3.3.1.2. FORMACION PAUCARTAMBO (SD-p)

Aflora al Norte de Urubamba en el cerro Tarucacancha, debido a fallas inversas que saca al Paleozoico sobre el intrusivo Pérmo-Triásico y areniscas cretácicas de la Formación Huancané. Se trata de una secuencia bastante uniforme de pizarras y esquistos marinos, sin estratificación visible, intercalados con escasos bancos pequeños de cuarcitas. Su espesor aproximado es de 300 metros y su edad del Siluro-Devoniano.

Desde el punto de vista mecánico estas rocas son poco consistentes, con permeabilidad débil y principalmente con peligro de deslizamientos en zonas de pendientes fuertes.

3.3.1.3. GRUPO COPACABANA (Pi-c)

El Grupo Copacabana (Newell et al, 1949) aflora al Oeste de la ciudad de Urubamba en el cerro Esjomojo, en contacto de falla inversa con la Formación Maras y Grupo Mitu.

El Grupo Copacabana está compuesto principalmente por calizas y lutitas de origen marino. Las calizas son de varios tipos, de grano fino, oolíticas o nodulosas, de color gris blanquecino a negro. Estas rocas se caracterizan por presentar fósiles silicificados de fusulinas, braquiópodos, corales, etc. Las lutitas son negras y carbonosas, conteniendo restos de plantas.

En el Anticlinal de Vilcanota, este grupo tiene un espesor de 600 a 700 metros. A este grupo se le asigna una edad Pérmico inferior.

3.3.1.4. GRUPO MITU (PmTi-m)

El Grupo Mitu aflora al Noroeste de la ciudad de Urubamba, especialmente en la quebrada Pumahuanca y en menor proporción en la quebrada Chicón, así como en ambas 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 "concho

de vino" 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 al 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.

3.3.1.5. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)

La Formación Huancané reposa en discordancia erosional o en débil discordancia angular sobre el Grupo Mitu. Aflora al Norte de la ciudad de Urubamba en las quebradas Chicón y Pumahuanca. En todos los afloramientos se pone en contacto por falla inversa con el Grupo Mitu y la Formación Paucartambo.

Al Norte del nevado Chicón, la Formación Huancané es mucho menos potente y sobreyace a rocas intrusivas del macizo de Urubamba. Sus afloramientos constituyen un nivel guía en el cartografiado tanto por el color (pardo blanquecino), así como formar acantilados. El espesor es pequeño y varía entre 30 y 150 metros. La edad asignada para esta unidad es el 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.

3.3.1.6. GRUPO YUNCAYPATA

El Grupo Yuncaypata aflora al Norte y Sur de la ciudad de Urubamba, muy especialmente en la margen izquierda del río Vilcanota y quebrada Chicón. 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 (Chávez, 1995; Carlotto, 1996), 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. Aflora solamente en la quebrada Chicón.

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 hasta los 200 metros. Se le asigna una edad comprendida entre el Aptiano superior-Albiano inferior.

2. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)

Sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba. Aflora al Norte de la ciudad de Urubamba (entre las quebradas Chicón y Pumahuanca), y muy ampliamente en la margen izquierda del río Vilcanota. 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 (Cretácico medio).

Desde el punto de vista de la mecánica de rocas y estabilidad de taludes, estas son mediocres y propensas a desarrollar deslizamientos, tal como se presentan al Sur de la ciudad de Urubamba, en la margen izquierda del río Vilcanota. En efecto, son notorios los deslizamientos que afectan la pista de acceso a Urubamba, y es histórico el deslizamiento del cerro Yahuarmaqui.

3. FORMACIÓN PUQUÍN (Ks-pu)

La Formación Puquín (Carlotto et al 1991; Carlotto, 1992) sobreyace a la Formación Ayavacas. Aflora solamente al Norte de la ciudad de Urubamba en la quebrada Chicón.

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

3.3.1.7. FORMACIONES 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 Norte de Urubamba en la quebrada Chicón, 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. Los bancos areno-conglomerádicos presentan laminaciones oblicuas curvas. La presencia de carofitas de la especie *Nitellopsis supraplana*. (Carlotto et al, 1992; Jaillard et al, 1994), indicaría una edad Paleocena inferior. Son rocas con mala calidad mecánica y propensa a desarrollar deslizamientos.

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. Se halla 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 con más de 100 metros de espesor, está constituida por lutitas rojas con láminas 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).

3.3.1.8. GRUPO SAN JERONIMO (Peo-sj)

El Grupo San Jerónimo aflora ampliamente al Norte de la ciudad de Urubamba y se extiende hacia el Este. 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 Urubamba, el Grupo San Jerónimo se ha cartografiado bajo un sólo conjunto que corresponde a las formaciones Kayra y Soncco, que están principalmente constituidas por areniscas feldespáticas intercaladas con limolitas 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.

3.3.1.9. FORMACION CHINCHEROS: Plioceno (Np-cc)

La Formación Chincheros (Cabrera, 1988), está formada por secuencias fluvio torrenciales y reposa sobre una topografía diferenciada y en discordancia angular sobre el Grupo Yuncaypata. Esta formación presenta un espesor variable con un máximo de 200 metros. Estos depósitos se han identificado al Sur de la ciudad de Urubamba.

La Formación Chincheros por su composición litológica y color es a veces confundida, con un conjunto caótico bastante deformado del Grupo Yuncaypata. Está constituida de brechas que tienen una matriz arcillo-arenosa. En general, los diferentes elementos clásticos que componen la Formación Chincheros provienen de la erosión del Grupo Yuncaypata, es decir calizas, yesos y lutitas de diferentes colores.

Se le asigna una edad Neógena posiblemente Miocena o Pliocena. Sin embargo, la evolución estratigráfica muestra que esta formación sería sobre todo Pliocena.

3.3.1.10. CUATERNARIO

1. FORMACION RUMICOLCA (Q-ru)

Dos pequeños cuerpos volcánicos afloran al Sureste del poblado de Maras.

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

2. FORMACION SAN SEBASTIAN (Q-sa)

La Formación San Sebastián (Gregory, 1916), se ha reconocido en la Pampa de Maras. Estas presentan una superficie bastante plana sobreyaciendo a la Formación Maras.

Esta unidad está caracterizada por formar dos secuencias (Cabrera, 1988): la primera grano decreciente, está constituída por secuencias de areniscas fluviales de canales entrelazados deltaicos, y lutitas lacustres o palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. La segunda grano creciente, está compuesta por conglomerados y areniscas de conos-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca.

Por los fósiles de vertebrados, se le asigna una edad Pleistocena inferior para la Formación San Sebastián.

3. DEPÓSITOS GLACIARIOS (Q-g)

Los depósitos glaciarios (morrenas), se ubican al pie de la cadena de los nevados de Pumahuanca y Chicón, en plena Cordillera Oriental. Se han cartografiado las morrenas de mayores dimensiones.

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, como puede ser el caso de algunas zonas en el Pumahuanca y Chicón.

Kalafatovich (1956) hace una descripción de la glaciación pleistocénica del Norte de Urubamba, basado en el estudio de las quebradas Yucay, Chicón, Pumahuanca y Yanahuara, las que son definidas desde el punto de vista fisiográfico como "quebradas de glaciación" por que han sido modelados por la acción erosiva de los antiguos glaciares pleistocenos, habiendo quedado las impresiones en las rocas *in situ* y en el modelado topográfico de dichas quebradas.

En Urubamba, los glaciares colgantes de la zona cordillerana tienen su límite inferior a altitudes que oscilan entre 4800 y 3200 metros. Todos ellos enclavados en pequeños circos glaciarios alargados o restos de lenguas glaciarias.

4. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Dentro de estos depósitos se consideran los conos aluviales y de deyección. En la zona de estudio se han identificado los mayores conos aluviales Chicón y Pumahuanca sobre la cuales se emplaza la ciudad de Urubamba y zonas aledañas.

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

Los conos aluviales están conformados por grandes bloques de granitos, cuarcitas, rocas volcánicas, etc., envueltos por 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.

5. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo del valle particularmente del Urubamba así como en las quebradas Chicón y Pumahuanca.

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

Sobre los depósitos fluviales de los valles Chicón, Pumahuanca y Vilcanota se ubican muchos asentamientos humanos, terrenos agropecuarios, y caminos vehiculares-peatonales.

6. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)

Son depósitos originados por la descomposición in situ de las rocas y por la gravedad. Estos depósitos se reconocen en las laderas de pendiente fuerte de los cerros circundantes a la ciudad de Urubamba así como en las laderas de las quebradas Chicón y Pumahuanca.

Estos depósitos están compuestos de gravas en una matriz limo-arcillosa. Las clastos son de volcánicos, areniscas, calizas y yesos.

Dentro de estos depósitos también se consideran los depósitos de deslizamientos que se observan en las laderas de las quebradas Chicón, Pumahuanca, todas muy antiguas y mayormente estables. Otros depósitos de mayor importancia se observan en los cerros Jaboncilluyoc y Yahuarmaqui ubicados en la margen izquierda del río Vilcanota. Los afloramientos en esta margen se componen de yesos y lutitas pertenecientes a la Formación Maras que se han deslizado o se vienen deslizando actualmente. Entre los deslizamientos activos resalta el del cerro Yahuarmaqui que en 1678 se activo provocando un represamiento y que actualmente sus restos deslizados se encuentran en la margen derecha del río Vilcanota en el lugar denominado Qotoorqo o Qotohuincho. Los deslizamientos del cerro Jaboncilluyoc afectan constantemente la pista de acceso Cusco-Urubamba y mucho más en época de lluvias.

3.3.2. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS (P-gr)

A 5 Km. al Norte de la ciudad de Urubamba, entre los nevados Chicón y Capacsaya aflora el macizo intrusivo de Urubamba (**MAPA Nº 2**), que está compuesto por granitos y cuarzosienitas, observándose vetas de cuarzo, diques de aplitas y cuarzodioritas.

Su forma es algo globular, ligeramente ONO-ESE, con una superficie de 83 Km^2. En forma general intruye a los volcánicos del Grupo Mitu, formando una aureola débil de metamorfismo de contacto. Su borde Sur está, en parte, afectado por un cabalgamiento de edad Terciaria. Su borde Noreste se halla parcialmente cubierto en discordancia erosional por

la Formación Huancané (Cretácico Inferior). Este cuerpo intrusivo aporta sus materiales de erosión hacia las quebradas Chicón y Pumahuanca.

Desde el punto de vista geomecánico los granitos se hallan fracturados y en parte intemperizados. Esto ha facilitado el trabajo de los glaciares generando morrenas.

3.3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona de estudio morfo-estructuralmente se halla al límite Altiplano-Cordillera Oriental que corresponde a una estructura fallada que delimita la Formación Maras con el Grupo Mitu o el Grupo San Jerónimo. Esta falla tiene una dirección NO-SE. Hacia la vertiente Noreste del valle se tiene cabalgamientos que hacen repetir las series mesozoicas y sacan el paleozoico al afloramiento. Estas fallan han podido controlar el emplazamiento del cuerpo intrusivo Urubamba. Hacia la vertiente Suroeste resalta el cuerpo diapírico de Maras compuesto por yesos y lutitas de la formación del mismo nombre. Este diapiro parece estar activo pues en su borde Norte, es decir el que da al río Vilcanota, desarrolla deslizamientos activos (**MAPA Nº 2**).

3.4. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.4.1. UBICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La ciudad de Urubamba, capital de la provincia del mismo nombre se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad del Cusco a 60 Km de distancia por la vía asfalta.

Urubamba está situada en la margen derecha del río Vilcanota y a una altitud media de 2875 m.s.n.m., formando parte del denominado Valle Sagrado de los Incas.

Está comprendida entre las coordenadas 72º 07’ y 72º 08º longitud Oeste y entre las coordenadas 13º 18’ y 13º 19’ latitud Sur.

La población de Urubamba en los últimos 20 años, ha experimentado un incremento demográfico acelerado, debido al aumento del flujo turístico, lo cual se aprecia por la construcción de hostales, alojamientos y restaurantes, así como nuevas viviendas, centros educativos, centros de abasto y habilitación de nuevas calles y avenidas, las mismas que han ido desplazando las antiguas áreas de uso agrícola. Esta nueva realidad ha traído consigo problemas de contaminación, impacto ambiental, y de seguridad frente a eventos naturales, sobre todo por las edificaciones levantadas en las proximidades del río Vilcanota, así como la ocupación de áreas a lo largo de las quebradas Chicón y Pumahuanca, dentro de las cuales se tienen viviendas.

Las principales vías que enlazan Urubamba con el resto del país son: la carretera asfaltada Cusco-Calca-Urubamba y la carretera asfaltada Cusco-Chinchero-Urubamba, que conforman el circuito denominado Valle Sagrado de los Incas. Una segunda vía es a través del ramal Huambutío-Pisac-Urubamba, que se interconecta con la carretera Cusco-Sicuani.

3.4.2. RIO VILCANOTA

Las aguas del Vilcanota en este tramo presentan un régimen torrencial, sobre todo en temporadas de lluvia y de acuerdo a los mapas de peligros los desbordes probablemente alcanzarían áreas urbanizadas en margen derecha del sector denominado La Florida. Aguas abajo en el sector del centro vacacional no se han levantado edificaciones. El ancho del cauce varía entre 80 y 95 metros.

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

Método	Período de retorno (años)			
	10	25	50	100
Gumbel	528.28	603.50	660.20	716.90
Nash	380.96	464.55	526.97	589.25
Lebediev	446.65	501.84	536.37	571.93

3.4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS SUB - CUENCAS

Del análisis hidrológico, se tiene que la ciudad de Urubamba se encuentra enmarcada dentro de la cuenca del río Vilcanota, siendo la principal sub-cuenca la del río Chicón (Tullumayo) que nace de los deshielos del nevado Chicón y que discurre por la quebrada del mismo nombre. Las aguas del río Chicón (Tullumayo) drenan en el río Vilcanota.

Una segunda sub-cuenca constituye la de Pumahuanca, que aunque su canal principal de drenaje discurre por una zona casi fuera de la ciudad de Urubamba, sin embargo, al ritmo de crecimiento que en la actualidad presenta la ciudad, se prevé que este río, atravesará sectores urbanos y su estudio es importante desde el punto de vista hidrológico y porque las crecidas pueden afectar a las futuras construcciones asentadas en las proximidades de esta área.

En el **MAPA Nº 03** se observa los limites de la cuenca hidrológica de las quebradas Pumahuanca y Chicón.

3.4.3.1. SUB - CUENCA DEL RIO CHICÓN

Esta sub cuenca del Chicón se extiende en una dirección Norte 35° Este, y abarca un área de **37.38 Km^2**, siendo su cauce principal el río Chicón. La cuenca tiene una forma alargada y se encuentra rodeado lateralmente por los cerros Sayhua y Tantanmarca. En la cabecera se encuentra el nevado Chicón (5500 m.s.n.m). El talweg se presenta con una zona abierta donde se ubica la ciudad de Urubamba, luego la quebrada se estrecha manteniendo una amplitud de 80 a 100 metros y una pendiente ligera de 8%, cuyas áreas presentan una cobertura vegetal de buena densidad, consistente en bosques con especies nativas (k´euñas, chachacomo) y árboles de regular tamaño (cedros, eucaliptos), algunos sembríos de maíz y papa, así mismo pequeños pastizales.

A partir de los 4000 m.s.n.m., la pendiente es pronunciada (25%) y la vegetación consiste en arbustos y plantas nativas de menor tamaño, a partir de los 4500 m.s.n.m, la cobertura vegetal es pobre y partir de los 5000 m.s.n.m. tan sólo se aprecia roquedales y farallones con nieve perpetua.

La cuenca del río Chicón de acuerdo a la clasificación del Dr. L.R. Holdrige, se encuentra comprendida entre los pisos altitudinales:

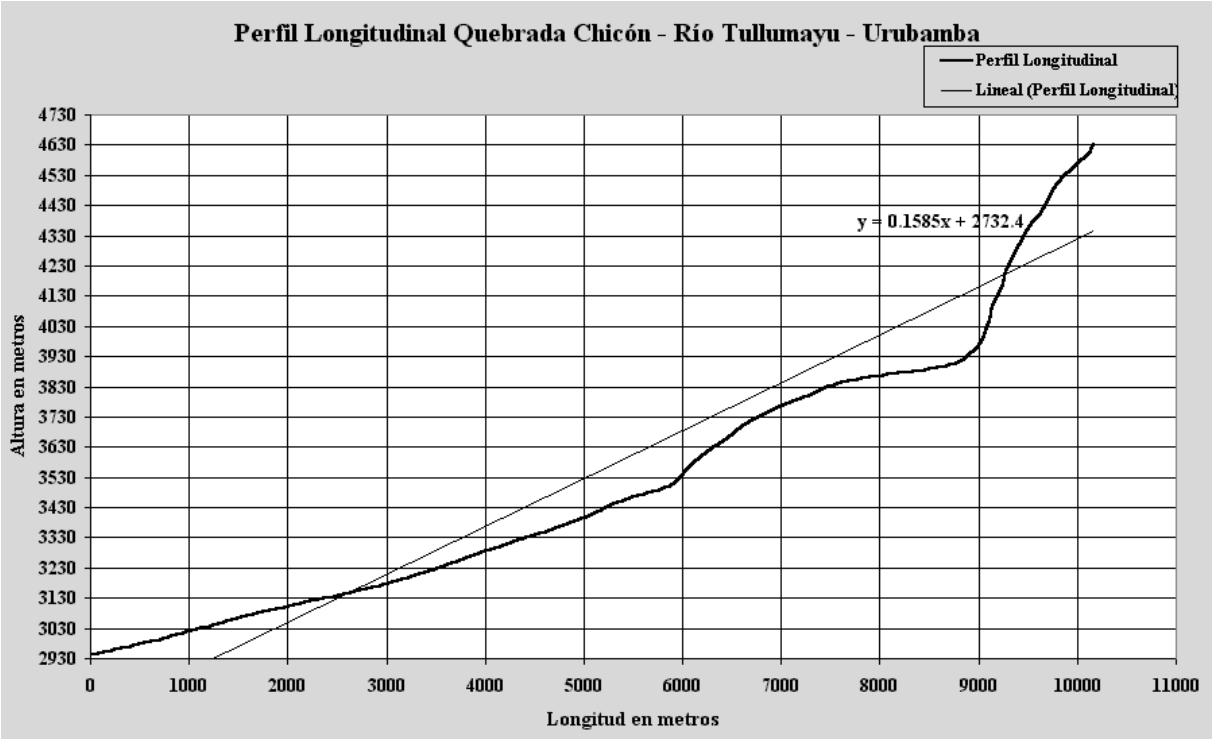
- Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT).
- Páramo muy Húmedo Sub-Alpino Tropical (Pmh-sat).
- Páramo Pluvial Sub-Alpino Tropical (Pp-Sat)

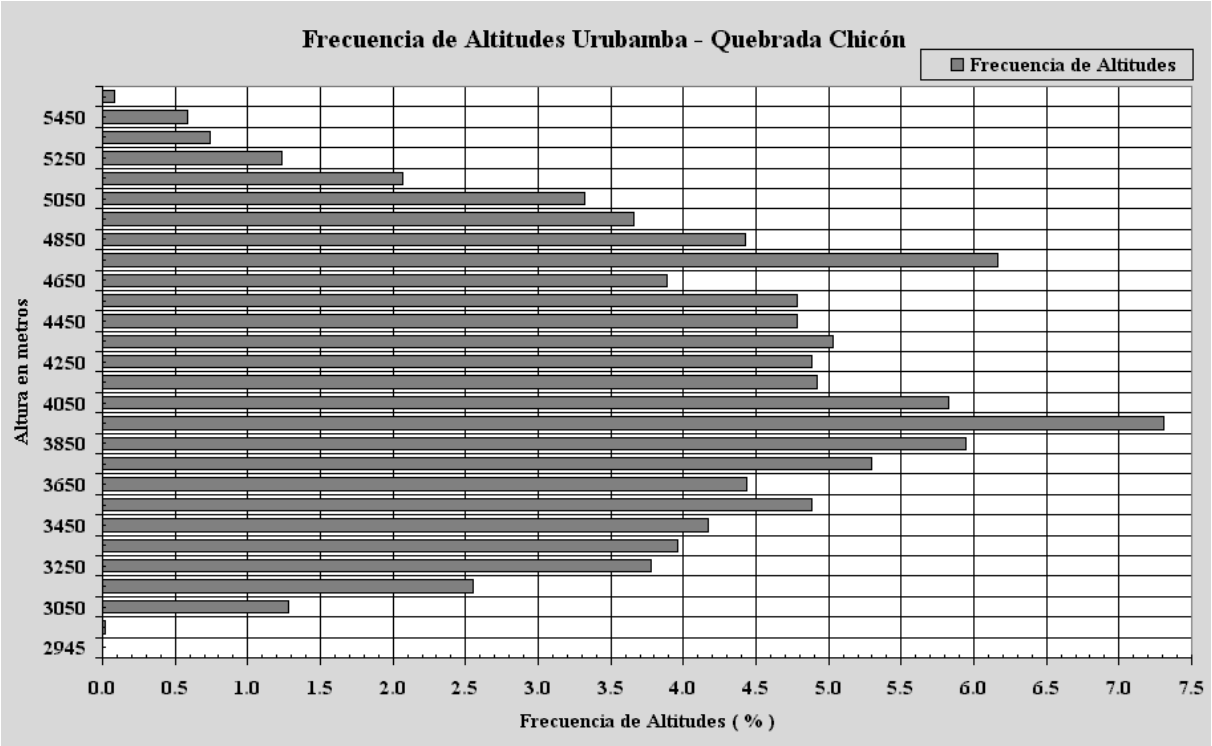
1. RIO CHICÓN

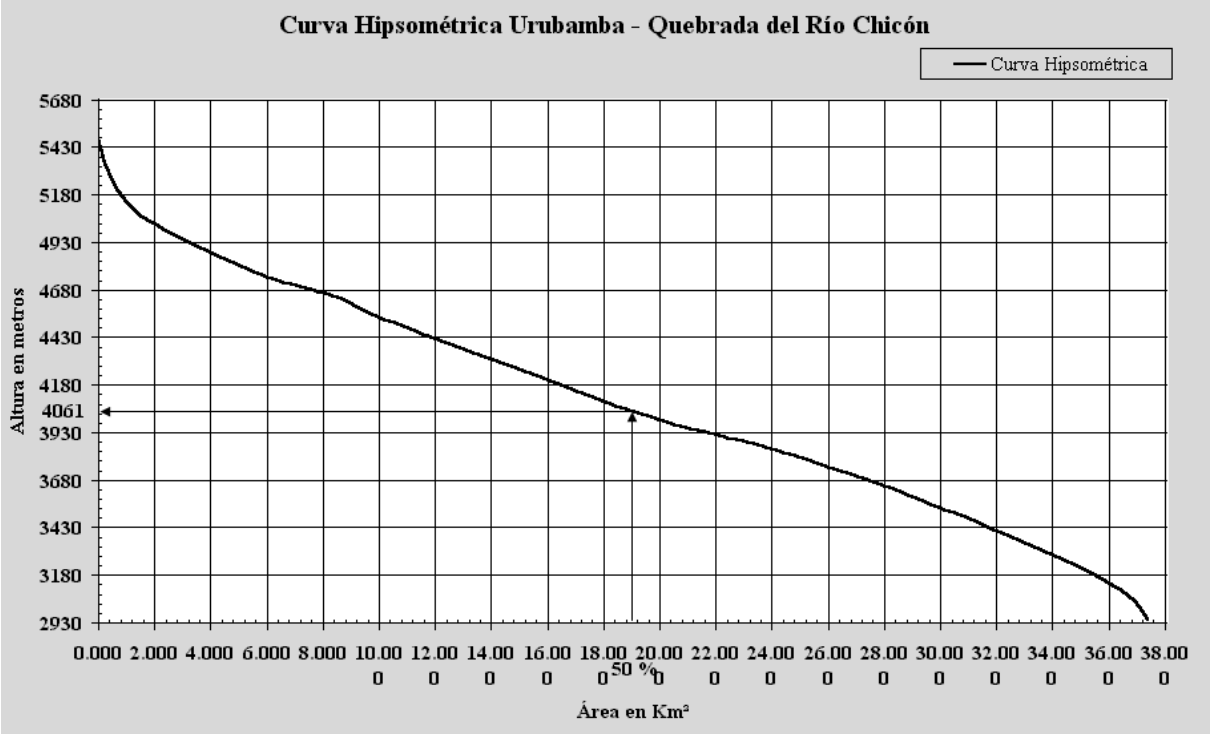
El río Chicón es un tributario de segundo orden con una densidad de drenaje de **0.578**, lo cual refleja un drenaje pobre. La pendiente media del cauce es **16%**. Y el caudal en estiaje antes de las captaciones para riego y abastecimiento de la ciudad de Urubamba es de aproximadamente **4.0 m^3/seg** (caudal base). Este volumen es casi en totalidad captado para proyectos de irrigación y para abastecimiento de la ciudad.

El caudal máximo estimado por el método directo es de **22.39 m^3/seg**. Y el caudal teórico obtenido mediante el método de Mac Math (ajustado), para un período de retorno de 10 años y una duración de 240 minutos fue de **19.52 m^3/seg**, Y para un período de retorno de 50 años y una duración de 240 minutos fue de **26.17 m^3/seg**, en ambos casos considerando una distribución tipo Gumbel.

El río Tullumayo nace de los deshielos del nevado Chicón y de la laguna Juchuyccocha. En su recorrido recibe las aguas de 06 tributarios, 03 de la margen izquierda y 03 de la margen derecha. Atraviesa la ciudad de Urubamba por un tramo canalizado de 700 metros de longitud con una sección de 2.20 x 1.60 metros, y finalmente confluye en el río Vilcanota.







2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

Punto más alto de la cuenca	: 5 550 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 2 952.46 m.s.n.m.
Área de la Cuenca	: 37.38 Km^2
Perímetro de la cuenca	: 27.80 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4 630 m.s.n.m.
Punto más bajo del cauce principal	: 2 945m.s.n.m.

Longitud de cauce principal	: 10.17 Km.
Longitud total de las corrientes	: 21.62 Km.
Densidad de Drenaje (D_d)	: 0.58 Km^{-1}
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel	: 451016.29 Km
Pendiente media de la Cuenca	: 0.603 = 60.3 %
Pendiente media del cauce principal	: 0.16 = 16 %
Índice de Gravelious	: 1.274

Rectángulo Equivalente

L (lado mayor)	: 10.27 Km.
l (lado menor)	: 3.64 Km.
Longitud más larga de la cuenca L_l	: 10.37 Km.
Factor de forma	: 3.48
Altitud media de la cuenca	: 4 061 m.n.s.m.

3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CHICÓN

Tiempo de concentración

Fórmula Kirpich	: 47.48 min. = horas (adoptado)
Fórmula Australiana	: 148.8 min. = 2.48 horas
Periodo de retorno	: 10 años (para drenaje urbano)
	: 50 años (otros proyectos)
Coeficiente de escorrentía (C)	: 0.23

4. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

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

5. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL

Se ha 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 Nº 01** (Hidrología).

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^3/seg), generados mediante software para períodos de retorno de 10 años, y para una duración D = 150 minutos

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	19.52	33.95	30.56	77.51
Normal	19.41	33.76	30.38	76.88
Pearson	19.63	34.15	30.73	78.13
Log-Normal	20.38	35.45	31.90	82.09
Log-Pearson Tipo III	19.86	34.54	31.09	79.31

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de retorno de 50 años, y para una duración D = 150 minutos

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	26.16	45.51	40.96	112.80
Normal	23.39	40.68	36.61	98.14
Pearson	25.05	43.57	39.21	106.91
Log-Normal	28.40	49.41	44.47	124.54
Log-Pearson Tipo III	25.47	44.30	34.88	109.13

6. ZONAS DE PELIGRO DE DESBORDAMIENTO (IINUNDACION)

Como se puede deducir de las características de la cuenca, se tiene que una avenida de 50 años de período de retorno no tendrá un volumen suficiente para ocasionar un desbordamiento, sin embargo una eventual avalancha o un embalse, si constituyen un peligro. En efecto, entre los antecedentes, se tiene una avalancha que ocurrió el año 1941, provocado por un alud que originó el desbordamiento de la laguna Juchuycocha. El huayco (aluvión) producido en aquel evento arrastró rocas de hasta 2 metros de tamaño medio, y a su paso arrasó sembríos y destruyó algunas viviendas.

Con posteridad a la avenida de 1941 se construyó la canalización que atraviesa la ciudad por la avenida Mariscal Castilla (río Tullumayo) en un tramo de 700 metros (sección media rectangular de 3 x 2 metros), no obstante. Cuya capacidad es suficiente para soportar una avenida de 10 años de período de retorno (19.5 m^3/seg). En el caso de ocurrir una lluvia de 50 años (26.2 m^3/seg) ya se registrarían ligeros desbordes que podrían alcanzar las calles

adyacentes y paralelas a la avenida Mariscal Castilla. El peligro que conlleva una crecida de esta magnitud es que puede arrastrar material aluvial, que ocasionalmente provoque represamiento y cuyos efectos tendrían carácter destructivos. Luego a pesar de que en los últimos 50 años no se registro otro evento de gran magnitud, ello no significa que en un momento dado el nivel máximo de aguas sobrepase la sección del canal y que pueda afectar viviendas de la ciudad.

7. EROSIÓN Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

A lo largo del cauce se aprecia diferentes tipos de comportamiento en cuanto al transporte de sedimentos. Así en la parte alta de la cuenca, vale decir en las faldas del Chicón, el transporte de sedimentos está constituido por material grueso desde 2 pulgadas hasta 0.80 metros.
El tramo de río inmediatamente aguas abajo se aprecia material grueso (aprox. 2 pulgadas de diámetro medio) y muy poca erosión.

El tramo canalizado de la ciudad también acusa la presencia de piedras con tamaños máximos de 50 cm.

Densidad de drenaje (D_d)

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

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

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

Índice de Gravelious (K)

Dado por la fórmula:

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

Donde: P = Perímetro de la cuenca en Km
A = Área de la cuenca en Km^2
K = Coeficiente adimensional de Gravelious

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

$$K = 1.37$$

Cálculo del Rectángulo Equivalente

Para el cálculo del lado mayor se tiene:

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

Cálculo del lado menor:

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

Donde: L = lado mayor del rectángulo en Km.

L = longitud del lado menor del rectángulo en Km.
K = índice de Gravelious
A = área de la cuenca en Km^2

Cálculo del lado mayor

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

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

$$L = 24.60\ Km.$$

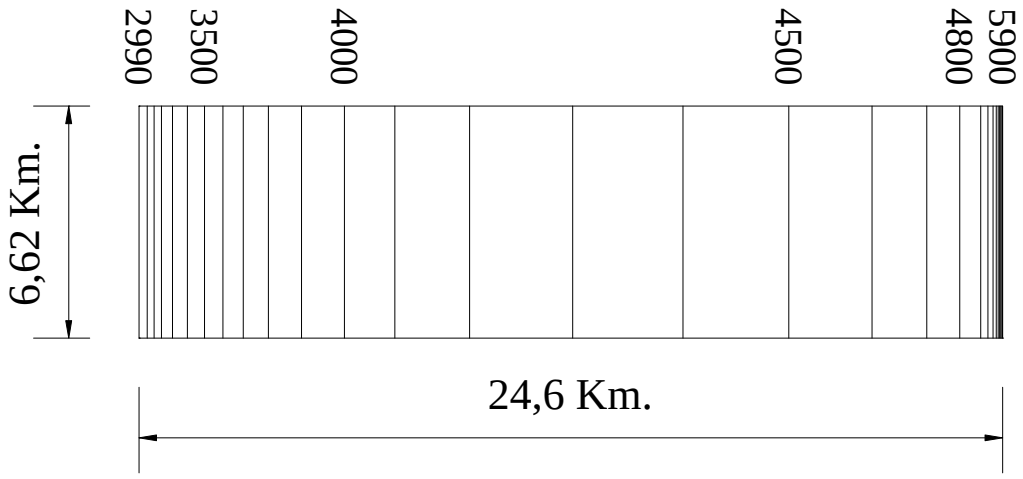
Cálculo del lado menor

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

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

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

Rectángulo Equivalente



Factor de forma de la cuenca (F)

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:
F = factor de forma de la cuenca (adimensional)
A = área de la cuenca en Km^2
L_l = longitud más larga de la cuenca en Km

Luego:

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

$$F = 0.55$$

Pendiente Media de la Cuenca (S_c)

Se utilizó el criterio de Alvord, cuya fórmula es:

$$S_c = \frac{D\left(\sum l_i\right)}{A}$$

Donde: S_c = Pendiente media de la cuenca.
D = Desnivel constante entre curvas de nivel en Km.
l_i = Longitud de la curva de nivel "i".
A = Área de la cuenca en Km^2.

Tiempo de Concentración (T_c)

Fórmula de Kirpich

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

Donde: T_c = Tiempo de concentración en minutos
L = Longitud de la corriente en m.
H. = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

Fórmula Australiana

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

Donde: T_c = Tiempo de concentración en minutos.
L = Longitud de la corriente en Km.
A = Área de la cuenca en Km^2.
S = Pendiente del perfil de la corriente, en m/Km.

Cálculo de Gasto por el Método Directo

Fórmula de Manning

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

Donde: Q = Caudal máximo, m^3/seg.
A_1, A_2 = Áreas hidráulicas, m^2.
A = Área hidráulica promedio, m^2.
R_1 , R_2 = Radios hidráulicos, m.
R = Radio hidráulico promedio, m.
S = Pendiente, m/m.
n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Para la presente sección se tiene:

A_1 = 4.65 m^2 A_2 =5.69 m^2
P_1 = 6.22 m P_2 = 6.64 m

S = 0.076 % n = 0.055

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \qquad A = \frac{4.65 + 5.69}{2} = 5.17$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} \qquad R_1 = \frac{4.65\ m^2}{6.22\ m} = 0.748\ m \qquad R_2 = \frac{5.69\ m^2}{6.64\ m} = 0.857$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} \qquad R = \frac{0.748 + 0.857}{2} = 0.803\ m$$

$$Q = \frac{1}{0.055}\ 5.17\, x\, 0.803^{\frac{2}{3}}\, x\, 0.076^{\frac{1}{2}}$$

Q = 22.39 m^3/seg

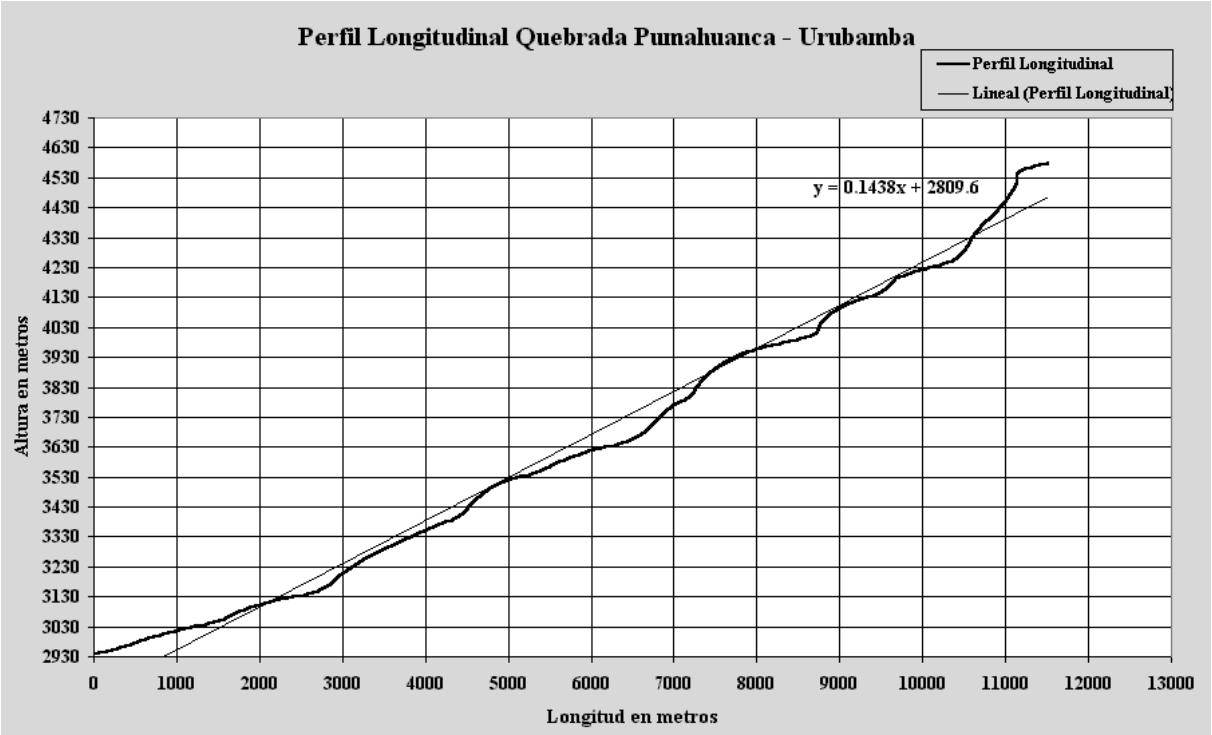
3.4.3.2. SUB - CUENCA DEL RIO PUMAHUANCA

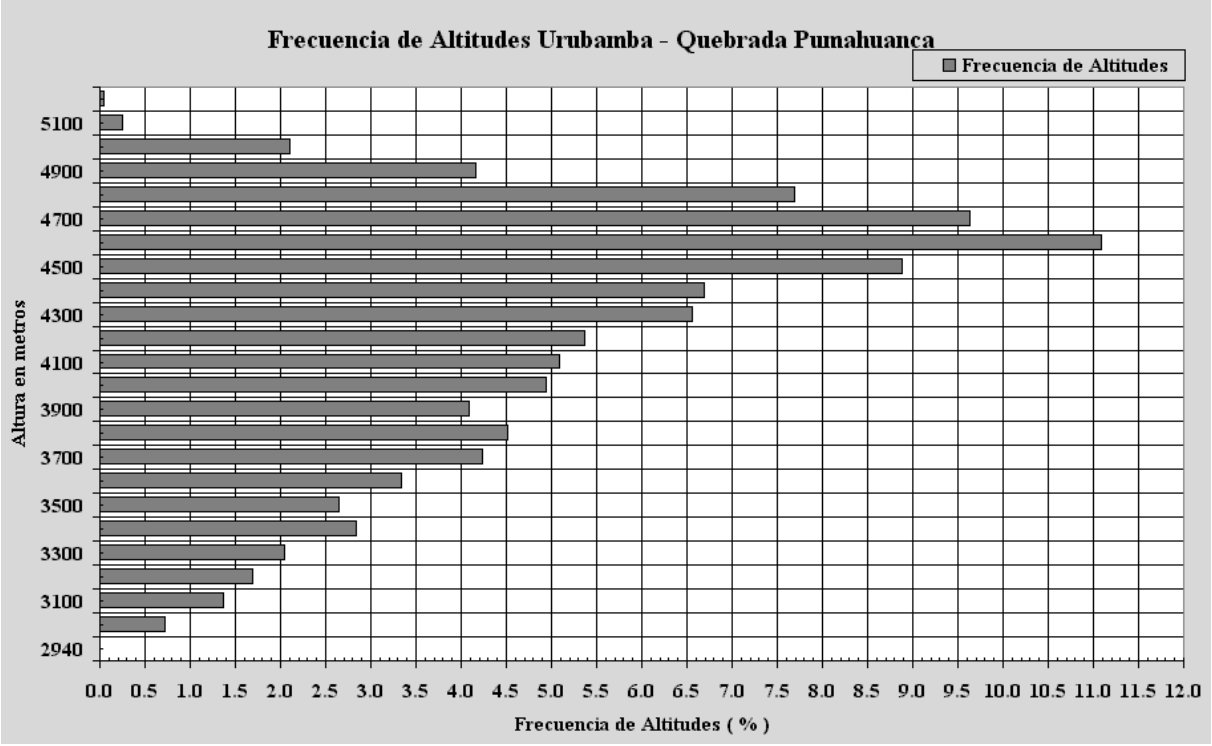
1. RÍO PUMAHUANCA

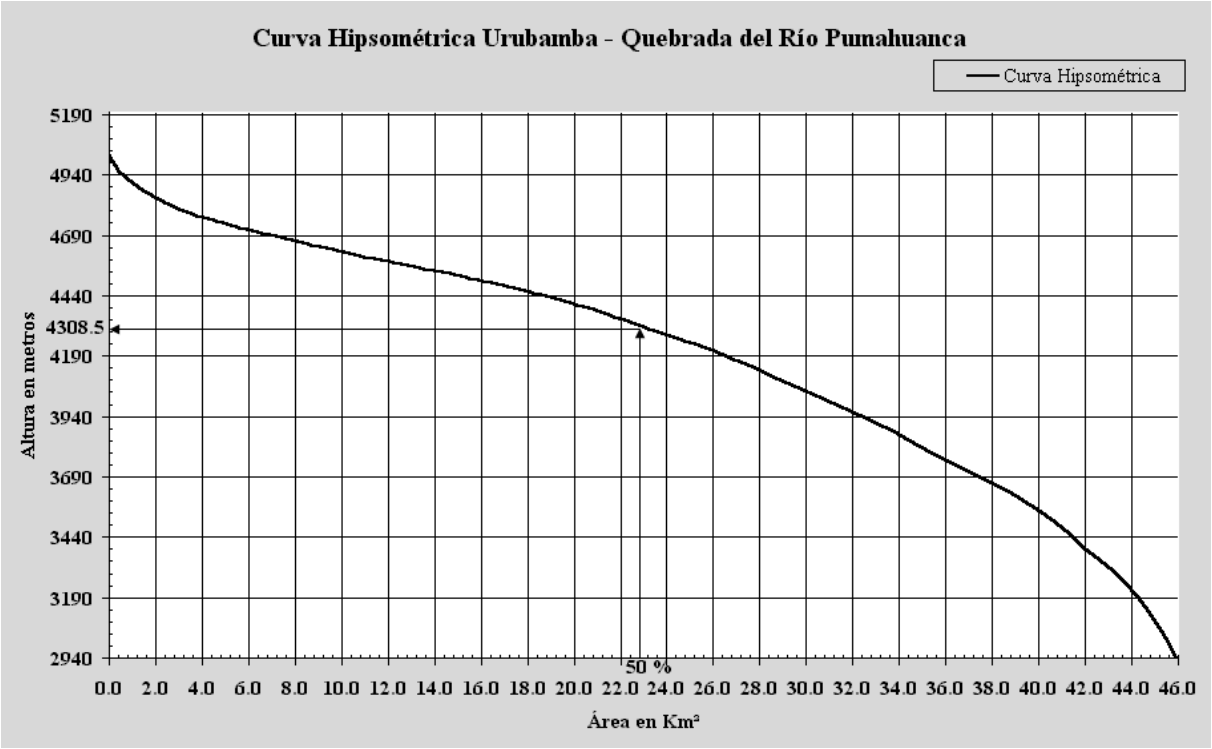
Es un tributario de segundo orden con una densidad de drenaje de **0.472 Km^{-1}** considerado como un drenaje pobre. La pendiente del cauce es de **14%,** y el caudal en estiaje es de 8.0 m^3/seg (caudal base). Gran parte de este volumen es captado para irrigar parcelas (maizales) que se extienden en la parte baja y media a lo largo de su recorrido.

El caudal máximo estimado por el método directo es de **29.39 m^3/seg**. Y el caudal teórico obtenido mediante el método de Mac Math (ajustado), para un período de retorno de 10 años y una duración de 240 minutos fue de **26.90 m^3/seg**, Y para un período de retorno de 50 años y una duración de 240 minutos fue de **39.50 m^3/seg**, en ambos casos considerando una distribución tipo Gumbel.

El río Pumahuanca nace de los deshielos de los nevados Capacsaya y Pumahuanca, así como de las lagunas Aruraycocha. Formándose por la confluencia de dos ríos: uno que viene por la quebrada de Sutoc y otro que viene por la quebrada de Pacchaspata.


Perfil Longitudinal Quebrada Pumahuanca - Urubamba
Perfil Longitudinal
Lineal (Perfil Longitudinal)
y = 0.1438x + 2809.6
Altura en metros
4730
4630
4530
4430
4330
4230
4130
4030
3930
3830
3730
3630
3530
3430
3330
3230
3130
3030
2930
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000
11000
12000
13000
Longitud en metros


Frecuencia de Altitudes Urubamba - Quebrada Pumahuanca
Frecuencia de Altitudes
Altura en metros
5100
4900
4700
4500
4300
4100
3900
3700
3500
3300
3100
2940
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
8.5
9.0
9.5
10.0
10.5
11.0
11.5
12.0
Frecuencia de Altitudes (%)



2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

Punto más alto de la cuenca	: 5 200 m.s.n.m.
Punto más bajo de la cuenca	: 2 940 m.s.n.m.
Área de la cuenca	: 45.94 Km^2
Perímetro de la Cuenca	: 32.46 Km.
Punto más alto del cauce principal	: 4 580 m.s.n.m.
Punto más bajo del cauce principal	: 2 940 m.s.n.m.
Longitud de cauce principal	: 11.51 Km.
Longitud total de las corrientes	: 21.69 Km.
Densidad de drenaje (D_d)	: 0.472 Km^{-1}
Sumatoria de longitudes de curvas de nivel	: 612.70 Km
Pendiente media de la cuenca	: 0.603 = 60.3 %
Pendiente media del cauce principal	: 0.14= 14 %
Índice de Gravelious	: 1.341

Rectángulo equivalente

L (lado mayor)	: 12.578 Km.
l (lado menor)	: 3.652 Km.
Longitud más larga de la cuenca L_l	: 11.5 Km
Factor de forma	: 0.347
Altitud media de la cuenca	: 4 308.5 m.n.s.m.

3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS – CUENCA DEL PUMAHUANCA

Tiempo de concentración

Fórmula Kirpich	: 55.3 min. = horas (adoptado)
Fórmula Australiana	: 169.46 min. = 2.82 horas
Periodo de retorno	: 10 y 50 años

Coeficiente de escorrentía (C) : 0.28
Longitud e Km desde el punto de interés al punto más cercano al C.G. : 6.72 Km
Distancia del C.G. al cauce : 844.14 m.

4. CÁLCULO DEL GASTO Y ANÁLISIS DEL RÉGIMEN FLUVIAL

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

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de retorno de 10 años, y para una duración D =240minutos

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	22.75	40.62	36.38	75.72
Normal	22.62	40.19	36.17	75.13
Pearson	22.72	40.37	36.33	75.58
Log-Normal	22.36	39.72	44.14	73.94
Log-Pearson Tipo III				

Caudales Máximos (en m^3/seg), generados mediante software para períodos de retorno de 50 años, y para una duración D = 240 minutos

Método y Distribución	Método de Mac Math	Fórmula Racional	Método de Heras	Hidrograma triangular
Gumbel	27.62	53.64	48.27	108.80
Normal	27.08	48.92	43.30	95.10
Pearson	31.67	56.26	50.64	115.39
Log-Normal	29.23	51.94	59.80	104.64
Log-Pearson Tipo III				

Así mismo se ha efectuado un levantamiento topográfico de un tramo de río para calcular el gasto por método directo, observando las marcas de niveles máximos que el río puede alcanzar en épocas de crecida. Este dato es importante para contrastar con las avenidas teóricas calculas mediante los diversos métodos y diferentes períodos de retorno, efectuados usando el software.

5. ZONAS DE PELIGRO DE DESBORDAMIENTO

Durante las temporadas de estiaje el río presenta un régimen torrencial con un gasto de 4 m^3/seg aproximadamente, pero de acuerdo a las estimaciones efectuadas el gasto máximo podría alcanzar hasta los 22.75 m^3/seg, en el caso de producirse una lluvia con un período de retorno de 10 años y 27.6 m^3/seg en caso de producirse una lluvia de 50 años de período de retorno, y como en este caso no se cuenta con una canalización, un volumen de agua puede rebasar el cauce y provocar inundaciones en las parcelas por donde atraviesa el río.

6. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA CUENCA DEL PUMAHUANCA

Densidad de drenaje (D_d)

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

$$D_d = \frac{21.69}{45.94}$$

$$D_d = 0.472\ Km^{-1}$$

Pendiente Media de la Cuenca (S_c)

$$S_c = \frac{D\left(\sum l_i\right)}{A}$$

$$S_c = \frac{0.05 \times 612.70}{45.94}$$

$$S_c = 0.667$$

Índice de Gravelious (K)

$$K = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28\frac{32.46}{\sqrt{45.94}}$$

$$K = 1.341$$

Factor de Forma de la Cuenca (F)

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

$$F = \frac{45.94}{11.50^2}$$

$$F = 0.347$$

Fórmula de Kirpich

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

$$T_c = 0.0195\left(\frac{11510^3}{4580 - 2940}\right)^{0.385}$$

$$T_c = 55.30 \text{ min.}$$

Fórmula Australiana

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

$$T_c = \frac{58 \times 11.51}{45.94^{0.1}140^{0.2}}$$

$$T_c = 169.46 \text{ min}$$

Cálculo del Rectángulo Equivalente

Para el cálculo del lado mayor se tiene:

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

$$L = \frac{1.341\sqrt{45.94}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.341}\right)^2}\right)$$

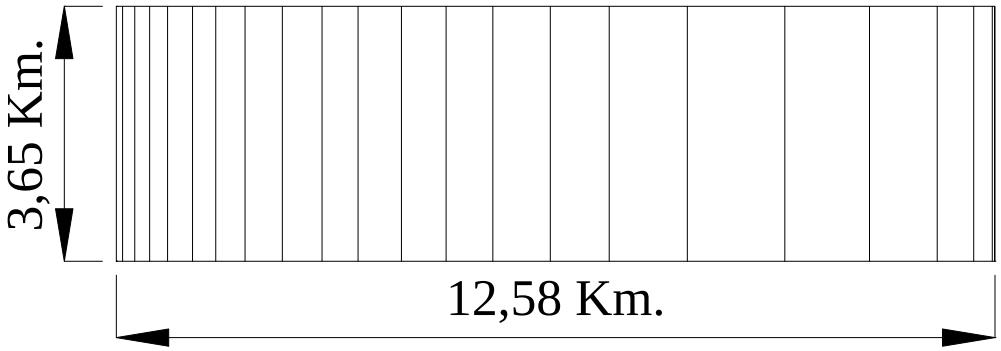
$$L = 12.58\ Km.$$

Cálculo del lado menor:

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

$$l = \frac{1.341\sqrt{45.94}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.341}\right)^2}\right)$$

$$l = 3.65\ \text{Km.}$$



3.5. GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.5.1. EXPLORACION DE CAMPO

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

3.5.1.1. TECNICAS DE INVESTIGACION DE CAMPO.

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

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

3.5.1.2. NUMERO DE PUNTOS INVESTIGADOS

El número de puntos investigados en áreas urbanas y zonas de expansión y para el análisis de estabilidad de taludes son: 7 calicatas a cielo abierto y 7 auscultaciones dinámicas con el cono de Peck (PDC) que fueron ubicadas al costado de las calicatas. Las siete (07) calicatas y auscultaciones se realizaron para determinar los planos de tipos de suelos y capacidad portante.

La Denominación, Ubicación de dichos puntos se presentan en el siguiente cuadro:

DENOMINACION		COORDENADAS UTM		COTA (m)	UBICACIÓN
C -01	PDC - 01	18812934 E	8527646 N	2,910.00	Sector San José
C - 02	PDC - 02	18812169 E	8528322 N	2,918.00	Sector Q'atan
C - 03	PDC - 03	18814273 E	8526411 N	2,875.00	Sector P'alamayo
C - 04	PDC - 04	18811883 E	8527409 N	2,898.00	Sector Centro Recreacional Charcahuaylla
C - 05	PDC - 05	18810385 E	8527290 N	2,886.00	Sector Habitat iIlary
C - 06	PDC - 06	18811056 E	8527473 N	2,888.00	Sector Q'otohuncho
C - 07	PDC - 07	18812332 E	8527249 N	2,918.00	Mercado de Abastos

3.5.1.3. PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION

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

3.5.1.4. TIPO DE MUESTRAS EXTRAIDAS

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

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

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

CALICATA	TIPO DE MUESTRA	NOMENCLATURA	PROFUNDIDAD (m)
C – 01	Mab	Mab – 01 – 01	1.00 a 3.00
C - 02	Mab	Mab – 02 - 01	1.00 a 2.50
C - 03	Mab	Mab – 03 - 01	1.50 a 3.00
C - 04	Mab	Mab – 04 - 01	1.80 a 3.00
C - 05	Mab	Mab – 05 - 01	1.50 a 2.50
C - 06	Mab	Mab – 06 - 01	1.50 a 2.30
C - 07	Mab	Mab – 07 - 01	1.00 a 3.00

Mab : muestra alterada en bolsa.

3.5.2. ENSAYOS IN-SITU

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

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

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

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

3.5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

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

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

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

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

3.5.4. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.5.4.1. PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUB - SUELO

Con los resultados de ensayos de clasificación realizadas en el laboratorio, se clasificaron las muestras de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). De acuerdo a la norma ASTM D-2487, los cuales han sido contrastados con la descripción visual-manual de acuerdo a la norma ASTM D-2488, obtenida en la 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 Urubamba, sector urbano y zona de expansión son suelos granulares compuestos por gravas tales como GW (Grava bien graduada con arena), GM (Grava limosa con arena), GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) con presencia de bolonería. Excepto en el sector P'alamayo donde se encuentra ML (limo inorgánico arenoso) y el sector Habitat illary y Qótohuincho donde se encuentran SM-SC (Arena limo-arcillosa con grava) y SM (arena limosa con grava).

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

CALICATA	UBICACIÓN	CLASIFICACION SUCS Y DESCRIPCION DEL SUELO PORTANTE
C -01	Sector San José	GW-GM: Grava bien graduada con limo y arena. Medianamente densa
C -02	Sector Q'atan	GM: Grava limosa con arena. Medianamente densa.
C -03	Sector P'alamayo	ML: Limo inorgánico arenoso de baja compresibilidad. De densidad suelta a muy suelta.
C -04	Sector Centro Recreacional Charcahuaylla	GP-GM: Grava mal graduada con limo y arena. De densidad suelta a muy suelta.
C -05	Sector Habitat iIlary	SM-SC: Arena limo arcillosa con grava. Medianamente denso a suelto
C -06	Sector Q'otohuincho	SM: Arena limosa con grava. Medianamente denso a suelto.
C -07	Mercado de Abastos	GW: Grava bien graduada con arena. Medianamente denso.

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

3.5.4.2. ANALISIS GEOTECNICO DE CIMENTACIONES

El análisis geotécnico de estabilidad de las cimentaciones de edificaciones 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 ítem es desarrollar el cálculo de la capacidad portante de los suelos del área de Estudio; con base a la información colectada anteriormente y el criterio ingenieril, común en el análisis de Ingeniería de cimentaciones.

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

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

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

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

b).- Para un suelo con valores Número de Golpes Promedio Representativo N_{60} menores o iguales a 5 el tipo de falla del suelo por corte será "local" y los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna reducido, calculado mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

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

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

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

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

AUSCULTACION	SECTOR	CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE (Kg/cm^2)
PDC - 01	Sector San José	1.97
PDC - 02	Sector Q'atan	1.55
PDC - 03	Sector P'alamayo	0.92 *
PDC - 04	Sector Centro Recreacional Charcahuaylla	0.56 *
PDC - 05	Sector Habitat iIlary	1.11
PDC - 06	Sector Q'otohuncho	1.19
PDC - 07	Mercado de Abastos	1.69

* Valores que a pesar de ser de tipo granular se encuentran en estado de densidad suelta a muy suelta y la capacidad portante admisible es por asentamiento, por ser el más crítico

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

1. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 0.50 a 1.00 Kg/cm^2, considerando los sectores de P'alamayo y sector del Centro recreacional Charcahuaylla. Valores que a pesar de ser de tipo granular se encuentran en estado de densidad suelta a muy suelta

2. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.00 a 1.50 Kg/cm^2, considerando los sectores de Habitat Illari y Q'tohuincho.
3. Zonas con capacidades portantes que fluctúan de 1.50 a 2.00 Kg/cm^2, considerando los sectores de Mercado de abastos (Zona urbana), sector Q'atan y Sector San José.

ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREATICA

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

ANALISIS DE LICUACION DE SUELOS

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

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

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

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

3.5.5. CLASIFICACION DE SUELOS (ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA)

Con los resultados encontrados en los 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 Nº 05** (CLASIFICACION DE SUELOS), de acuerdo a la descripción siguiente:

1. Suelos gruesos, granulares compuestos por gravas tales como GW (Grava bien graduada con arena), gravas GM (Grava limosa con arena), suelos GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) y suelos GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena) con presencia de bolonería en algunos casos. Estos suelos se encuentran en el sector Mercado de Abastos (zona Urbana), sector Q'atan, Centro Recreacional Charcahuaylla y sector San José.

2. Suelos finos como SM (Arena limosa con grava) y suelos SM-SC (Arena limo-arcillosa con grava). Estos suelos se encuentran en el sector Q'otohuincho y sector habitat Illari.

3. Suelos finos como ML, Limo inorgánico arenoso, de baja compresibilidad. Estos suelos se encuentran en el sector P'alamayo.

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 Urubamba. 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 m. de espesor, sobre el fondo de la cimentación, debidamente compactada a grados de compactación especificadas en el acápite 4.4.1 de la Norma E-050 Suelos y Cimentaciones del R.N.C.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

p) 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 URUBAMBA

4.1. MAPA DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO

4.1.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOLOGICO-CLIMATICO

Los fenómenos de origen geológico-climático de mayor incidencia en la ciudad de Urubamba se presentan en la sub-unidad geomorfológica denominada "laderas de pendiente pronunciada" de los cerros circundantes y muy especialmente en las quebradas Chicón y Pumahuanca.

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.

Al Norte de la ciudad de Urubamba en las quebradas Chicón y Pumahuanca se han cartografiado deslizamientos antiguos y que actualmente en su mayor parte se encuentran estables a excepción de áreas puntuales ubicadas en la quebrada Chicón (DB3, DA2 y DA1-2); mientras en la quebrada Pumahuanca también presenta algunas áreas puntuales con peligro de pequeños deslizamientos en la carretera ubicada en la margen derecha del río Pumahuanca (ladera Este del cerro Soteluyoc).

Los mayores efectos de este peligro, se observan al Sur de la ciudad de Urubamba, en la margen izquierda del río Vilcanota entre Huachac y Pichingoto (Este y Oeste de la ciudad de Urubamba respectivamente). Localmente se reconoce el deslizamiento denominado Yahuarmaqui (DE3) ocurrido en agosto de 1678 y que actualmente se observan sus restos inclusive en la margen derecha del río Vilcanota en el lugar denominado Qotohuincho o Qotoorqo. Otros deslizamientos activos se observan al Este de Yahuarmaqui en el cerro Jaboncilluyoc (DE1 y DE2). Estos deslizamientos afectan caminos de herradura, carretera, viviendas, terrenos de cultivo desde la región de Tarapata hacia el río Vilcanota.

Es importante mencionar que los problemas de deslizamientos de la margen izquierda del río Vilcanota se presentan desde la región de Huayllabamba hasta Yanahuara.

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. Estas se transportan por los torrentes asociados a la gravedad, formando depósitos de conos aluviales en sus desembocaduras.

La ciudad de Urubamba se localiza en la desembocadura de la quebrada Chicón principalmente y quebrada Pumahuanca, que han formado conos aluviales por la superposición de varios eventos aluviónicos antiguos procedentes de las quebradas antes mencionadas, que se evidencian en los cortes de talud ya sean naturales o artificiales, donde además se observan diferentes fenómenos de geodinámica externa.

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 efecto, en las quebradas Chicón y Pumahuanca 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.

4.1.2. EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO

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

4.1.2.1. CONOS ALUVIALES CHICON Y PUMAHUANCA

En la desembocadura de las quebradas Pumahuanca y Chicón que forman los conos aluviales del mismo nombre, y muy especialmente sobre el cono aluvial Chicón se emplaza la ciudad de Urubamba y sus zonas de expansión urbana. (Foto 1).

Estos conos aluviales están compuestos por arena, gravas y bloques de rocas que llegan hasta 4 metros de dimensión. Las gravas hacen que los terrenos de cultivo ubicados sobre este cono sean pedregosos y bastante permeables.

Estos conos aluviales están cortados por el cauce de los ríos Chicón y Pumahuanca de dirección Norte-Sur, que desemboca en el río Vilcanota.

Un hecho histórico es relatada por Kalafatovich (1977), que indica que posiblemente hubieron otros aluviones posteriores al año 1678, por el hecho de haber encontrado a 500 metros al Sureste del cementerio, una moneda del año 1728 debajo de un gran bloque y que supone que la moneda pudo haber sido depositado en el siglo 18, es decir posteriormente a 1728, pero que no había ninguna referencia a ningún aluvión ocurridos antes de este siglo. Sin embargo, nuestros estudios indican eventos aluviónicos con posterioridad al represamiento de 1678, confirmando los hallazgos de Kalafatovich

De uno de los últimos aluviones ocurrido el 28 de enero de 1942, se tienen registros escritos, hablado, fotográfico y geológico; este aluvión se debió al desembalse de una laguna como producto de un alud que afecto principalmente el flanco Noreste y Este de la ciudad. La masa aluvional después de recorrer toda la quebrada Chicón de dirección aproximada Norte-Sur, desvía su curso hacia el Sureste debido al cerro Tantamarca que se encuentra a manera de un

gran dique, donde la masa aluvional se dividió en dos partes, una parte mayor se dirigió hacia el sector agrícola de la comunidad de Chichubamba donde afecto gran parte de los terrenos de cultivo y otra con menor energía continuó su curso hacia el extremo Este de la ciudad. Es a partir del cementerio actual, donde la masa aluvional, compuesto de bloques de rocas y especialmente de material fino, hasta de un metro de altura, circularon por la avenida Mariscal Castilla (que era de ancho menor) e inclusive llegaron hasta la avenida Arica en su margen derecha, mientras que en su margen izquierda afectaron íntegramente terrenos de cultivo. Los daños de este aluvión fueron más que todo de tipo material, felizmente sin pérdida de vidas humanas. La ocurrencia de un aluvión similar al año 1942 originaría daños similares afectando seriamente los bordes (Faja Marginal) del río Tullumayo, así como terrenos de la comunidad Chichubamba, además es importante mencionar que existe un puente de pequeñas dimensionas en el lugar denominado Cementerio, que puede ayudar al represamiento del río Tullumayo en sus orígenes.

Debido al aluvión de 1942, se tomaron medidas de prevención, como la ampliación en el ancho de la avenida Mariscal Castilla, así como la construcción de un canal de encauzamiento a lo largo del río Tullumayo desde el cementerio actual hasta el río Vilcanota.

Actualmente se observa en el Barrio Yanaconas la infraestructura de una captación de agua que derivan las aguas del río Chicón mediante canales hacia el este y oeste de la ciudad de Urubamba ya sea para irrigación como para consumo humano. Desde este lugar hasta el actual cementerio y Palacio de Wayna Cápac se tiene un canal de sección rectangular abierto empedrado con evidencias de construcción inca que se encuentra en mal estado de conservación, ya que en muchos lugares los muros de contención han colapsado. Luego el canal de sección rectangular descubierto continua en buen estado de conservación por el medio de la avenida Mariscal Castilla hasta la intersección con la calle Sagrario, es a partir de esta intersección, que el canal se encuentra cubierto hasta la avenida Circunvalación, desde aquí nuevamente el canal se encuentra descubierto, pero en cuya desembocadura se tienen acumulaciones de residuos sólidos así como de aguas servidas que impactan negativamente el medio ambiente y especialmente la zona urbana así como el río Vilcanota.

Es importante comentar que las aguas del río Chicón son íntegramente captadas para el consumo humano y agropecuario, razón por la cual la circulación de aguas por el río Tullumayo solo se da época de lluvias.

En el río Tullumayo, del canal cubierto no se tiene conocimiento de su estado, como por ejemplo si las corrientes de agua de la época de lluvias están erosionando la base de los muros y del cauce mismo. Pero si se observa que el río Tullumayo transporte sedimentos desde gravas hasta finos que en época de lluvias excepcionales pueden provocar taponamientos con el consiguiente rebalse de las aguas por las avenidas de la ciudad.

4.1.2.2. PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO DE LAS QUEBRADAS CHICON Y PUMAHUANCA

A lo largo de las quebradas Chicón y Pumahuanca, se tienen evidencias en los cortes de talud, de aluviones o huaycos muy antiguos por la presencia de grandes bloques de rocas. Aluviones recientes también afectaron las construcciones incas y contemporáneas, es por esta razón que se realizaron obras de encauzamiento desde la época inca.

En la quebrada los bloques transportados por estos aluviones son de mayor energía, sobrepasando el metro de diámetro, llegando inclusive hasta los 5 metros. Las evidencias de campo y estudio fotogeológico de este cono aluvial, nos indican que los últimos aluviones grandes ocurrieron después de 1678 (año que se activo el deslizamiento Yahuarmaqui), ya que estos aluviones cubren yesos del deslizamiento Yahuarmaqui.
Se ha realizado un cartografiado del ultimo aluvión de regular peligro en la quebrada Chicón, ocurrido en 1942 que posiblemente este relacionado a los cambios climáticos ocurridos en la década de los 40. Este aluvión afecto parte de la ciudad de Urubamba y en mucho mayor proporción terrenos de cultivo.

Actualmente en la quebrada Chicón, mas arriba del lugar denominado Chicón hay pequeños sectores con erosión fluvial, donde el valle esta cubierto por materiales de grandes aluviones antiguos compuesto por bloques mayores a 1 metro dispuestos en todo el valle, donde existe mucha vegetación nativa de arbustos y árboles así como de bosques extrusivos de eucaliptos. Mas abajo de Chicón el fondo del valle es utilizado como terrenos de cultivo, y el río de pequeñas dimensiones recorre por la margen derecha del valle, pero sin llegar a las laderas de los cerros. En los bordes del río Chicón se tienen evidencias de grandes aluviones (evidenciado por la presencia de grandes bloques mayores a 1 metro) así como del aluvión de 1942 (Con presencia de bloques menores a 1 metro).

Actualmente en la quebrada Pumahuanca, más arriba de la cota 3200 m.s.n.m. río arriba, el valle esta cubierto por materiales de grandes aluviones o huaycos antiguos, así como por morrenas que están colgadas debido a la erosión de los ríos. De este lugar hasta el lugar denominado como Jajapunco (criadero de peces), el valle esta cubierto por materiales de aluviones antiguos con presencia de grandes bloques menores a 1 metro y escasa áreas de agricultura. A partir de esta zona el valle se hace más amplio, con la presencia de mayores áreas de cultivo hasta llegar a su desembocadura.

Parece ser que el cono Pumahuanca es estos últimos tiempos es el mas activo por la presencia de bloques de roca y menor área de finos, con presencia de rocas ígneas intrusivas y volcánica, mientras que el cono Chicón ha sido menos activo al menos desde la época inca, ya que actualmente se observan andenes incas mandadas a construir por el inca Wayna Cápac (H. Villanueva, 1970) acondicionadas para la agricultura que no están afectadas por este estos fenómenos, aunque pudo ser limpiado como ocurrió en 1942. Sin embargo, los depósitos de la quebrada Chicón que tienen un origen morrénico han sido de mayor energía y magnitud ya que los bloques de roca llegan a dimensiones de hasta 5 metros envueltos en una matriz de gravas, arenas y finos, razón por la cual los terrenos de cultivo ubicados en el fondo del valle sean pedregosos y bastante permeables.

En resumen se tienen registrados en los cortes de talud varios depósitos aluviónicos en el tiempo geológico, pero por referencias históricas pudo registrarse uno después de 1728. El registro mejor documentado es el ocurrido el ocurrido el 28 de enero de 1942, del cual se tiene su cartografiado.

No se tienen evidencias de aluviones recientes. Es importante mencionar que las áreas por donde pasaron los aluviones están ocupadas en algunos casos por viviendas pertenecientes a pequeños propietarios que los utilizan además como áreas agropecuarias.

Los peligros geológico-climáticos de las quebradas Chicón y Pumahuanca se muestran en el **MAPA Nº 06** (GEODINAMICO). Las fotografías que se mencionan en el presente informe se muestran en el **Anexo Nº 06** (Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico).

1. QUEBRADA CHICÓN

La quebrada Chicón es un afluente del río Vilcanota en su margen derecha. En la desembocadura de esta quebrada, se emplaza gran parte de la ciudad de Urubamba, sobre depósitos de conos aluviales. Los materiales de este cono, proceden de la parte alta de la quebrada Chicón, donde afloran principalmente areniscas del Grupo San Jerónimo, rocas volcánicas del Grupo Mitu, areniscas de la Formación Huancané, Areniscas calcáreas y lutitas del Grupo Yuncaypata; granitos Pérmicos, así como pizarras y esquistos de la Formación Paucartambo. El intemperismo, la pendiente, 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 (Foto 2).

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

La altura máxima que alcanza esta quebrada es de 5530 metros correspondiente al nevado Chicón, y su desembocadura en el río Vilcanota es a 2900 m.s.n.m. es decir un desnivel de 2630, haciendo una pendiente promedio de 13 grados aunque cerca al nevado puede pasar los 70 grados.

La quebrada Chicón la hemos dividido en dos, la parte alta y media-baja.

a) Parte Alta

Aquí se tiene el nevado de Chicón cuyas cumbres alcanzan los 5530 m.s.n.m. Es un nevado de aproximadamente 5 km de largo en la dirección NO-SE y ancho promedio menos a 1km, en vías de desglaciación. El año 1963 tenía lenguas que llegaban incluso hasta los 4700 m.s.n.m., con un promedio de 4800 m.s.n.m. Sin embargo el año 1991, algunas lenguas bajan hasta los 4800 m.s.n.m. y siendo el promedio de 4700 m.s.n.m. Para el año 2000 hay un retroceso de 20 a 25 m. Esto nos indica un promedio que puede variar de 20 a 30 metros por cada 10 años. Al pie del Chicón se aprecian varias quebradas resaltando el Chicón y también un afluente del Pumahuanca.

Varias zonas con depósitos morrénicos se localizan al pie del nevado llegando incluso a involucrar el cauce principal de la quebrada hasta los 3500 m.s.n.m. De allí el material morrénico se ha comportado como material aluvial producto de los aluviones pasados y recientes.

En esta parte también se aprecia evidencias del último aluvión de 1942 producto del desembalse de una laguna. Se ha cartografiado la zona que afectó este fenómeno y que queda como zona de peligro a inundaciones y aluviones (Foto 3).

b) Parta Media y Baja

En su recorrido y particularmente cuando se acerca a la ciudad de Urubamba, en la quebrada de Chicón aumenta la presencia de asentamientos humanos, así como centros educativos ubicados dentro de los límites de la quebrada.

A lo largo de la parte media y baja, se han observado algunos peligros geodinámicos como: deslizamientos antiguos, algunos de los cuales están en vías de reactivación; cárcavas; conos aluviales; derrumbes; y erosión local de las márgenes del río Chicón.

1.1. MARGEN DERECHA DEL RIO CHICON

En la margen derecha tenemos 3 zonas: Zonas CA, DA, y Car Chi.

a) Zona de conos aluviales CA

Cono aluvial CA1:
Se trata de un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3700 a 3350 m.s.n.m. Actualmente, parte del material de este cono es erosionado por el río, pero que es amortiguado por la abundante vegetación nativa y extrusiva existente en la zona; aunque se tienen evidencias de la deforestación nativa a nivel de las márgenes del río (Fotos 2 y 3).

Cono aluvial CA2:
Este cono se ubica al suroeste del CA1. Se trata de un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3625 a 3300 m.s.n.m. Tiene las mismas características y problemática de peligro del CA1., aunque se halla estabilizada por la abundante vegetación.

Conos aluviales CA3 y CA4:
Se trata de dos conos aluviales antiguos, con un desnivel desde los 3600 a 3225 m.s.n.m. Estos conos se encuentran estables en las zonas donde hay la presencia de vegetación y árboles de eucalipto principalmente. Aproximadamente por debajo de los 3300 m.s.n.m. estos conos se encuentran con escasa vegetación arbórea y arbustiva nativa, y algunos árboles de ciprés y eucalipto (Foto 4). En la cabecera de ambos conos aluviales se observan cárcavas que se activan en la temporada de lluvias.

CA3: Cono estable, donde actualmente se explota árboles de eucalipto, pero que es reforestado (ladera entre CA2 y CA3), lo que es una buena medida, razón por la cual no existen problemas en sus laderas a excepción de la erosión en avenidas excepcionales.

CA4: Cono estable, donde actualmente se está levantando un conjunto de viviendas en el lugar denominado Sancuchayoc sin ningún criterio técnico, provocando la perdida de terrenos de cultivo así como la deforestación en la ladera Este del cerro Tarucancha y riberas del río.

b) Zona de deslizamientos DA (Foto 5)

Deslizamiento DA1:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 1300 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3150 hasta los 3875 m.s.n.m. Dentro de este deslizamiento, se observan dos grandes deslizamientos estables. En el piso de valle, en ambas márgenes del río

Chicón, se ubica el poblado San Isidro-Chicón que se encuentra en plena expansión urbana a lo largo del piso de valle, tanto al Noreste como al Suroeste, con la pérdida de los terrenos de cultivo e incremento de la deforestación (Fotos 6). Aproximadamente, por debajo de los 3150 m.s.n.m., hasta el piso del valle se observan pequeños derrumbes, debido a las laderas inestables por su fuerte pendiente y que se acentúa por las lluvias y cortes de taludes (Foto 7) y no haber obras de drenaje y reforestación.

DA1-1:

Deslizamiento estable secundario perteneciente al deslizamiento mayor DA1. Se ubica al Suroeste de la zona CA, entre los 3150 y 3625 m.s.n.m., tiene un ancho de 1100 metros. Parte de su extremo Noreste, esta siendo utilizado como zona de expansión urbana, que sin las medidas de reforestación en las laderas y riberas del río Chicón, pueden ser afectadas su estabilidad.

DA1-2:

Deslizamiento estable secundario ubicado al Suroeste de DA1-1, tiene un ancho aproximado de 200 metros y un desnivel de 600 metros (De 3150 a 3750 m.s.n.m.).

Deslizamiento DA2:

Se trata de un deslizamiento antiguo, de unos 500 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3075 hasta los 3575 m.s.n.m. Aproximadamente, por debajo de los 3150 m.s.n.m. se observan pequeñas reptaciones de suelos (Foto 8), debido a la margen inestable por su fuerte pendiente y que se acentúa por las lluvias, cortes de taludes y no haber obras de drenaje y reforestación. Dentro de este deslizamiento, también se observa una cárcava activa, entre 3075 y 3300 m.s.n.m.

En conclusión la zona DA, muestra pequeñas reactivaciones parciales donde la deforestación y cortes de talud es la principal causa de inestabilidad por debajo de los 3150 metros, por lo tanto la reforestación y tratamiento de la ladera y particularmente de las cárcavas, son labores a realizar.

c) Zona Car Chi

Se trata de una serie de cárcavas ubicadas al final de la quebrada en la margen derecha del río chicón que van desde 3050 hasta los 3275 m.s.n.m. Se caracterizan por ser activas debido a la fuerte pendiente que presentan y que se acentúa más por las precipitaciones pluviales y además se presentan como pequeños derrumbes formando cárcavas de poca profundidad. Estas cárcavas continúan hacia la quebrada Pumahuanca y que se observa en ambas márgenes.

1.2. MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CHICON

En la margen izquierda tenemos 2 zonas: Zonas CB, y DB.

a) Zona de conos aluviales CB

Cono aluvial CB0

Se trata de un cono aluvial antiguo, estable debido a que se encuentran forestados por vegetación arbustiva nativa, árboles nativos y eucaliptos. Tiene un desnivel que va de 3425 hasta los 4100 m.s.n.m. En el piso de valle se observan restos de antiguos aluviones, con

grandes bloques de rocas con dimensión mayor de un metro y una matriz gravo limosa, diseminadas en todo lo ancho del valle.

Cono aluvial CB1:
Se trata de un cono aluvial antiguo, estable debido a que se encuentran forestados por vegetación arbustiva nativa, árboles nativos y eucaliptos. Tiene un desnivel que va de 3400 hasta los 3750 m.s.n.m. En el piso de valle se observan restos de antiguos aluviones con características idénticas al CB0.

Cono aluvial CB2:
Se trata de un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3325 a 3900 m.s.n.m. Sus laderas se encuentran forestadas por vegetación arbustiva nativa, árboles nativos y eucaliptos, pero la parte baja del cono y laderas, están siendo utilizadas como áreas de cultivo y deforestadas, razón por la cual en su ladera sur se observa un pequeño deslizamiento. En el piso de valle se observan terrenos de cultivo y nuevas construcciones de viviendas.

Cono Aluvial CB3:
Se trata de un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3250 a 3825 m.s.n.m. La parte baja de este cono aproximadamente a los 3400 m.s.n.m., es utilizada como terrenos de cultivo y se encuentra muy deforestada así como la cárcava mas reciente, opero sin evidencias de erosión actual. Por encima de esta cota las quebradas y cárcavas que forman este cono se encuentran forestadas con vegetación arbustiva nativa (Foto 9).

Cono aluvial CB4:
Es un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3175 a 3400 m.s.n.m. La parte baja de este cono aproximadamente a los 3200 m.s.n.m., es utilizada como terrenos de cultivo y se encuentra muy deforestada. Las cárcavas formadas por encima de esta cota se encuentran parcialmente forestadas con vegetación arbustiva y con erosión reciente de aguas superficiales.

En ambas márgenes de este cono se observan un conjunto de deslizamientos denominados DB4.

Cono aluvial CB5:
Es un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3100 m.s.n.m., a 3250 m.s.n.m. La parte baja de este cono aproximadamente hasta los 3150 m.s.n.m., es utilizada como terrenos de cultivo y se encuentra parcialmente forestada. Las cárcavas formadas por encima de esta cota se encuentran parcialmente forestadas con vegetación arbustiva. En el río Chicón se observa que la erosión de su margen izquierda afecta la carretera (Foto 10).

b) Zona de deslizamientos DB

Deslizamiento DB1:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 300 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3275 hasta los 3550 m.s.n.m. Es utilizada como terrenos de cultivo y está forestada muy parcialmente con vegetación arbustiva. Al Norte de este deslizamiento se tiene un pequeño deslizamiento que es utilizado también como área agrícola, que en general se encuentran muy estables (Foto 11).

Deslizamiento DB2:
Este deslizamiento se encuentra al Sur del deslizamiento DB1. Es un deslizamiento antiguo de aproximadamente 250 metros y un desnivel que va desde los 3275 hasta los 3550 m.s.n.m. Área íntegramente utilizada como áreas de cultivo y además se encuentra con poca o nada de vegetación nativa o extrusiva (Foto 11).

Deslizamiento DB3:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 450 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3200 hasta los 3600 m.s.n.m. La ladera de este deslizamiento y de todo este sector se encuentra desprovista de vegetación, razón por la cual se observan cárcavas activas que se acentúa en épocas de lluvias. También se observa al sur de las cárcavas por encima del camino de herradura pequeños derrumbes de suelo que están empezando a activarse, posiblemente debido a los cortes de talud así como por estar desprovisto de vegetación. Aquí se recomienda trabajos de reforestación.

Deslizamiento DB4:
Se trata de varios deslizamientos que se encuentran ubicados en ambas márgenes del cono aluvial CB4. Los deslizamientos ubicados al Norte, se encuentran estables, mientras que los ubicados al Sur del cono, de pequeñas dimensiones se encuentra activo (Foto 12), ya sea debido al corte de taludes de caminos o erosión de aguas superficiales.

Deslizamiento DB5:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 300 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3150 hasta los 3600 m.s.n.m. Por encima del camino de herradura se observan pequeños derrumbes superficiales activos ya sea debido al corte de talud del camino así como a la presencia de áreas de cultivo por debajo del camino que la hacen inestable la ladera empinada de este deslizamiento antiguo. Estos problemas de inestabilidad se acentúan porque carecen de forestación.

2. QUEBRADA PUMAHUANCA

La quebrada Pumahuanca tiene una longitud de aproximada de 11.5 Km, aunque esta resulta de la confluencia de dos quebradas, el Pumahuanca que alcanza hasta la altura de 5100 m.s.n.m., y la quebrada Sutoc que alcanza la altura de 5000 m.s.n.m., correspondiente al borde Oeste del nevado Chicón y el borde Este del nevado Pumahuanca respectivamente. La desembocadura en el río Vilcanota es a 2900 m.s.n.m. es decir un desnivel de 2000 y 2100 m.s.n.m. respectivamente, haciendo una pendiente promedio de 12 grados respectivamente, aunque cerca al nevado puede pasar los 70 grados.

La quebrada Pumahuanca la hemos dividido en dos, la parte alta-media y la parte baja.

a) Parte alta

Aquí se tiene los borde oeste y este de los nevados Chicón y Pumahuanca cuyas cumbres en estos casos alcanzan los 5100 y 5000 m.s.n.m. Como para el caso del análisis del nevado Chicón, siendo las zonas estudiadas los bordes del mismo, los resultados del estudio son semejantes a los descrito mas arriba, es decir un retroceso promedio de 20 a 30 metros por cada 10 años.

Los depósitos morrénicos en de las quebradas Pumahuanca (Foto 13) y Sutoc son importantes y se pueden reconocer hasta los 3200 m.s.n.m., por lo que puede decirse que hay materia prima para generar aluviones. Sin embargo, el fuerte retroceso de los glaciares en los bordes de los nevados que alimentan estas quebradas, disminuye los peligros para generar un aluvión.

b) Parte baja

La parte baja de la quebrada es decir luego de la confluencia de las quebradas Pumahuanca y Sutoc, están compuestos por materiales morrénicos, y depósitos aluviales antiguos (Foto 14). Igualmente se presentan deslizamientos, cárcavas y otros, los que serán descritos separando la cuenca baja por márgenes.

2.1. MARGEN DERECHA DEL RIO PUMAHUANCA

En la margen derecha tenemos 3 zonas: Zonas CC, DC y Car Pu.

a) Zona de conos aluviales CC

Cono aluvial CC1:
Es un cono aluvial antiguo, con un desnivel desde los 3150 a 3650 m.s.n.m. Parte de este cono, es utilizado como terrenos de cultivo y se encuentra parcialmente forestado con vegetación arbustiva y arbórea que le da cierta estabilidad.

b) Zona de deslizamientos DC

Deslizamiento DC1:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 1800 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3100 hasta los 3825 m.s.n.m. Dentro de este deslizamiento, se observa un gran deslizamiento (DC1-1). Aparentemente estos deslizamientos se encuentran estables. Aunque se presentan algunos derrumbes pequeños debido a los cortes de carreteras. Parte del piso de valle se encuentra cubierto con grandes bloques de rocas y por debajo de la cota 3100 las áreas del piso de valle presentan áreas con cultivos.

c) Zona Car Pu

Se trata de una serie de cárcavas ubicadas al final de la quebrada en ambas márgenes del río Pumahuanca. En la margen derecha se observan las cárcavas que aproximadamente van desde 2950 hasta los 3275 m.s.n.m. Mientras que en la margen izquierda las cárcavas van desde 2950 hasta la 3300 m.s.n.m. Estas cárcavas se caracterizan por activarse en época de lluvias en ambas márgenes.

2.2. MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PUMAHUANCA

En la margen izquierda tenemos 2 zonas: Zonas DD y CD.

a) Zona de deslizamientos DD

Deslizamiento DD1:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 1350 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3200 m.s.n.m., hasta los 3925 m.s.n.m. Dentro de este deslizamiento, se observan un deslizamiento menor DD1-1. Aparentemente estos deslizamientos se encuentran estables, el deslizamiento DD1-1, se encuentra forestado con vegetación nativa arbustiva, mientras que el deslizamiento DD1 se encuentra con escasa vegetación (Foto 15).

Deslizamiento DD2:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 600 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 3000 hasta los 3550 m.s.n.m. La ladera de este deslizamiento se encuentra con vegetación arbustiva muy dispersa o en algunos casos desprovista de vegetación, razón por la cual se observan cárcavas que se activan en época de lluvias.

b) Zona de conos aluviales CD

Es un conjunto de conos aluviales antiguos denominados CD1, CD2, CD3, CD4, y CD5, que varían de altitud, con un promedio de desnivel aproximado de 400 metros. Sus laderas tienen pendientes fuertes y además estos se encuentran cubiertas con vegetación dispersa. Además, en estas laderas ocurren movimientos lentos de la masa inestable y rocosa.

4.1.2.3. DESLIZAMIENTOS ACTIVOS EN URUBAMBA: MARGEN IZQUIERDA DEL RIO VILCANOTA

Como antecendentes de la ocurrencia de deslizamientos en la zona Sur de la ciudad de Urubamba, podemos mencionar que Diego Esquivel y Navia, en su obra “anales del Cuzco 1600-1750” relata el deslizamiento del cerro Yahuarmaqui ocurrido en 1678, siendo el resumen así: El viernes 19 de agosto de 1678 ocurrió un deslizamiento en Yahuarmaqui sobre el río Vilcanota causando el desvió de sus aguas que inundaron la población de Yucay dejándola arrasada. Las aguas llegaron a una altura tan considerable que de los pisonaes, cedros y lucumus sólo se distinguía media vara de su copa. La población estuvo anegada durante doce días hasta el 30 de agosto en que fue desaguada con mucho sacrificio y ayuda de los pobladores y vecinos. En los relatos que anteceden no se hacen mención a la pérdida de vidas humanas como consecuencia de la labor de desagüe del represamiento del río, pero otros documentos revelan el hecho doloroso de la pérdida de vidas humanas en defensa de los bellos pueblos de Urubamba y Yucay.

Se han reconocido 2 zonas: Zonas DE, y Car Ya.

a) Zona de deslizamientos DE

Se trata de una serie de deslizamientos activos, ubicados en la margen izquierda del río Vilcanota entre los cerros Yahuarmaqui y Jaboncilluyoc (Fotos 16), donde debido a la litología evaporítica se crean inestabilidades de sus laderas, que están expresadas por la presencia de grietas, continuos derrumbes, agrietamientos y desplazamientos en la carretera hacia Urubamba. Es necesario el monitoreo instrumental de todas las masas inestables, así como un estudio geofísico, para tomar las medidas de prevención y mitigación mas correctas.

Deslizamiento DE1:
Se trata de dos deslizamientos activos, que se unen en uno solo de aproximadamente 550 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 2850 hasta los 3130 m.s.n.m. Este deslizamiento se encuentra inestable y además se observan cárcavas que se reactivan en época de lluvias.

Deslizamiento DE2:
Se trata de un deslizamiento activo de aproximadamente 250 metros de ancho y un desnivel que va de desde los 2875 a 3130 m.s.n.m. (Foto 17) Las laderas de este deslizamiento se encuentran con escasa vegetación arbustiva; por encima del camino de herradura pequeños derrumbes de suelo que están empezando a activarse, posiblemente debido a los cortes de talud así como por estar desprovisto de vegetación.

Deslizamiento DE3 (Yahuarmaqui):
Se trata de un deslizamiento del cerro Yahuarmaqui que continua activo, tiene una longitud de 650 metros y un desnivel que va desde los 2850 a 3325 m.s.n.m. Sus laderas se encuentran desprovistas de vegetación. La reactivación de este deslizamiento es debido a muchas causas como es la erosión lateral del río Vilcanota, pendiente fuerte del terreno, presencia de aguas en época de lluvias, y principalmente la composición litológica es decir la presencia de yesos y arcillas. En la cabecera de este deslizamiento se observan agrietamientos de dimensión centimétrica a métricas de ancho y una decena o varias decenas de metros de longitud (Foto 18). Su movimiento esta expresada en continuos derrumbes.

Si bien es cierto que el deslizamientos esta activo y muestras agrietamientos en su cabecera, pero por comparación a la magnitud que pudo haber tenido el año 1678, es menor ya que gran parte del material inestable ya se ha deslizado. Sin embargo, no descartamos otro represamiento de pequeña magnitud.

El deslizamiento DE3 tiene una zona de depósito en la margen derecha del río Vilcanota que provino del cerro Yahuarmaqui, lo que constituye una prueba del represamiento y consecuente desembalse. El material depositado consiste de varios montículos que se dirigen hacia el cono aluvial Pumahuanca y están compuestos de masas de yeso, bloques de caliza, lutitas, grava, margas, etc. El mayor montículo deslizado se encuentra en la margen derecha del río Vilcanota y se le conoce con el nombre de Qotoorqo o Qotohuincho donde se emplazan las urbanizaciones Valle Sagrado, Habitat y otras pequeñas que están en pleno proceso de expansión urbanística pero al parecer sin previa planificación (Foto 19). En estas áreas se están produciendo hundimientos del suelo, colapsos tipo dolinas que seguramente se agravaran por la actividad subterránea por disolución de las evaporitas que por razones de inestabilidad estos terrenos no son recomendables para cimentaciones.

Deslizamiento DE4:
Se trata de un deslizamiento antiguo, de aproximadamente 500 metros de ancho, y un desnivel que va desde los 2850 hasta los 3175 m.s.n.m. La ladera de este deslizamiento y de todo este sector se encuentra con escasa vegetación, pero sin embargo se encuentra estable, pero que necesita de monitoreo.

Aguas debajo de este deslizamiento, se observan 04 deslizamientos antiguos, de aproximadamente 2000 metros, y con desnivel que va aproximadamente de 2825 a 3100 m.s.n.m. todos estos deslizamientos necesitan de moniteoreo.

b) Zona de cárcavas Car Ya

Se trata de una serie de cárcavas ubicadas en la margen izquierda del río Vilcanota que aproximadamente van desde 2850 hasta los 3250 m.s.n.m. Estas cárcavas se caracterizan por activarse en época de lluvias y se encuentran en toda la ladera de los cerros Yahuarmaqui y Jaboncilluyoc.

4.1.3. ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO-CLIMATICO

La ciudad de Urubamba se ubica sobre dos conos aluviales antiguos. La formación de este cono esta relacionado a flujos aluviónicos antiguos, procedentes de las quebradas Chicón y Pumahuanca.

Se tienen antecedentes geológicos de grandes aluviones e inundaciones en la ciudad de Urubamba, los que se ven en los cortes de afloramientos de suelos. Aluviones de menor energía afectaron el Palacio de Wayna Cápac así como la andenería observada al Noreste de la ciudad de Urubamba.

4.1.3.1. ZONIFICACIÓN POR PELIGRO DE ALUVIÓN DE LA CIUDAD DE URUBAMBA

La ciudad de Urubamba localizada principalmente sobre el cono aluvial antiguo Chicón, esta relacionado a la superposición de varios flujos aluviónicos antiguos (Foto 20), de las cuales se tienen muchos antecedentes de inundaciones y aluviones que llegaron a afectar la ciudad de Urubamba, como los ocurridos en los años post 1728, 1942 (aluvión), 1975 (Aluvión), 1994 (inundación por precipitaciones fuertes), 1997 (inundación por precipitaciones fuertes), 1999 (inundación por precipitaciones fuertes). El lugar denominado Cancha Huillca (Barrio Yanaconas) ha registrado todos estos eventos por estar situado en codo estrecho del valle antes de pasar a la planicie aluvial. Del aluvión de 1942 los registros fotográficos se muestran en las fotos 21 y 22.

En bases a estos antecedentes y teniendo en cuenta un posible sismo de gran magnitud que provoque un alud y consecuentemente un aluvión, se ha realizado una zonificación de la ciudad de Urubamba de acuerdo a los aluviones provenientes de la quebradas Chicón y Pumahuanca, las cuales se presenta en el **MAPA Nº 7** (ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION), para el cual se han establecido 03 zonas en cada caso y de acuerdo a la descripción siguiente:

1. ALUVION CHICON

a) Peligro Muy Alto

En caso de ocurrir un aluvión de grandes magnitudes parecidas al post 1728 la zonas mas afectadas y por lo tanto de peligro muy alto a inundaciones y aluviones son, las partes altas de la ciudad de Urubamba (Barrio Yanaconas), donde por el estrecho del cauce puede formarse represamientos y desembalses desviación de las aguas del río Chicón hacia la comunidad de Chichubamba, pero el curso principal seguiría el curso del río Tullumayo, afectando las viviendas de ambas márgenes a los largo de la avenida Mariscal Castilla (Foto 23) o gran parte de los terrenos de cultivo situadas al Este de la ciudad de Urubamba.

En la foto 23 se observan obras de encauzamiento del río Tullumayo (Avenida Mariscal Castilla) con canal abierto hasta el Jirón Sagrario, desde donde el canal está cubierto hasta la carretera Urubamba-Ollantaytambo (Avenida Circunvalación) (Foto 24), es importante mencionar que no se tiene la evaluación de este tramo cubierto y que además puede provocar desbordamiento por represamiento o taponamiento del canal cubierto; a partir de la avenida Circunvalación el canal está nuevamente descubierto donde existe amontonamiento de residuos sólidos y posiblemente llegan algunos desagües de la ciudad de Urubamba (Foto 25).

b) Peligro Alto
Está considerado el sector urbano comprendido desde la avenida Arica hacia el Oeste afectando gran parte de la ciudad antigua.

En la margen izquierda del río Tullumayo, donde se encuentra el Palacio de Wayna Cápac, así como terrenos de cultivo ubicados al Este, se considera de peligro alto por ser una zona relativamente elevada y el flujo aluviónico principal solo lo afectaría de manera parcial. Este hecho se comprueba por que el Palacio Wayna Cápac, así como los andenes incas no fueron afectados de manera significativa por el aluvión post 1728 y 1942, sino cubierto por material fino (Foto 26 y 27).

c) Peligro Medio a Bajo

Corresponde a las zonas aledañas a la de peligro alto y son las márgenes de cono aluvial de Chicón.

2. ALUVION PUMAHUANCA

a) Peligro Muy Alto
Corresponde a la desembocadura de la quebrada Pumahuanca, donde actualmente la expansión urbana se desarrolla mediante casas-huerto, hoteles y hospedajes turísticos (Foto 28). La mayor parte del cono tiene un peligro muy alto, ya que como se aprecia en la actualidad hay remanentes del aluvión post 1728.

En la parte alta del cono se tienen obras de captación de aguas para consumo e irrigación y además se observa también que el curso principal de las aguas de la quebrada Pumahuanca ha sido modificado, y esto puede provocar que en una avenida excepcional pueda recuperar su cauce antiguo.

b) Peligro Alto
Las zonas laterales del cono están zonificadas como de peligro alto, pero también se considera parte de la zona central de este cono, debido a la topografía más alta que presenta.

c) Peligro Medio a Bajo
La zona de Qotohuinco o Qotoorqo esta considerada como de peligro medio a bajo debido a que esta zona se encuentra con altitud mas alta que los alrededores, pero que posiblemente también pueda ser afectado debido a que esta zona se presentan muchas áreas con depresión e inestables.

4.2. MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS

4.2.1. FENOMENOS DE ORIGEN CLIMATICO

Los fenómenos de origen climático de incidencia en la ciudad de Urubamba y quebradas Chicón y Pumahuanca se presentan en la sub-unidad geomorfológica denominada "laderas de pendiente suave" que corresponden a los dos conos aluviales Urubamba y piso de valle Chicón y Pumahuanca.

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 Tullumayo se hallan viviendas, restaurantes y hospedajes turísticos.

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 conducirlas o por aluviones asociados a desembalses.

4.2.2. EVALUACION DE PELIGROS CLIMATICOS

Los antecedentes por inundación de la ciudad de Urubamba se han dado debido principalmente a las precipitaciones excepcionales o muy fuertes, o los relacionados a aluviones, que afectaron la Ciudad de Urubamba o alrededores, como los ocurridos los años 1942 (aluvión), 1975 (Aluvión), 1994 (inundación por precipitaciones fuertes), 1997 (inundación por precipitaciones fuertes), 1999 (inundación por precipitaciones fuertes). Otro hecho particular es la presencia de la infraestructura de captación (en el lugar denominado Yanaconas o Cancha Huillca Esquina) con canales en ambas márgenes (irrigación) que en un caso sirve como un muro de contención de bloques y troncos que pueda transportar el río Chicón y que desvía las aguas hacia la comunidad Chichubamba por desborde de las aguas. Por todos los antecedentes antes expuestos, se debería realizar estudios geodinámicos-hidrológicos mas detallados de la microcuenca

Este peligro de inundación también se presenta a lo largo del río Vilcanota, en mayor magnitud en la margen izquierda ya que la margen derecha se encuentra defendida con muros de contención (aproximadamente desde el puente hasta el termino de la ciudad antigua), que en algunos casos se respeta la faja marginal por parte de los centros de esparcimiento que existen en esta margen, pero que los pequeños propietarios no respetan.

4.2.3. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS CLIMATICOS

4.2.3.1. ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION

Por las características de la cuenca Chicón, se tiene que una avenida de 50 años de período de retorno no tendrá un volumen suficiente para ocasionar un desbordamiento, sin embargo una eventual avalancha o un embalse, si constituyen un peligro. En efecto, entre los antecedentes, se tiene una avalancha que ocurrió el año 1941, provocado por un alud que originó el desbordamiento de la laguna Juchuycocha. El huayco producido en aquel evento arrastró rocas de hasta 2 metros de tamaño medio, y a su paso arrasó sembríos y destruyó algunas viviendas.

Con posteridad a la avenida del año 1941 se construyó la canalización que atraviesa la ciudad por la avenida Mariscal Castilla (río Tullumayo) en un tramo de 700 metros (sección media rectangular de 3 x 2 metros), no obstante. Cuya capacidad es suficiente para soportar una avenida de 10 años de período de retorno (19.5 m^3/seg). En el caso de ocurrir una lluvia de 50 años (26.2 m^3/seg) ya se registrarían ligeros desbordes que podrían alcanzar las calles adyacentes y paralelas a la avenida Mariscal Castilla. El peligro que conlleva una crecida de esta magnitud es que puede arrastrar material aluvial, que ocasionalmente provoque represamiento y cuyos efectos tendrían carácter destructivos. Luego a pesar de que en los últimos 50 años no se registro otro evento de gran magnitud, ello no significa que en un momento dado el nivel máximo de aguas sobrepase la sección del canal y que pueda afectar viviendas de la ciudad.

En la parte alta de la cuenca, vale decir en las faldas del Chicón, el transporte de sedimentos está constituido por material grueso desde 2 pulgadas hasta 0.80 metros. El tramo de río inmediatamente aguas abajo se aprecia material grueso (aprox. 2 pulgadas de diámetro medio) y muy poca erosión. El tramo canalizado de la ciudad también acusa la presencia de piedras con tamaños máximos de 50 cm.

Durante las temporadas de estiaje el río Pumahuanca presenta un régimen torrencial con un gasto de 4 m^3/seg aproximadamente, pero de acuerdo a las estimaciones efectuadas el gasto máximo podría alcanzar hasta los 22.75 m^3/seg, en el caso de producirse una lluvia con un período de retorno de 10 años y 27.6 m^3/seg en caso de producirse una lluvia de 50 años de período de retorno, y como en este caso no se cuenta con una canalización, un volumen de agua puede rebasar el cauce y provocar inundaciones en las parcelas por donde atraviesa el río. En el **MAPA Nº 08** se muestra la zonificación de peligro por inundación.

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 su margen derecha, mientras que su margen izquierda se encuentra desprovistas de estas, afectando principalmente 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. En Urubamba 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 encausado con muros ciclópeos aguas abajo del puente de Urubamba (Foto 29). En forma general se puede decir que el río Vilcanota es un peligro geodinámico y puede producir inundaciones principalmente en los bordes del mismo.

Las inundaciones del río Vilcanota no son de mucha importancia, ya que en la zona de Urubamba la margen derecha del río se encuentra encauzado. 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 Nº 09** (ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA). Este es un mapa que se complementa al mapa de peligro por inundación obtenido a partir de datos hidrológicos.

a) Peligro Muy Alto

Son las zonas que son afectadas o pueden ser afectadas por inundaciones ligadas a lluvias muy fuertes que se producen anualmente o con un periodo de recurrencia de 10 años. Cabe destacar que en gran parte de la margen derecha del río, desde el puente de ingreso de la Carretera Chinchero-Urubamba hasta aproximadamente hasta finalizar los limites del poblado antiguo de Urubamba existen muros de contención de hasta 3 metros. La margen izquierda se encuentra desprotegida, porque no cuentan con muros de contención, razón por la cual son afectados por inundaciones tal como se observa a lo largo del río Vilcanota y muy especialmente en áreas que se ubican aguas arriba del puente (Foto 30) y que inclusive afectan áreas de la margen derecha (Foto 31). Lo resaltante de estas áreas es que actualmente vienen siendo utilizadas como áreas de expansión urbana ya que se encuentran algunas construcciones precarias (Foto 30). Aguas abajo del puente las áreas con muy alto peligro de inundaciones se encuentran en ambas márgenes del río, siendo mucho mayor a partir de Qotohuincho o Qotoorqo, y que la erosión fluvial se incrementa en su margen derecha por el tipo de material poco cohesivo (Fotos 32).

b) Peligro Alto

Corresponde a las zonas que pueden ser inundadas en periodos de lluvias extraordinarias que se producen entre 10 y 100 años. Por el periodo de recurrencia muy largo, la población muchas veces no tiene la conciencia debida de estos fenómenos a largo tiempo. Así tenemos aguas arriba del puente se observan zonas áreas con este peligro con limite superior en la carretera Urubamba-Calca afectando viviendas de urbanizaciones recientes. También se observan áreas con este peligro terminando los límites del pueblo antiguo, aguas abajo del río, pero con dimensiones mucho menores.

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. Estas áreas se localizan aguas abajo del puente en mayor proporción en la margen derecha (Foto 33).

4.3. MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS

4.3.1. FENOMENOS DE ORIGEN GEOTECNICO

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

Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)

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

Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad

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

Perdida de resistencia mecánica por lixiviación

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

Agresión química del suelo al concreto

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

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

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

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

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

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

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

4.4. MAPA DE PELIGROS MULTIPLES

4.4.1. ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

Tomando en cuenta la posibilidad de ocurrencia simultánea de los fenómenos de origen geológico-climático, climático y geotécnico en un lugar determinado del área de estudio que comprende la ciudad de Urubamba y alrededores, se ha preparado el Mapa de Zonificación de Peligros Múltiples **(MAPA Nº 10)**, donde resalta los peligros climáticos asociados a los peligros climático-geológicos.

a) Zona de Peligro Muy Alto
Corresponde a una franja muy delgada cercana a los ríos Chicón y Pumahuanca y sobre todo a los bordes del río Vilcanota. El área de las quebrada de Chicón es pequeña, el caudal máximo de escurrimiento de 26 m3/seg para un periodo de retorno de 50 años y una duración de 240 minutos, en tanto que para el Pumahuanca es de 39.5 m3/seg. Esta cantidad de agua en máximas avenidas solo afectara pequeñas zonas, como se puede deducir de las características de la cuenca.

En tanto en el río Vilcanota este peligro es más importante pues las áreas afectadas son mayores y se deben a cauces de 716.9 m3/seg que los inundaría (periodo de retorno de 100 años). Estas áreas coinciden tanto con los datos hidrológicos y los datos geológicos de campo respecto a desbordes antiguos.

b) Zona de Peligro Alto
En este caso considerado las áreas de peligro alto a inundaciones y huaycos (aluviones) en caso de activarse las partes altas de la cuenca donde hay los nevados de Chicón y Pumahuanca, donde se observa gran cantidad de material morrénico. Este peligro está condicionado a factores sísmicos o climáticos extremos. Las áreas corresponden a gran parte de la ciudad de Urubamba.

Igualmente, las zonas de peligro alto están reconocidas en los bordes del río Urubamba donde hay evidencia geológica de desbordamientos antiguos, y también a la zona Qotohuincho, donde si bien la capacidad portante del suelo da valores aceptables, sin embargo, las condiciones geológicas (material deslizado con áreas de asentamientos diferenciales) y la presencia de yesos la hace una zona de peligro alto para las construcciones (cimentaciones).

c) Zona de Peligro Medio

Principalmente son áreas cercanas al cauce principal de un aluvión, como el sector de Jatan, en la parte del centro histórico, y zonas con suelos cuya capacidad de carga son regulares a malas.

d) Zona de Peligro Medio a Bajo

Son aquellas que presentan buenas características mecánicas de los suelos y son pocos o nada propensos a inundaciones y aluviones.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Los peligros de origen geológico-climáticos de mayor incidencia en el área de estudio, podrían ser los aluviones en relación a los nevados de Pumahuanca y Chicón que muestran gran cantidad de morrenas depositadas en pendientes abruptas, los que serían afectados por deslizamientos ligados a deshielos y/o sismos.

2. En este contexto la ciudad de Urubamba se encuentra ubicada sobre los conos aluviales formados por el aporte de flujos aluviónicos antiguos provenientes de las quebradas Chicón y Pumahuanca. Es decir que sería afectada por estos flujos, como el ocurrido el año 1941, provocado por un alud en el Chicón que originó el desbordamiento de la laguna Juchuycocha.

3. Los estudios hidrológicos indican que las cuencas por ser relativamente pequeñas no aportarían gran cantidad de aguas que podrían provocar desbordamientos en la ciudad para un período de retorno de 50 años, ya que no habría un volumen suficiente para ocasionar un desbordamiento (inundación).

4. La canalización en el río Tullumayo es suficiente para soportar caudales de un período de retorno de 10 años (19.5 m^3/seg). En el caso de ocurrir un caudal extraordinario en 50 años (26.2 m^3/seg) ya se registrarían ligeros desbordes que podrían alcanzar las calles adyacentes y paralelas a la avenida Mariscal Castilla.

5. Otros problemas de peligro lo constituyen los deslizamientos activos de la margen izquierda aguas abajo del río Vilcanota. En efecto, la carretera de acceso a Urubamba se ve afectada por los deslizamientos activos, así como el cerro Yahuarmaqui. En este último caso no se descarta un posible represamiento ligado a la reactivación del deslizamiento, sin embargo, la magnitud seria mucho menor respecto al ocurrido el año de 1678.

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

7.- 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 Urubamba y alrededores, se ha preparado el mapa de zonificación de peligros múltiples, según la descripción siguiente:

a) Zona de Peligro Muy Alto
Corresponde a una franja muy delgada cercana a los ríos Chicón y Pumahuanca y sobre todo a los bordes del río Vilcanota que serían inundadas por crecidas extraordinarios con periodos de ocurrencia de 50 años y 100 años.

b) Zona de Peligro Alto
Las áreas corresponden a gran parte de la ciudad de Urubamba y se considera áreas de peligro alto a inundaciones y huaycos (aluviones) en caso de activarse deslizamientos en los nevados de Chicón y Pumahuanca, donde se observa gran cantidad de material morrénico. Este peligro está condicionado a factores sísmicos o climáticos extremos.

Igualmente, las zonas de peligro alto están reconocidas en los bordes del río Urubamba donde hay evidencia geológica de desbordamientos antiguos, y también a la zona Qotohuincho, donde si bien la capacidad portante del suelo da valores aceptables, sin embargo, las condiciones geológicas y la presencia de yesos la hace una zona de peligro para las construcciones (cimentaciones).

c) Zona de Peligro Medio
Principalmente son áreas cercanas al cauce principal de un aluvión, como el sector de Jatan, en la parte del centro histórico, y zonas con suelos cuya capacidad de carga son regulares a malas.

d) Zona de Peligro Medio a Bajo
Son aquellas que presentan buenas características mecánicas de los suelos y son pocos o nada propensos a inundaciones y aluviones.

RECOMENDACIONES

1. Respetar la faja marginal de las quebradas Chicón y Pumahuanca mediante la dación de ordenanzas municipales.

2. Realizar Defensa ribereña de los ríos Chicón y Pumahuanca a lo largo de las quebradas, así como la restauración o construcción de muros de contención faltantes en la ciudad de Urubamba en relación al río Chicón y la construcción de muros de contención en ambas márgenes del río Vilcanota.

3. Forestar y reforestar, con especies nativas, toda la longitud del cauce de los ríos Chicón y Pumahuanca, así como en sus laderas. Igualmente se debe prohibir la deforestación pues puede activar algunos deslizamientos antiguos.

4. Realizar estudios de detalle de los nevados Pumahuanca y Chicón en relación a posibles aludes que ocasionarían aluviones que posteriormente afectarían la ciudad de Urubamba.

5. 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 Urubamba. 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.

6. Una de las zona actuales de expansión urbana en Urubamba lo constituye la zona de Pisonaynioc, Patahuasi y el Pino que justamente es una de las delimitadas como de peligro múltiple medio a bajo, por lo tanto se recomienda priorizarla como tal e incluso se puede densificar la población pues los suelos tienen buenas capacidades portantes.

7. Otra de las zonas de expansión urbana es la de Qotohuincho donde la zonificación de peligro múltiple da un valor Alto. En este caso si bien es cierto que los valores de capacidad

portante son moderados a buenos, y la zonificación geotécnica indica peligro medio, sin embargo la composición geológica de los mismos no es buena, en efecto, son suelos producto del deslizamiento del cerro Yahuarmaqui compuestos por limonitas, areniscas y sobre todo yesos y algo de calizas, todo mezclado. Estos materiales en presencia de mucha agua, particularmente el yeso tiene comportamiento mecánico malo desarrollando asentamientos, lo que se comprueba fácilmente viendo las casas agrietadas. Por lo tanto, se recomienda una zonificación mas fina teniendo en cuenta que las dos muestras de mecánica de suelos indican valores altos, para determinar con exactitud las zonas con suelos malos.

8. Una de las zonas con mayores problemas es Pacclamayo en la margen derecha del río Vilcanota a unos 500 metros aguas arriba del puente de Urubamba. Aquí se tiene una urbanización casi ya consolidada, pero viene siendo afectada por las inundaciones, por lo que se recomienda estudios para obras de encauzamiento y respeto de la faja marginal.

9. En caso de aluviones que pueda proceder de la quebrada Pumahuanca o del Chicón, el mapa de zonificación de peligros múltiples muestra que la zona de Pisonaynioc, Patahuasi y el Pino como segura que puede utilizarse como de escape y refugio. Igualmente puede utilizarse las zonas de ingreso a Urubamba, tanto la pista que viene de Calca, así como de Ollantaytambo como zonas de escape frente a aluviones

BIBLIOGRAFIA

- Bowles, J.E. (1996). Foundation analysis and design. New York: Mc. Graw-Hill Book co.
- Casaverde, L. y Vargas, J. (1980). Zonificación sísmica del Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Braja M. Das (2001). "Principios de ingeniería de Cimentaciones". Thomson.
- Candia, F; Carlotto, C. (1985). Estudio geológico de la Zona Huambutio-Lamay. Tesis Titulo Profesional UNSAAC.
- Carlotto, V.; Jaillard, E.; Mascle, G. (1992). Relación entre Sedimentación, Paleogeografía y Tectónica de la Región de Cusco (Sur del Perú) entre el Jurásico superior-Paleoceno. Boletín Sociedad Geológica del Perú, Volumen 83, p. 01-20.
- Carlotto, V.; Carlier, G.; Cárdenas, J.; Gil, W.; Chávez, R. (1996). The Red Bed of the San Jeronimo Group (Cuzco-Peru) Marker of the Inca 1 Tectonic Event. 3th Intern. Symp. And. Geodyn.-ISAG, Saint-Malo, France 1996, ORSTOM ed. p. 303-306.
- Carlotto, V.; Gil, W.; Cárdenas, J.; Chávez, R.; y Vallenas, V. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca-Boletín Nº 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima-Peru.
- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Bahlburg, H.; Westervoss, E.; Flores, T.; Cerpa, L. (2004). La formación Ollantaytambo evidencia de un substrato volcano-sedimentario ordovícico en el Altiplano y borde sur de la Cordillera Oriental del sur del Perú. XII Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú 2004, Resúmenes Extendidos, p 416-419.
- Coduto, D.P. (1994). Foundation desing: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Crespo, C. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones". Limusa, 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). Geothecnical engineering investigation manual. New York; Mc. Graw Hill.
- Kalafatovich, C. (1957). La edad de las calizas de la formación Yuncaypata. Bol. Soc. Geol. del Perú. Tomo 32, Lima.
- Kalafatovich, C. (1977). Deslizamientos en el valle del 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

UCAYALI

JUNIN

AYACUCHO

MAC

PA

PUNO

N

LEYENDA

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

25.000 12.500 0 25.000 50.000 75.000 Metros

1:1.600.000

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

Rio Sensa
Rio Urubamba
Rio Hauritiongo
Rio Paquiria
Quebrada Rija
Rio Mishagua
Rio Huepaya
Rio Pangoreni
Rio Pichia
Rio Camisea
Rio Timpia
Rio Shematari
Rio Taperachi
Rio Yuggo
Rio Callanga
Rio Alto Picha
Rio Mantalo
Rio Yavero
Rio Eme
Rio Chari
Rio Churiary
Rio Sipaha
Rio San Miguel
Rio Carbeni
Rio Pampacomas
Rio Mohillo Grande
Rio Apurimac
Rio Blanco
Rio Santa Teresa
Rio Vilcanota
Rio Chiuro
Rio Pillcopata
Rio Paloma
Rio Paucartambo
Rio Qoyoras
Rio Colorado
Rio Nusiniscato
Rio Marcopata
Rio Araza
Rio Cosipata
Rio Azulmayo
Rio Cantaria
Rio Madre de Dios
Rio Piñuñuca
Rio Antapuyo
Rio Huancaro
Rio Santa Rosa
Rio Langui Layo
Rio Tacuara
Rio Huancarani
Rio Jaurcata
Rio Ranrapata
Rio Sonqo
Rio Pillcopata
Rio Cocabuchi
Rio Condoroma
Rio Poike

LA CONVENCION
CALCA
URUBAMBA
URUBAMBA
YUCAY
MARAS
HUAYLLABAMBA
ANTA
CHINCHERO
HUAROCONDO

MAPA DE UBICACION

CUSCO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

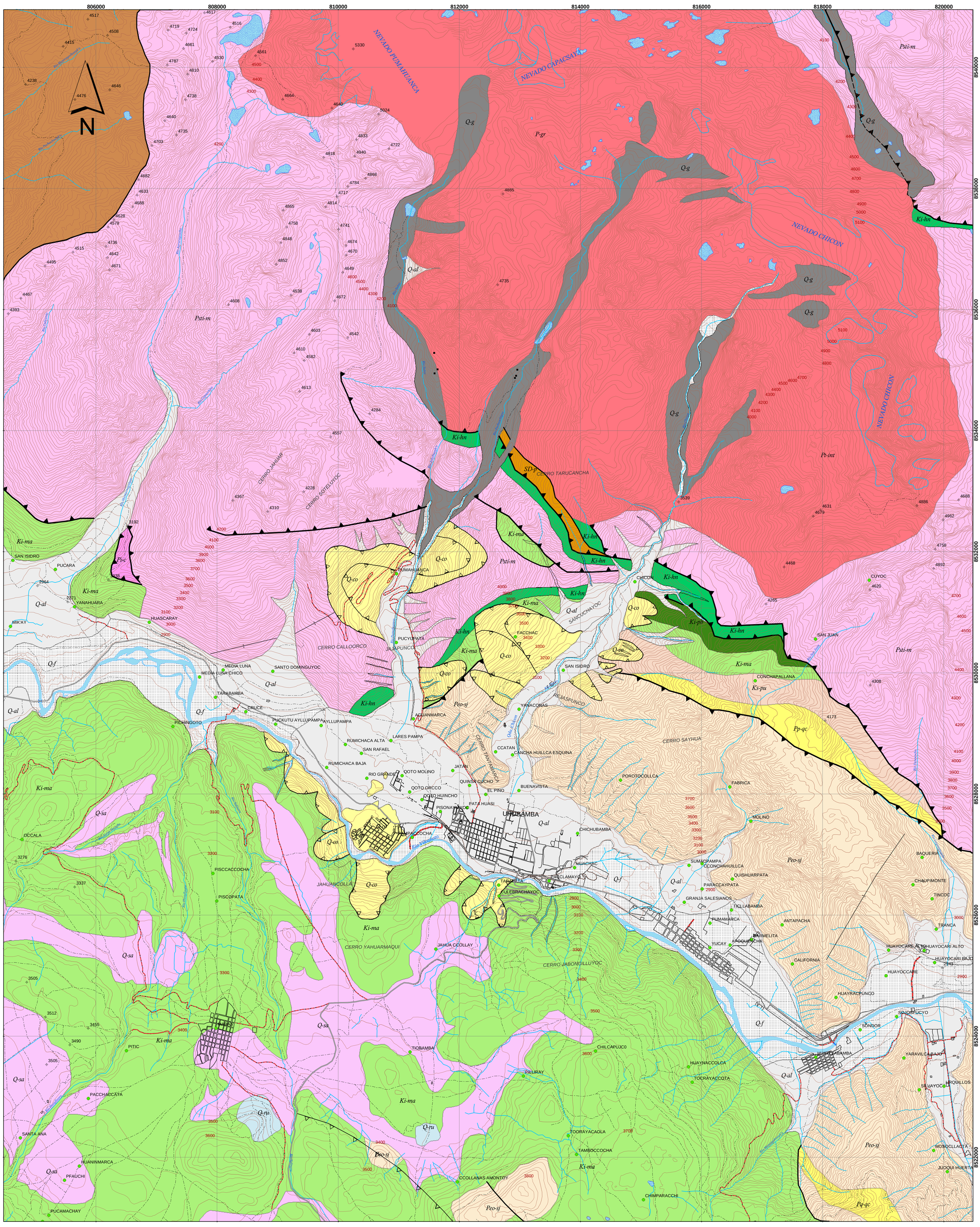
INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE UBICACION

UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

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



FUENTE:
CARTA 27r - URUBAMBA ESCLA 1:100,000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.

27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
CATASTRO DE URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

LEYENDA

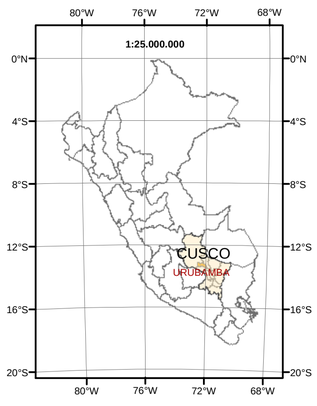
Q-co	DEPOSITOS COLUVIALES
Q-al	DEPOSITOS ALUVIALES
Q-f	DEPOSITOS FLUVIALES
Q-g	DEPOSITOS GLACIARES
Q-sa	FORMACION SAN SEBASTIAN
Q-ru	FORMACION RUMICOLCA
Np-cc	FORMACION CHINCHEROS
Peo-sj	GRUPO SAN JERONIMO
Pp-qc	FORMACION QUILQUE Y CHILCA
Ks-pu	FORMACION PUQUIN
Ki-ma	FORMACION MARAS
Ki-pb	FORMACION PAUCARBAMBA
Ki-hn	FORMACION HUANCANE
PsTi-m	GRUPO MITU
Pi-c	GRUPO COPACABANA
SD-p	FORMACION PAUCARTAMBO
Om-sj	FORMACION SAN JOSE
P-gr	INTRUSIVOS PERMIANOS

SIMBOLOGIA

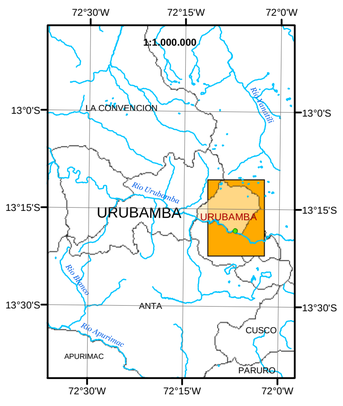
- ESCARPA DE DESLIZAMIENTO
- CONTACTO
- FALLA
- FALLA INVERSA
- EJE DE ANTICLINAL
- PUNTOS DE CONTROL
- POBLADOS
- CASERIOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- NEVADO
- LAGUNA
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA URBANA
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

0 500 1.000 2.000 3.000 Metros

1:25.000



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO
INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

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

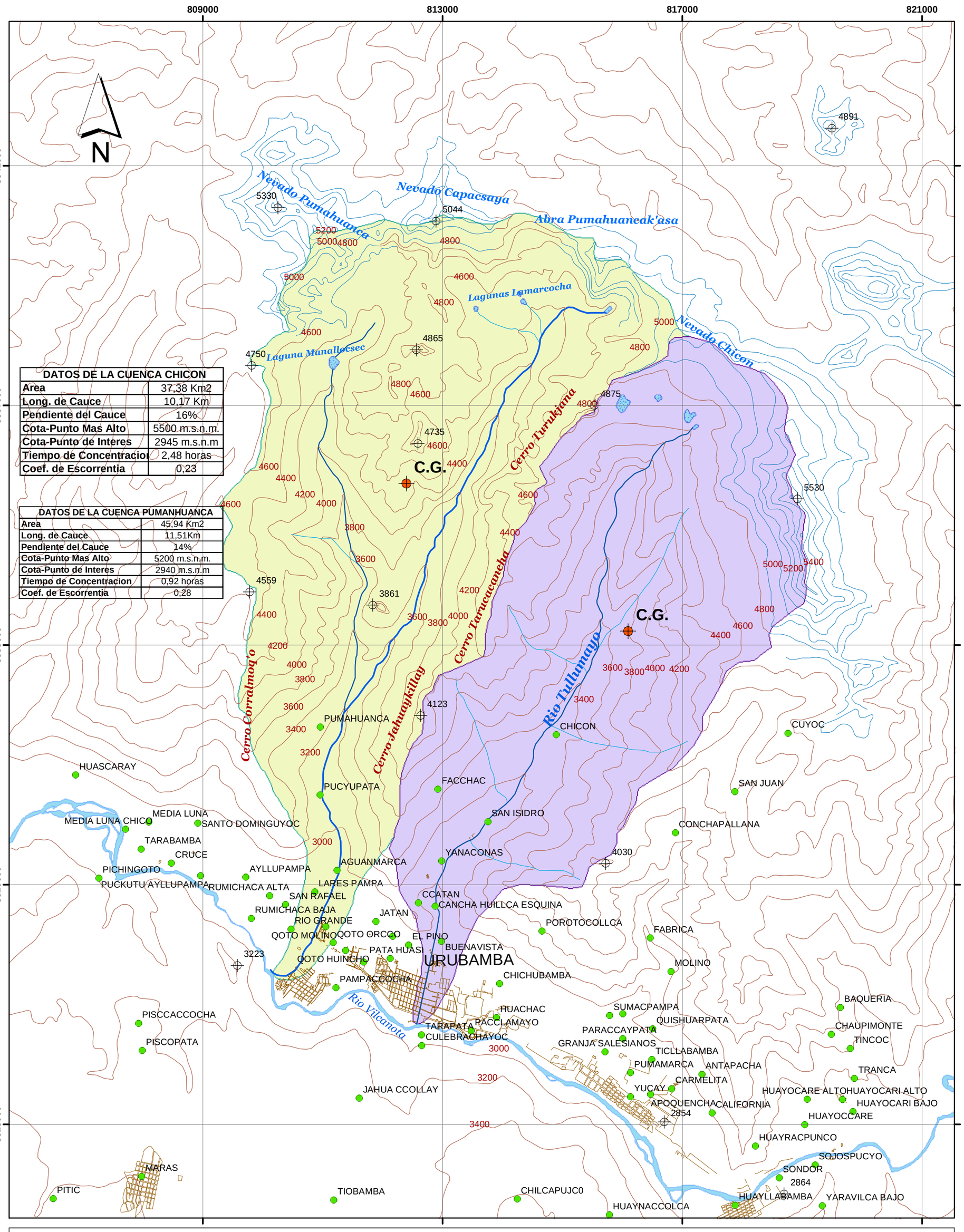
CIUDAD
URUBAMBA

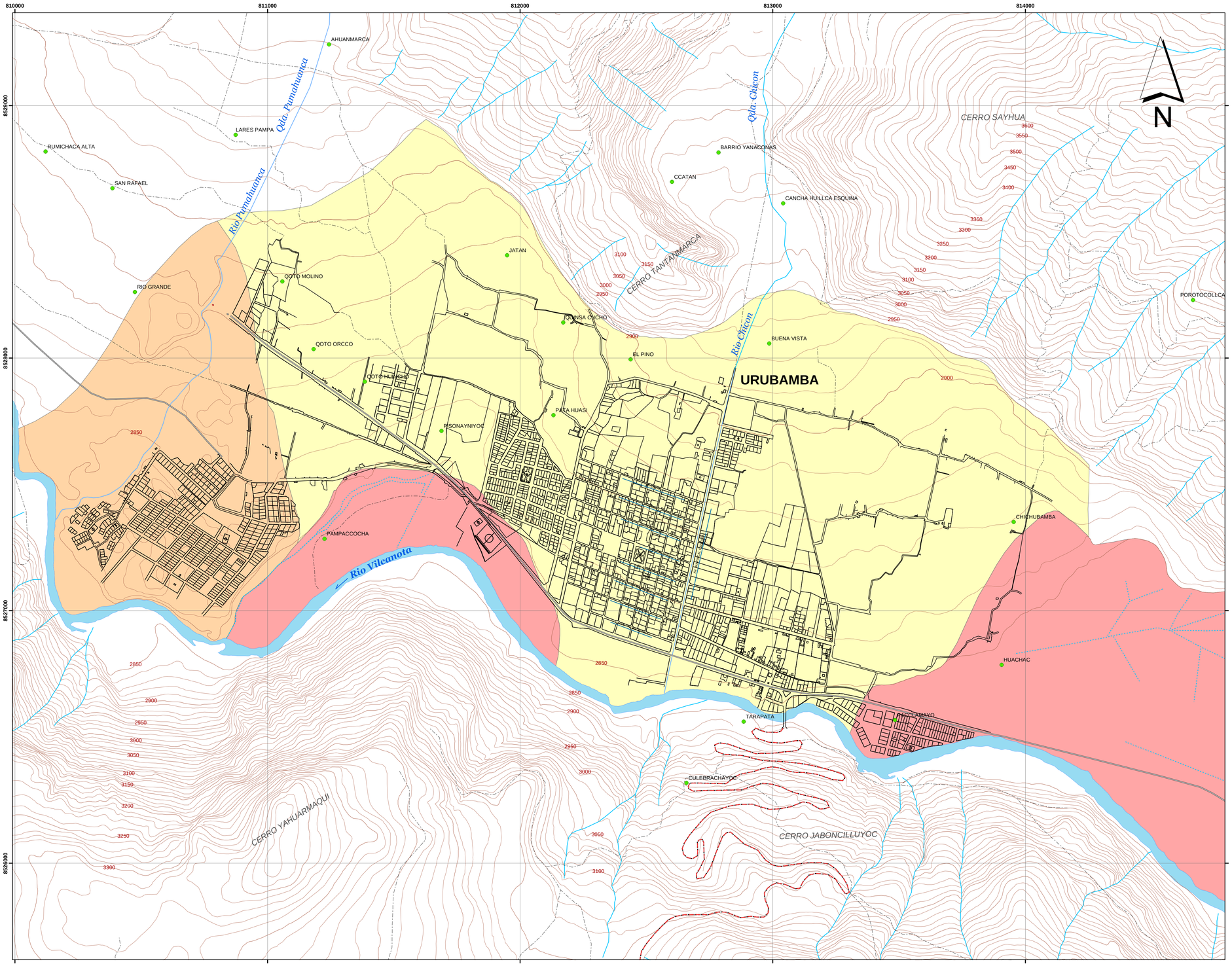
MAPA
GEOLOGICO

UBICACION
DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM
WGS84 UTM ZONA 18S

ESCALA	FECHA :	MAPA NRO.
1:25.000	JULIO DEL 2005	02
CONSULTOR GEOLOGIA: ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX	CONSULTOR CAD -GIS: ING. HECTOR ACURIO CRUZ	


809000
813000
817000
821000
8541000
8537000
8533000
8529000
8525000
N
Nevado Pumahuanca
Nevado Capacsaya
Abra Pumahuaneak'asa
Nevado Chicon
Lagunas Lamarcocha
Laguna Manallocsec
Cerro Turukjana
Cerro Tarucacancha
Cerro Jahuaykillay
Cerro Corralmoq'o
Río Tullumayo
Río Vilcanota
C.G.
C.G.
DATOS DE LA CUENCA CHICON
Area 37,38 Km2
Long. de Cauce 10,17 Km
Pendiente del Cauce 16%
Cota-Punto Mas Alto 5500 m.s.n.m.
Cota-Punto de Interes 2945 m.s.n.m
Tiempo de Concentracion 2,48 horas
Coef. de Escorrentia 0,23
DATOS DE LA CUENCA PUMANHUANCA
Area 45,94 Km2
Long. de Cauce 11,51Km
Pendiente del Cauce 14%
Cota-Punto Mas Alto 5200 m.s.n.m.
Cota-Punto de Interes 2940 m.s.n.m
Tiempo de Concentracion 0,92 horas
Coef. de Escorrentia 0,28
PUMAHUANCA
CHICON
CUYOC
HUASCARAY
PUCYUPATA
FACCHAC
SAN JUAN
SAN ISIDRO
MEDIA LUNA
MEDIA LUNA CHICO
SANTO DOMINGUYOC
CONCHAPALLANA
TARABAMBA
CRUCE
YANACONAS
PICHINGOTO
AYLLUPAMPA
AGUANMARCA
PUCKUTU AYLLUPAMPA
RUMICHACA ALTA
LARES PAMPA
SAN RAFAEL
CCATAN
CANCHA HUILLCA ESQUINA
RUMICHACA BAJA
JATAN
RIO GRANDE
POROTOCOLLCA
FABRICA
QOTO MOLINO
QOTO ORCCO
EL PINO
BUENAVISTA
PATA HUASI
QOTO HUINCHO
URUBAMBA
MOLINO
PAMPACCOCHA
CHICHUBAMBA
BAQUERIA
PISCCACCOCHA
HUACHAC
SUMACPAMPA
QUISHUARPATA
TARAPATA
PACCLAMAYO
CHAUPIMONTE
PISCOPATA
CULEBRACHAYOC
PARACCAYPATA
TINCOC
GRANJA SALESIANOS
TICLLABAMBA
PUMAMARCA
ANTAPACHA
TRANCA
CARMELITA
JAHUA CCOLLAY
YUCAY
HUAYOCARE ALTO
HUAYOCARI ALTO
APOQUENCHA
CALIFORNIA
HUAYOCARI BAJO
HUAYOCCARE
HUAYRACPUNCO
SOJOSPUCYO
MARAS
SONDOR
PITIC
TIOBAMBA
CHILCAPUJC0
HUAYNACCOLCA
HUAYLLABAMBA
YARAVILCA BAJO
4891
5330
5044
5200
5000
4800
4600
4865
4750
4875
4735
4400
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
5530
4559
3861
4123
4030
3223
2854
2864
0 500 1.000 2.000 3.000 4.000
Metros
1:53.963
SIMBOLOGIA
CENTROIDE
PUNTOS DE CONTROL
POBLADOS
ZONA URBANA
RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
RIOS DE PRIMER ORDEN
RIOS DE SEGUNDO ORDEN
RIOS DE TERCER ORDEN
NEVADO
LAGUNA
CURVAS DE NIVEL C-200 m
LIMITE CUENCA PUMAHUANCA
LIMITE CUENCA CHICON
1:25.000.000
CUSCO
URUBAMBA
DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA
1:1.250.000
LA CONVENCION
Rio Urubamba
URUBAMBA
Rio Blanco
ANTA
Rio Apurimac
APURIMAC
CUSCO
PARURO
DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
I N D E C I
PROYECTO
INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES
ESTUDIO
MAPA DE PELIGROS DE LAS CIUDADES DE PISAQ, CALCA, URUBAMBA Y OLLANTAYTAMBO
CIUDAD
URUBAMBA
MAPA
CUENCA HIDROLOGICA
QUEBRADAS PUMAHUANCA Y CHICON
UBICACION
DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA
DATUM
WGS84 UTM ZONA 18S
ESCALA
1:50.000
FECHA :
JULIO DEL 2005
MAPA NRO.
03
CONSULTOR HIDROLOGIA
ING. SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ
CONSULTOR CAD -GIS
ING. HECTOR ACURIO CRUZ



SIMBOLOGIA

- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA_URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

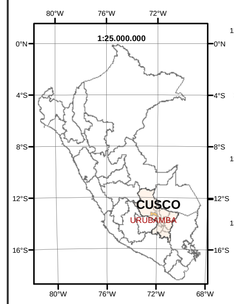
LEYENDA

Kg/cm2

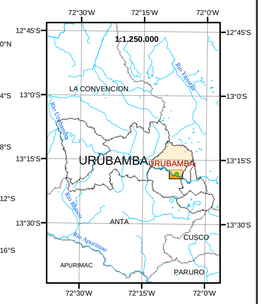
- 0,50 A 1,00
- 1,00 A 1,50
- 1,50 A 2,00

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:7.500



DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

FUENTE:

CARTA 27R ESCALA 1:100000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.

27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD D E URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS

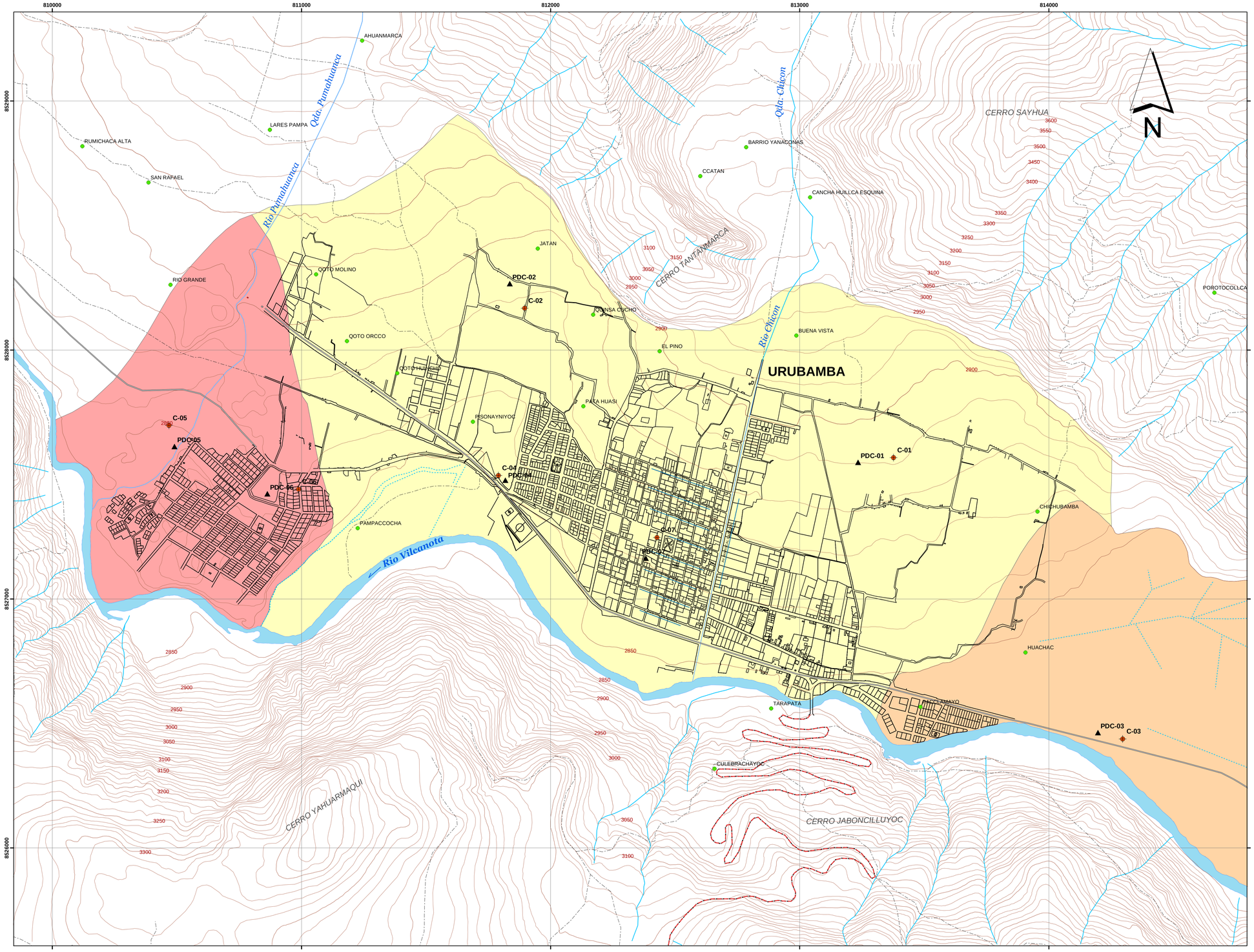
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

	ESCALA **1:7.500**	FECHA : **JULIO DEL 2005**	**MAPA NRO.**
	CONSULTOR GEOTECNIA **ING. AMERICO MONTAÑEZ TUPAYACHI**	**CONSULTOR CAD -GIS** **ING. HECTOR ACURIO CRUZ**	04



SIMBOLOGIA

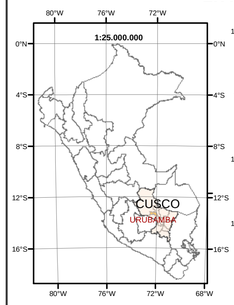
- AUSCULTACION DINAMICA
- CALICATA
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA_URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA

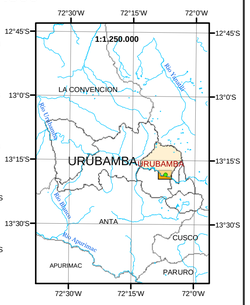
SM;SM-SC	ARENA LIMOSA
ML	LIMO INORGANICO ARENOSO
GW: GM ;GP-GM GW-GM	GRAVA BIEN Y POBREMENTE GRADUADA

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:7.500



DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

FUENTE:

CARTA 27R ESCALA 1:100000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.
27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD D E URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

CLASIFICACION DE SUELOS

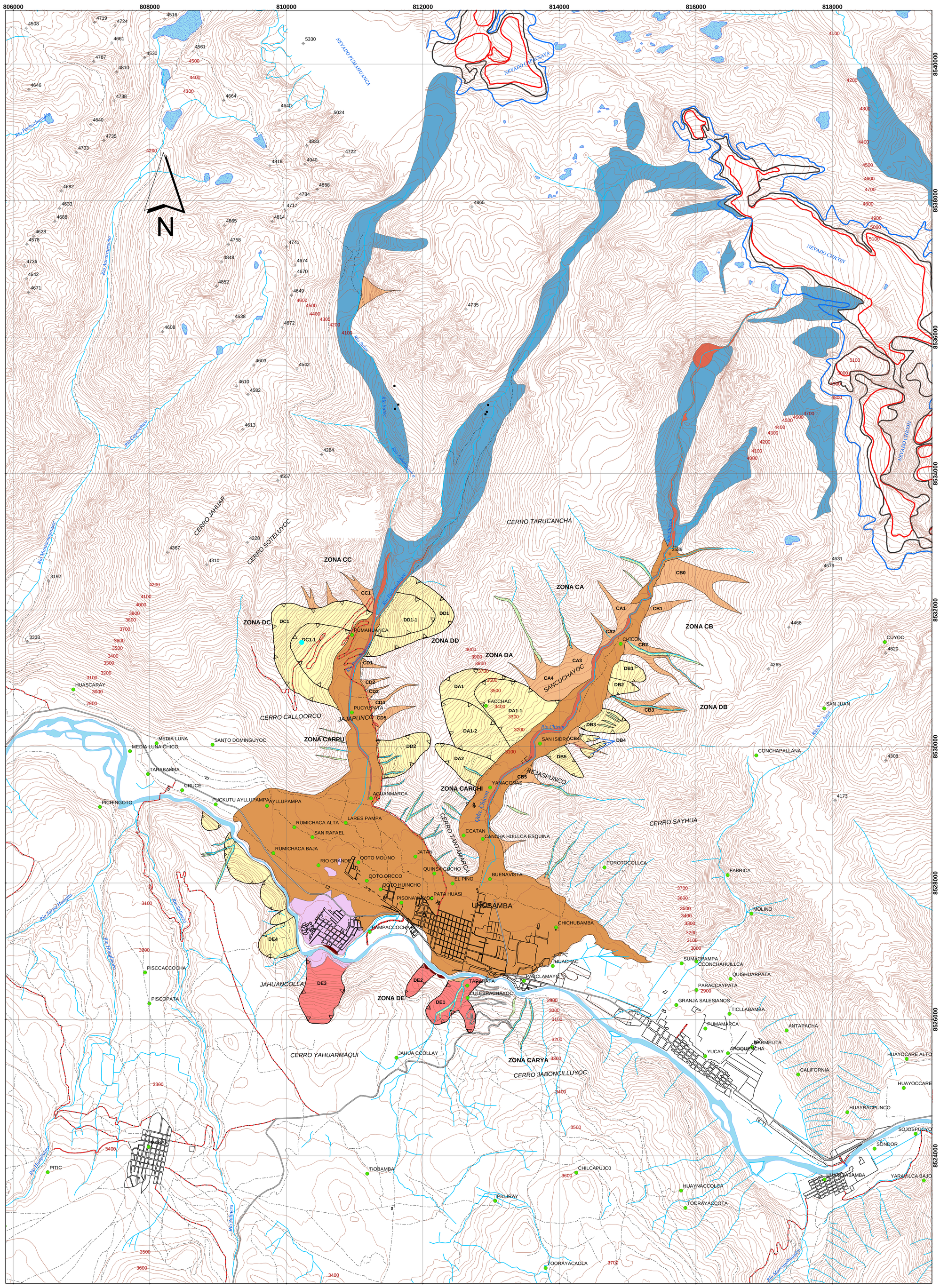
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

	ESCALA **1:7.500**	FECHA : **JULIO DEL 2005**	**MAPA NRO.**
	CONSULTOR GEOTECNIA **ING. AMERICO MONTAÑEZ TUPAYACHI**	CONSULTOR CAD -GIS **ING. HECTOR ACURIO CRUZ**	**05**



FUENTE:

MAPA GEOGRAFICO - HOJA 2444 (27r) ESCALA 1:100 000 - INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL - IGN
MAPAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25 000 - PROYECTO ESPECIAL DE TITULACION DE TIERRAS - PETT
27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO

PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

0 500 1.000 2.000 3.000 Metros

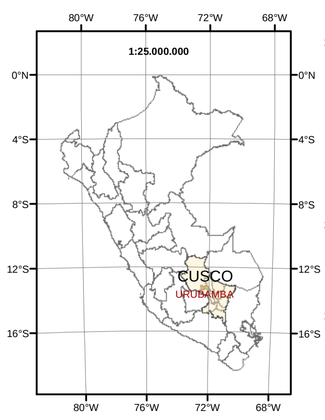
1:25.000

L E Y E N D A

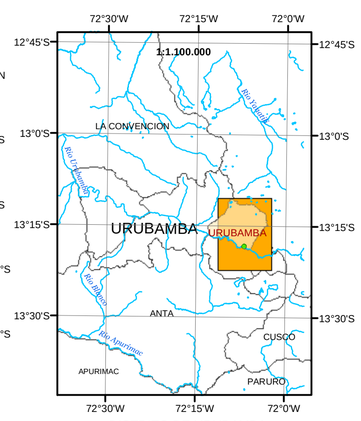
- DESLIZAMIENTO ACTIVO
- DESLIZAMIENTO ANTIGUO
- MATERIAL DESLIZADO
- DERRUMBE
- EROSION DE CAUCE
- CONOS ALUVIALES GRANDES
- CONOS ALUVIALES PEQUEÑOS
- CARCAVA

S I M B O L O G I A

- PUNTOS DE CONTROL
- ESCARPA DE DESLIZAMIENTO
- POBLADOS
- CASERIOS
- BORDE NEVADO 1963
- BORDE NEVADO 1991
- BORDE NEVADO 2000
- MORRENA
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- LAGUNA
- CURVAS DE NIVEL C-100 m
- ZONA URBANA
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES



DEPARTAMENTO DEL CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

GEODINAMICO

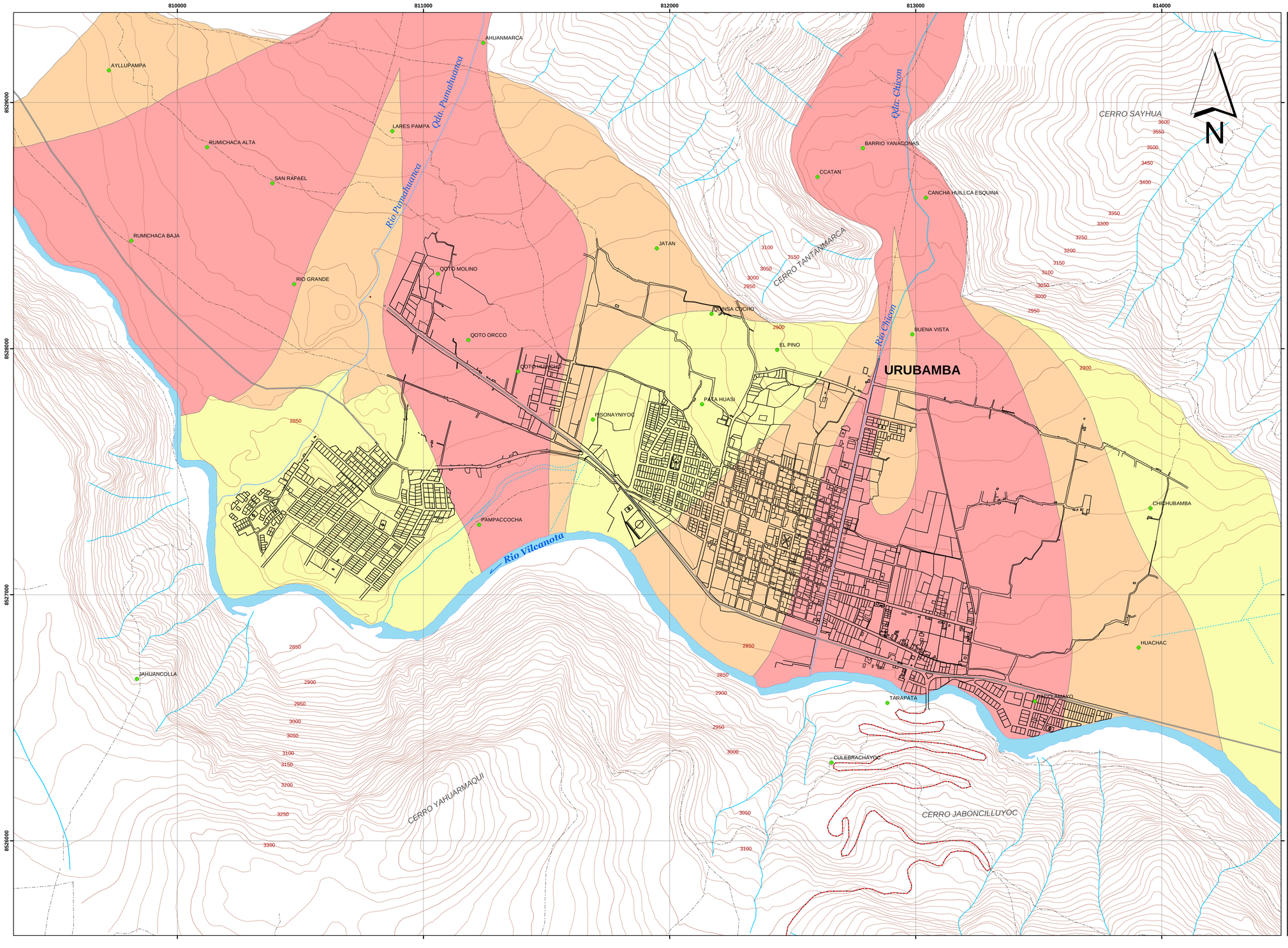
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

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



SIMBOLOGIA

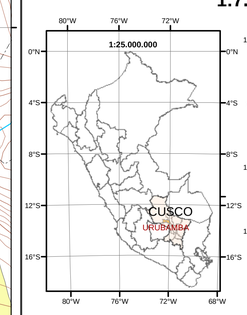
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA_URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

LEYENDA

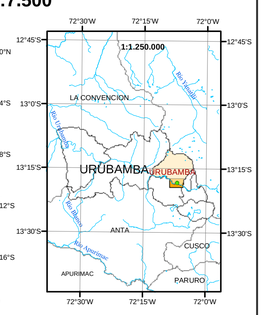
- PELIGRO MUY ALTO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO A BAJO

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:7.500



DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

FUENTE:

CARTA 27R ESCALA 1:100000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.
27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD D E URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

ZONIFICACION DE PELIGRO POR ALUVION

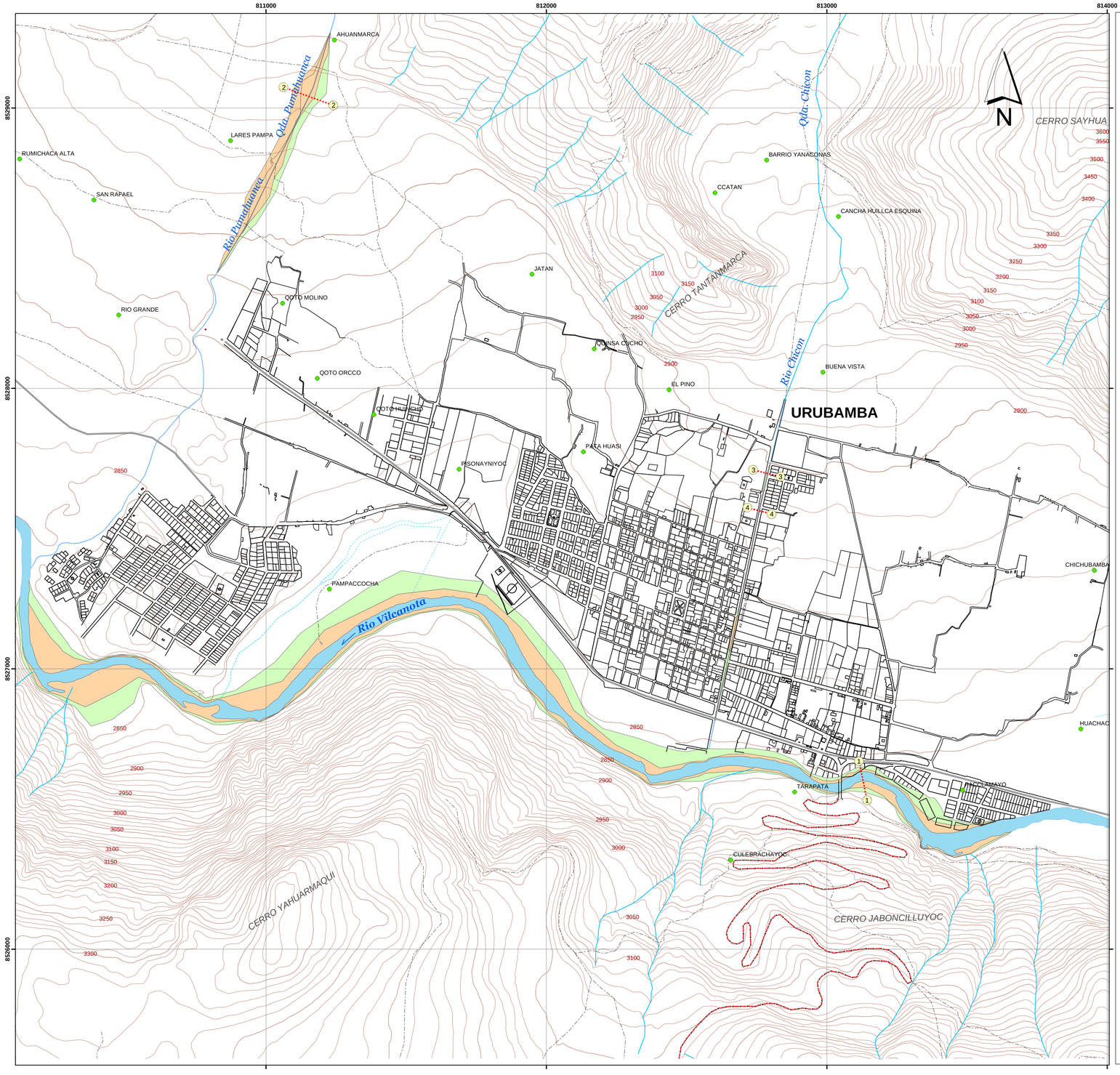
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

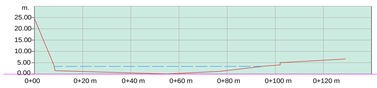
	ESCALA **1:7.500**	FECHA : **JULIO DEL 2005**	**MAPA NRO.**
	CONSULTOR GEOLOGIA **ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX**	**CONSULTOR CAD -GIS** **ING. HECTOR ACURIO CRUZ**	**07**



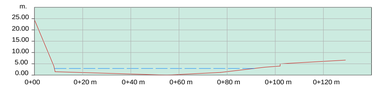
PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO VILCANOTA AGUAS ARRIBA PUENTE URUBAMBA

SECCION 1 -1

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO PUMAHUANCA

SECCION 2 - 2

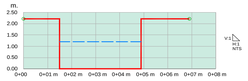
PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

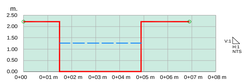
PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO CHICON

SECCION 3 - 3

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

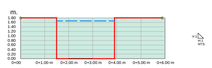


PERFIL TRANSVERSAL Y NIVELES DE INUNDACION RIO CHICON

SECCION 4 - 4

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



SIMBOLOGIA

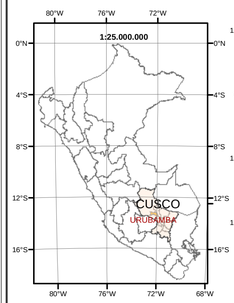
- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA_URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES
- CORTES

LEYENDA

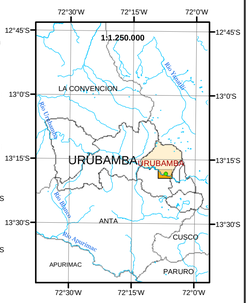
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO A BAJO

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:7.500



DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

FUENTE:

CARTA 27R ESCALA 1:100000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.
27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD D E URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

ZONIFICACION DE PELIGRO POR INUNDACION

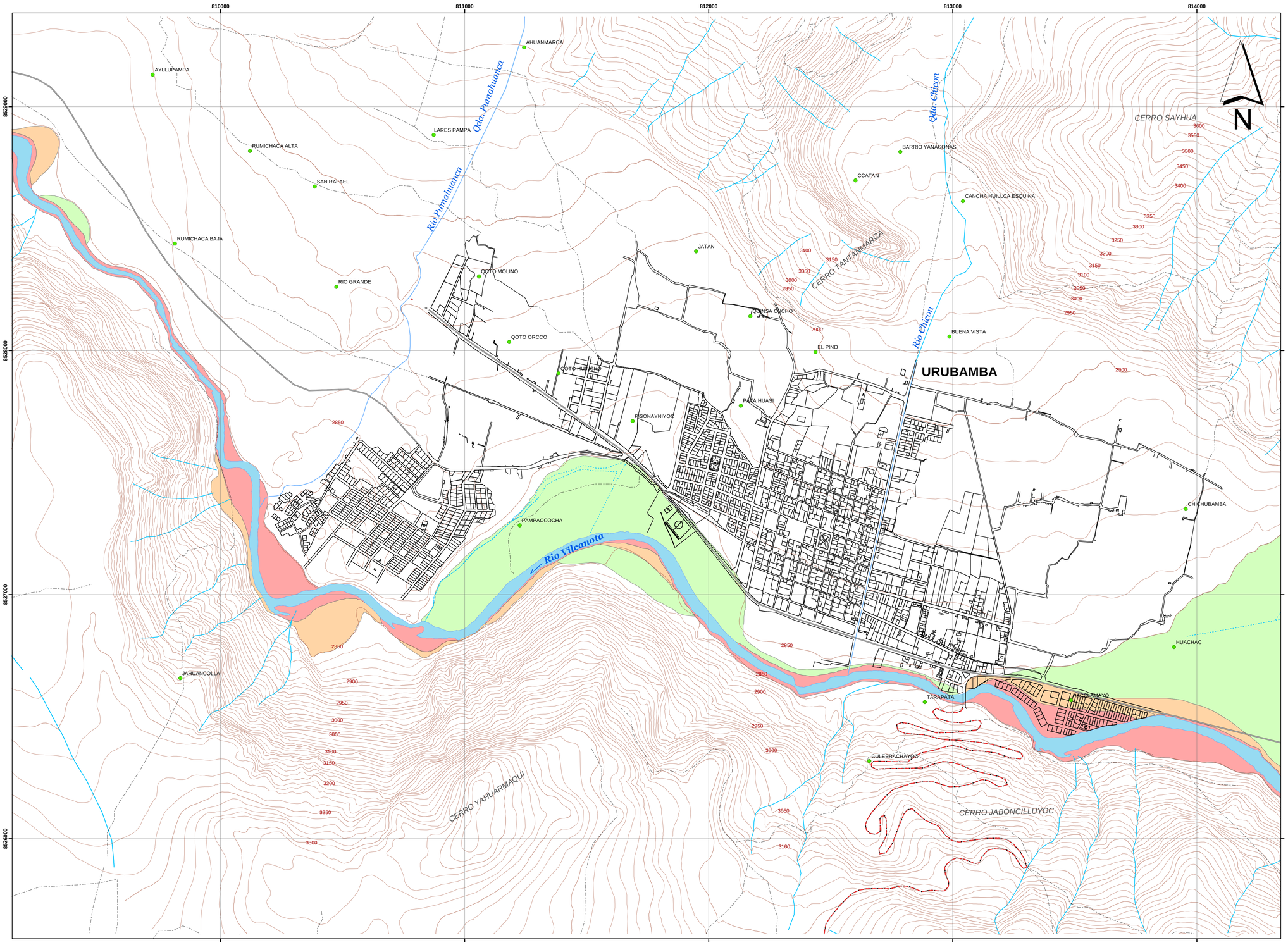
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

	ESCALA **1:7.500**	FECHA : **JULIO DEL 2005**	**MAPA NRO.**
	CONSULTOR HIDROLOGIA **ING. SANDRO GUTIERREZ SAMANEZ**	CONSULTOR CAD -GIS **ING. HECTOR ACURIO CRUZ**	**08**



SIMBOLOGIA

- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA_URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

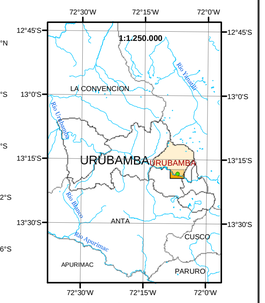
LEYENDA

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

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:7.500

DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

FUENTE:

CARTA 27R ESCALA 1:100000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.

27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD D E URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

ZONIFICACION GEOLOGICA DE PELIGRO POR INUNDACION DEL RIO VILCANOTA

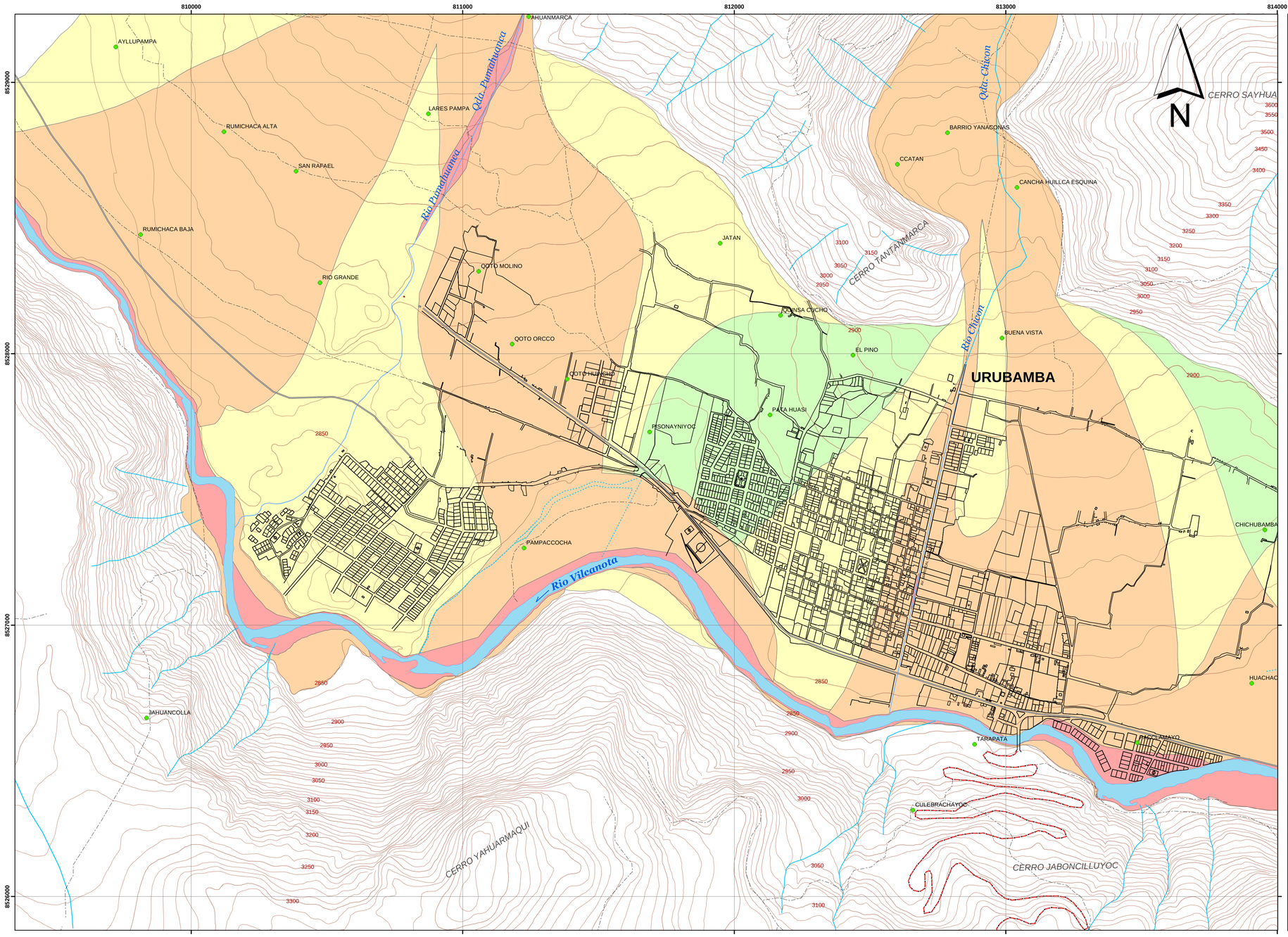
UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

	ESCALA **1:7.500**	FECHA : **JULIO DEL 2005**	**MAPA NRO.**
	CONSULTOR GEOLOGIA **ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX**	CONSULTOR CAD -GIS **ING. HECTOR ACURIO CRUZ**	**09**



SIMBOLOGIA

- POBLADOS
- RIO PRINCIPAL (VILCANOTA)
- RIOS Y RIACHUELOS (AFLUENTES DEL VILCANOTA)
- CURVAS DE NIVEL C-50 m
- ZONA_URBANA
- CANAL
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARROZABLE
- CAMINOS PEATONALES

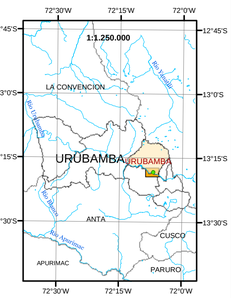
LEYENDA

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

0 50 100 200 300 400 500 Metros

1:7.500

DEPARTAMENTO DE CUSCO
PROVINCIA DE URUBAMBA



DISTRITO DE URUBAMBA
ZONA DE DE ESTUDIO

FUENTE:
CARTA 27R ESCALA 1:100000 IGN
CARTAS DIGITALIZADAS A ESCALA 1:25000 -DEL PETT.
27r - I - SE 27r - I - SO
27r - II - NE 27r - II - NO
PLANO: CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD D E URUBAMBA - MUNICIPALIDAD DE URUBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

I N D E C I

PROYECTO

INDECI-PNUD PER 02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

ESTUDIO

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

CIUDAD

URUBAMBA

MAPA

ZONIFICACION DE PELIGROS MULTIPLES

UBICACION

DPTO.: CUSCO. PROV.: URUBAMBA.
DIST.: URUBAMBA

DATUM

WGS84 UTM ZONA 18S

	ESCALA **1:7.500**	FECHA : **JULIO DEL 2005**	**MAPA NRO.**
	COORDINADOR **ING. VICTOR CARLOTTO CAILLAUX**	**CONSULTOR CAD -GIS** **ING. HECTOR ACURIO CRUZ**	**10**

ANEXO Nº 01:

HIDROLOGIA

ANEXO Nº 02:
UBICACIÓN DE CALICATAS Y AUSCULTACIONES

ANEXO Nº 03:

FICHAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO

ANEXO Nº 04:

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

ANEXO Nº 05:

CALCULOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DE CIMENTACIONES

ANEXO Nº 06:

PANEL FOTOGRAFICO

Fotos del desarrollo de los trabajos geológico-geodinámico

Foto 16: Vista panorámica de los cerros Yahuarmaqui y Jaboncilluyoc, mostrando deslizamientos activos.

Foto 17: Deslizamiento activo DE2.

Foto 18: Deslizamiento activo DE3 (Yahuarmaqui), mostrando agrietamientos en la parte alta.

Foto 19: Masa deslizada del Cerro Yahuarmaqui (Qotoorqo o Qotohuincho) ubicada en la margen derecha del río Vilcanota, donde se asientan varias urbanizaciones

Foto 20: Flujos aluviónicos antiguos en la margen derecha del río Chicón.

Foto 21: Vista tomada del Riachuelo Tullumayo (Actual avenida Mariscal Castilla) antes del aluvión de 1942.

Foto 22: Vista tomada del riachuelo Tullumayo (Actual avenida Mariscal Castilla) mostrando los bloques de roca depositados por el aluvión de 1942.

Foto 23: Tramo inicial canalizado del río Tullumayo (Avenida Mariscal Castilla).

Foto 24: Parte Baja de la Av. Mariscal Castilla, con canalización subterránea del río Tullumayo.

Foto 25: Desagüe del río Tullumayo hacia el río Vilcanota, mostrando la acumulación de residuos sólidos.

Foto 26: Parte baja de la comunidad de Chichubamba, mostrando andenerías incas utilizadas en la agricultura actual.

Foto 27: Palacio Wayna Capac, con mampostería fina inca, recientemente resturado.

Foto 28: Vista panorámica del cono Pumahuanca mostrando principalmente las áreas verdes.

Foto 29: Margen derecha del río Vilcanota mostrando muros de contención aguas abajo del desagüe del río Tullumayo.

Foto 30: Peligro muy alto frente a inundaciones en la margen izquierda del río Vilcanota; se puede apreciar la construcción de viviendas rusticas.

Foto 31: Peligro muy alto frente a inundaciones en la margen derecha del río Vilcanota; se puede apreciar construcciones de viviendas muy cerca de sus riberas.

Foto 32: Peligro muy alto frente a Inundaciones (Margen izquierda) y erosión fluvial de la margen derecha del río Vilcanota (Qotoorqo).

Foto 33: Peligro muy alto a medio-bajo frente a Inundaciones en la margen izquierda del río Vilcanota, respetándose el área marginal.

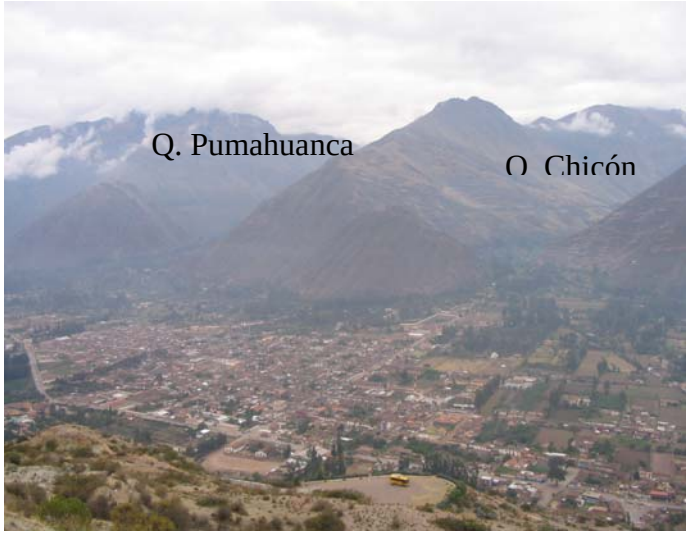


Foto 1: Ciudad de Urubamba, situadas en los conos aluviales Chicón y Pumahuanca provenientes de las quebradas del mismo nombre.

Foto 2: Piso de valle Chicón, mostrando restos de aluviones antiguos y forestación de eucaliptos y reforestación de vegetación nativa.

Foto 3: Margen izquierda del río Chicón deforestado y corte de talud de depósitos del último aluvión de 1942.

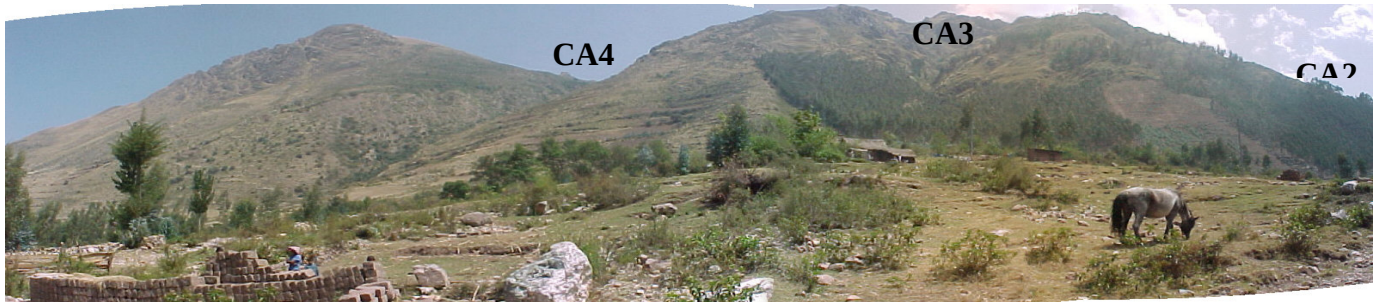


Foto 4: Vista panorámica de los conos aluviales CA3 y CA4, mostrando en sus laderas áreas de expansión urbana (Sancuchayoc), así como zonas forestadas y reforestadas.

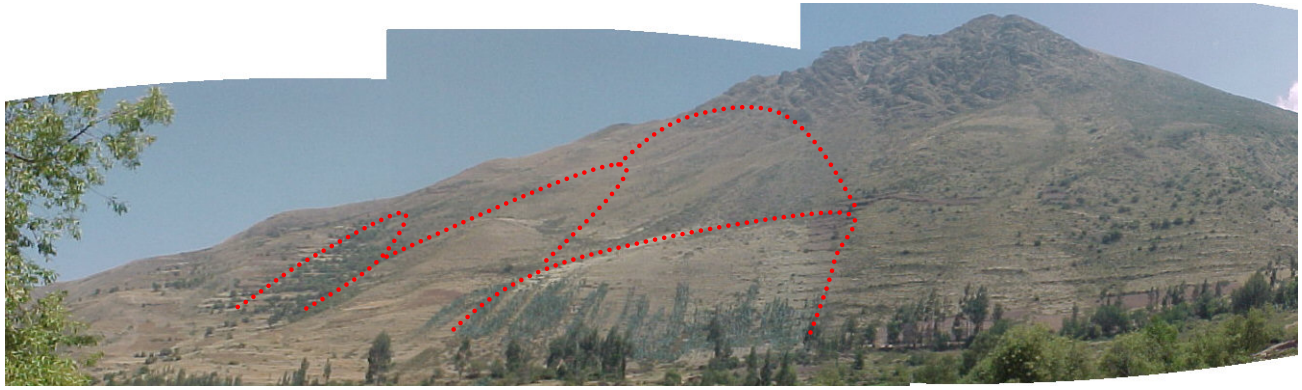


Foto 5: Vista panorámica de la zona de deslizamientos DA (DA1 y DA2).

Foto 6: Parte del poblado de San Isidro (Chicón) mostrando áreas recientes de expansión en una zona de aluviones antiguos, que se evidencia por los grandes bloques de rocas.

Foto 7 : Problemas de derrumbe por corte de talud en la parte baja del deslizamiento DA1-1 (San Isidro).

Foto 8: Deslizamiento DA2, mostrando en la parte baja inestabilidad de su ladera.

Foto 9: Cono aluvial CB3, mostrando las partes altas muy forestados, mientras que la parte baja se encuentra deforestada.

Foto 10: Carretera afectada por erosión del río Chicón.

Foto 11: Deslizamiento DB1 (izquierda) y DB2 (derecha), mostrando sus laderas deforestadas.

Foto 12: Parte del Cono aluvial CB4, mostrando en su margen izquierda parte del deslizamiento activo DB4.

Foto 13: Parte alta de la quebrada Pumahuanca mostrando morrenas colgadas por erosión fluvial.

Foto 14: Depósitos de conos antiguos ubicados en la quebrada Pumahuanca.

Foto 15: Deslizamiento DD1, mostrando las áreas forestadas.

Fotos del desarrollo de los trabajos geotécnicos

Fotos del desarrollo de los trabajos hidrológicos