ESTUDIO
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y LOCALIDAD DE QQEHUAR

INFORME FINAL

PROYECTO INDECI-PNUD PER 02/051
CIUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI

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

JAMES ATKINS LERGGIOS

Asesor Técnico Principal

JULIO KUROIWA HORIUCHI

Asesor

ALFREDO PEREZ GALLENO

Responsable del Proyecto

ALFREDO ZERGA OCAÑA

Director Regional Cuarta Región de Defensa Civil

HIPOLITO CRUCHAGA MERCEDES

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
INDECI

EQUIPO TECNICO CONSULTOR

COORDINADOR – RESPONSABLE DEL ESTUDIO
ING. WASHINGTON ESQUIVEL ZAMORA

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA
EVALUACION GEOLOGICA
ING. DIMAS APAZA IDME.

ESPECIALISTA CAD – SIG
EVALUACION ANTROPICA
ARQ. HUGO FARFAN ALVAREZ

ESPECIALISTA EN HIDROLOGIA
EVALUACION HIDROLOGICA
ING. CARLOS HUGO LOAIZA SCHIAFFINO

AUTORIDADES MUNICIPALES

YURI RICARDO CORNEJO SANCHEZ
ALCALDE DE LA CIUDAD DE SICUANI

ING TOMAS CONTO
SECRETARIO TECNICO DEL COMITÉ DE DEFENSA CIVIL

CONTENIDO

		Pág.
RESUMEN EJECUTIVO		
CAPITULO I:	**GENERALIDADES**	1
1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	2
1.2	MARCO LEGAL	3
1.3	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	3
1.4	DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	3
1.5	UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	4
1.6	ACCESOS Y VIAS DE COMUNICACIÓN	5
1.7	CONDICIONES CLIMÁTICAS.	5
CAPITULO II:	**FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**	8
2.1	GENERALIDADES	8
2.2	FASE DE RECOPILACION DE INFORMACION EXISTENTE.	9
2.3.	FASE DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO	12
2.4.	FASE ENSAYO DE LABORATORIO	13
2.5.	FASE DE TRABAJOS EN GABINETE	14
CAPITULO III:	**ESTUDIOS BÁSICO**	17
3.1	GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO	17
3.1.1	GEOLOGIA DE LA ZONA.	17
3.1.2	GEOLOGIA REGIONAL	21
3.1.3	ESTRATIGRAFIA REGIONAL	22
3.1.4	ESTRATIGRAFIA LOCAL	25
3.1.5	RIESGO SÍSMICO DE LA REGIÓN	28
3.2	GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO UBICACIÓN DE CALICATAS – SICUANI UBICACIÓN DE CALICATAS – QQEHUAR.	31
3.2.1	CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA CIUDAD DE SICUANI	32
3.2.2	CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA LOCALIDAD DE QQEHUAR	32
3.2.3	PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA FREÁTICA-SICUANI	32
3.2.4	PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA FREÁTICA-QQEHUAR	33
3.2.5	ENSAYOS DE PENETRACIÓN CONO DE PECK EN LA CIUDAD DE SICUANI	33
3.2.6	ENSAYOS DE PENETRACIÓN CONO DE PECK – QQEHUAR	33
3.2.7	CLASIFICACION DE SUELOS DE LA CIUDAD DE SICUANI	33
3.2.8	CLASIFICACION DE SUELOS DE LA LOCALIDAD DE QQUEHUAR	34
3.2.9	EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS – ANÁLISIS GEOTÉCNICO	34
3.2.9.1	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE – SICUANI – QQEHUAR.	34
3.2.9.2	ASENTAMIENTOS INMEDIATOS	36
3.2.9.3	ASENTAMIENTOS DIFERIDOS	37
3.2.9.4	AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN ANALISIS DE RESULTADOS GEOTECNICOS	37
3.3	HIDROLOGÍA DEL ÁREA DEL ESTUDIO	40
3.3.1	GENERALIDADES	40
3.3.2	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL RÍO VILCANOTA EN LA CIUDAD DE SICUANI	42
3.3.2.1	ÁREA DE LA CUENCA	42
3.3.2.2	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	42
3.3.2.3	PENDIENTE PROMEDIO	42
3.3.2.4	HIDROGRAFÍA	42
3.3.2.5	FORMA DE CUENCA	43
3.3.2.6	MODIFICACIONES NATURALES Y/O ARTIFICIALES	43
3.3.3	CLIMATOLOGÍA DE LA CIUDAD DE SICUANI	43
3.3.3.1	TENSIÓN DE VAPOR	43
3.3.3.2	EVAPORACIÓN	44
3.3.3.3	HORAS DE SOL	44

3.3.3.4	HUMEDAD	44
3.3.3.5	VIENTOS	45
3.3.3.6	TEMPERATURAS	45
3.3.4	PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE SICUANI	45
3.3.4.1	PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES	45
3.3.4.2	PRECIPITACIONES TOTALES Y MEDIAS MENSUALES DE 32 AÑOS DE REGISTRO	48
3.3.4.3	PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES	50
3.3.4.4	PRECIPITACIONES MENSUALES MÁXIMAS DE 24 HORAS	52
3.3.4.5	PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES MÁXIMAS DE 24 HORAS.	53
3.3.4.6	INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES PARA DIFERENTES PERIODOS	54
3.3.5	MODELO HIDROLÓGICO DEL RIO VILCANOTA	56
3.3.6	GENERACIÓN DE CAUDALES DEL RÍO VILCANOTA	57
3.3.6.1	ECUACIÓN GENERAL DE GENERACIÓN DE CAUDALES	57
3.3.6.2	CAUDALES GENERADOS	57
3.3.6.3	CAUDALES MEDIOS ANUALES GENERADOS.	57
3.3.6.4	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFORADOS Y GENERADOS.	59
3.3.6.5	CAUDALES MEDIOS - MÁXIMOS - MÍNIMOS - Q75% Y Q90% PROMEDIO MENSUALES GENERADOS.	61
3.3.6.6	GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS DEL RÍO VILCANOTA PARA PERIODOS EXTENDIDOS	63
3.3.6.7	GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO	64
3.3.6.8	GENERACIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS PARA PERIODOS EXTENDIDOS	66
3.3.7	TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO EN SUSPENSIÓN Y POR ARRASTRE DEL RÍO VILCANOTA	67
3.3.8	TURBULENCIA HIDRAÚLICA DEL RÍO VILCANOTA	69
3.3.9	RÉGIMEN HIDRÁULICO DEL RÍO VILCANOTA	70
3.3.10	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO VILCANOTA	70
3.3.10.1	CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO HIDRÁULICO	70
3.3.10.2.	ECUACIÓN GENERAL DE DISEÑO	71
3.3.10.3	PARÁMETROS HIDRÁULICOS DESARROLLADOS	71
3.3.11	DISEÑO HIDRÁULICO DE PELIGROS DE INUNDACIÓN PARA LAS MICRO CUENCAS Y CUENCAS DE LA CIUDAD DE SICUANI	72
3.3.11.1	MODELO HIDROLÓGICO PARA LAS MICRO CUENCAS DE LA CIUDAD DE SICUANI	72
3.3.11.2	IDENTIFICACIÓN DE MICRO CUENCAS, CUENCAS, RÍOS Y CANALES CON ALTO PELIGRO DE INUNDACIÓN	73
3.3.11.3.	DETERMINACIÓN DE LAS MICRO CUENCAS CON ALTO PELIGRO DE INUNDACIÓN	73
3.3.11.4	GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA LAS MICRO CUENCAS DE LA CIUDAD DE SICUANI	75
3.3.11.5	GENERACIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO.	77
3.3.11.6	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LOS CAUCES ALUVIALES DE LACIUDAD DE SICUANI	77
3.3.12	DISEÑO HIDRÁULICO DE PELIGROS DE INUNDACIÓN PARA LA CUENCA DE CAPILLANI	78
3.3.12.1	MODELO HIDROLÓGICO PARA LA CUENCA DE CAPILLANI	78
3.3.12.2	GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO	80
3.3.12.3	ZONAS URBANAS CON PELIGRO DE INUNDACIÓN	81
3.3.12.4	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DE INUNDACIÓN	82
3.3.13	DISEÑO HIDRÁULICO DE PELIGROS DE INUNDACIÓN PARA LA CUENCA DE TORCOMA	84
3.3.13.1	MODELO HIDROLÓGICO PARA LA CUENCA DE TORCOMA	84
3.3.13.2	GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO	85
3.3.13.3	ZONAS URBANAS CON PELIGRO DE INUNDACIÓN	86
3.3.13.4	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DE INUNDACIÓN	87
3.3.14	DISEÑO HIDRÁULICO DE PELIGROS DE INUNDACIÓN PARA LA CUENCA TUMAPATA	89
3.3.14.1	MODELO HIDROLÓGICO PARA LA CUENCA DE TUMAPATA	89
3.3.14.2	GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO	90
3.3.14.3	ZONAS URBANAS CON PELIGRO DE INUNDACIÓN	91
3.3.14.4	DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA SECCION DE INUNDACION	92
3.3.15	DISEÑO HIDRÁULICO DE PELIGROS DE INUNDACIÓN PARA LA COMUNIDAD DE QQEHUAR	94

3.3.15.1 MODELO HIDROLÓGICO PARA LA CUENCA DE QQEHUAR 94
3.3.15.2 GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS DEL RÍO QQEHUAR 94
3.3.15.3 TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO EN SUSPENSIÓN Y POR ARRASTRE DEL RÍO QQEHUAR 96
3.3.15.4 TURBULENCIA HIDRÁULICA DEL RÍO QQEHUAR 97
3.3.15.5 RÉGIMEN HIDRÁULICO DEL RÍO QQEHUAR 98
3.3.15.6 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DE INUNDACIÓN 99

CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y LA LOCALIDAD DE QQEHUAR 100

4.1 EVALUACION DE PELIGROS DEL AREA URBANA Y ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE SICUANI 100
4.1.1 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS – CLIMÁTICOS. 103
4.1.2 ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO – CLIMATICOS. 106
4.2 MAPA DE PELIGROS ANTROPICOS-BASE CARTOGRAFICA 107
4.2.1 EVALUACION DE PELIGROS ANTROPICOS 107
4.3 MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS 112
4.3.1 ZONIFICACION GEOTECNICA 112
4.3.2 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LOS SUELOS 113
4.3.3 ZONAS DE PELIGROS GEOTECNICOS. 113
4.4 MAPA DE PELIGROS HIDROLOGICO – CLIMATICOS PARA LA CIUDAD DE DE SICUANI (HI-01) 115
4.4.1 MAPA DE PROYECTOS DE MITIGACION DE QQEHUAR 117
4.5. EVALUACION Y SINTESIS DEL MAPA DE PELIGROS. 118
4.5.1 PROYECTO DE MITIGACION DE LOS PELIGROS CLIMATICOS PARA LA CIUDAD DE SICUANI 120
4.5.1.1 PROYECTOS DE MITIGACIÓN A CORTO PLAZO PARA LA CIUDAD DE SICUANI 121
4.5.1.2 PROYECTOS DE MITIGACIÓN A MEDIANO PLAZO PARA LA CIUDAD DE SICUANI 122
4.5.1.3 PROYECTOS DE MITIGACION A LARGO PLAZO PARA LA CIUDAD DE SICUANI 123
4.5.2 PROYECTO DE MITIGACION DE PELIGROS CLIMATICOS PARA LA COMUNIDAD DE QQEHUAR 123
4.5.2.1 PROYECTOS DE MITIGACIÓN A CORTO PLAZO PARA LA COMUNIDAD DE QQEHUAR 123
4.5.2.2 PROYECTOS DE MITIGACIÓN A MEDIANO PLAZO PARA LA COMUNIDAD DE QQEHUAR 124
4.5.2.3 PROYECTOS DE MITIGACIÓN A LARGO PLAZO PARA LA COMUNIDAD DE QQEHUAR 126

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 127

ANEXOS

0 CARPETA DE PLANOS.
1 MAPA DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
2 MAPA BASE DE CONJUNTO SICUANI - QQEHUAR
3 MAPA BASICO URBANO - SICUANI
4 MAPA BASICO URBANO -QQEHUAR
5 MAPA DE PENDIENTES - SICUANI
6 MAPA GEOMORFOLOGICO - SICUANI
7 MAPA LITOLOGICO - SICUANI
8 MAPA DE SECCIONES ESTRUCTURALES - SICUANI
9 MAPA DE PENDIENTES - QQEHUAR
10 MAPA GEOMORFOLOGICO - QQEHUAR
11 MAPA LITOLÓGICO QQEHUAR
12 MAPA DE UBICACION DE CALICATAS Y TIPOS DE SUELOS – SICUANI
13 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE- SICUANI.
14 MAPA DE UBICACIÓN DE CALICATAS Y TIPOS DE SUELOS – QQEHUAR.
15 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE – QQEHUAR.

16 MAPA DE AREAS INESTABLES – SICUANI.
17 MAPA DE PELIGROS GEOLOGICOS SICUANI.
18 MAPA DE PELICROS GEOLOGICOS – QQEHUAR.
19 MAPA DE PIEZOMETRIA – QQEHUAR.
20 INVENTARIO DE PELIGROS ANTRÓPICOS.
21 MAPA DE PELIGRO ANTRÓPICO – SICUANI.
22 MAPA DE PELIGRO GEOTÉCNICO – QQEHUAR.
23 MAPA DE PELIGRO GEOTÉCNICO – QQEHUAR.
24 MAPA DE PELIGROS CLIMÁTICOS – SICUANI.
25 MAPA DE PELIGROS CLIMÁTICOS – QQEHUAR.
26 MAPA DE SINTESIS DE PELIGROS – SICUANI.
27 MAPA DE SINTESIS DE PELIGROS – QQEHUAR.
28 MAPA DE LOCALIZACION DE PROYECTOS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS – SICUANI
29 MAPA DE LOCALIZACION DE PROYECTOS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS - QQEHUAR

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio ha sido ejecutado dentro del contexto del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051- Ciudades Sostenibles, con el propósito de contar con un documento técnico científico de Mapas de Peligros de la ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar, ubicado en el departamento de Cusco, con el fin de promover la mitigación de los riesgos relacionados con la ocurrencia de diversos fenómenos naturales de origen geológico, geotécnico e hidrológico, así como fenómenos de origen antrópico mediante la incorporación de la prevención de los desastres, en la planificación del desarrollo económico, social y el ordenamiento territorial de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar,.

El estudio de Mapas de Peligros de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar, indica que el agente principal es el agua producto de las precipitaciones pluviales, cuya intensidad entre la temporada de máximas avenidas es activa. En los meses de Diciembre a Marzo las aguas de todos los ríos y riachuelos se incrementan desembocando sus aguas al río Vilcanota, la subida de los niveles de agua en los cursos de agua produce en muchos de ellos inundaciones en los sectores bajos donde la pendiente es mínima, la que produce la saturación de suelos de los taludes de las quebradas y las laderas reduciendo la estabilidad, aguas abajo se emplazan los asentamientos humanos con viviendas construidas sin criterio de protección siendo vulnerables ante las avenidas por lo que frecuentemente son afectadas en varios sectores de la cuenca, lo que pone en riesgo la seguridad física de la población.

Haciendo una evaluación regional a nivel de la Provincia de Canchis, donde las aguas del Río Vilcanota atraviesan de Sur a Norte, estas se originan en el distrito de Marangani, cruza Sicuani y continúa hacia San Pablo, San Pedro, Tinta, Combapata. Dentro de estos los poblados más afectados son los distritos de Sicuani, San Pablo y San Pedro, estos son afectados permanentemente por encontrarse sobre antiguas áreas de inundación con pendientes bajas, donde el nivel freático de las aguas del subsuelo se encuentran en contacto con las aguas superficiales, al elevar el tirante de las aguas en el río, no permiten la evacuación rápida de las aguas del Vilcanota.

En el Distrito de Sicuani, el emplazamiento de asentamientos humanos dentro de las torrenteras de los cauces secos, sobre terrazas o sobre antiguos lechos del río, y ante la reducida infraestructura de defensa ribereña, puentes angostos y falta de vías de acceso a las quebradas, ubicación de viviendas próximos a las orillas del río Vilcanota pone en riesgo de continuar siendo afectados y son vulnerables a los peligros de inundación.

La Ciudad de Sicuani por su ubicación geográfica se encuentra en una zona de alta actividad climática y geológica, sumada la acción de agentes antrópicos, biológicos y la depredación, se tiene una la alta vulnerabilidad de los asentamientos humanos, con propensión a sufrir las consecuencias de los desastres.

Por lo tanto, el manejo de información grafica de la ciudad de Sicuani y su entorno en mapas y cartografía de escala media, requiere la consolidación de la información existente del sector, y la elaboración en campo de algunas áreas sin esta información. Esta información es auditada con procesos de control Georeferencial, lo que permite disponer de una base cartográfica sólida.

La evaluación de peligros antrópicos, tiene por objetivo la clasificación y determinación de las zonas expuestas en función de la probabilidad de destrucción o deterioro de los elementos del sistema urbano de la ciudad de Sicuani. Todo ello como consecuencia de la actividad del hombre, en las áreas de la economía, industria o tecnología. Estos peligros de

orden tecnológico presentes e identificados en el área de estudio son: incendio forestal, incendio urbano, derrame de sustancias químicas, contaminación ambiental. El modelamiento del Peligro Antrópico y la condición de exposición del sistema urbano para posteriormente combinarlos con el fin de obtener el mapa de riesgo antrópico que por su naturaleza es fundamentalmente urbano contempla las etapas: evaluación de la estructura urbana, etapa de inventario, elaboración del mapa de usos, y mapa síntesis de peligros antrópicos, registra los peligros.

En el estudio geotécnico, esta constituido por la descripción de los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, las características del lugar de la ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar, el análisis geotécnico, capacidad admisible de carga, asentamientos y profundidad de desplante para las cimentaciones.

El estudio del subsuelo para el caso de la ciudad de Sicuani se ha identificado tres tipos de suelos representativos que esta constituido por:

SUELO DE TIPO 1

Constituido por gravas pobremente graduadas, mezclas de grava arena poco o nada de finos con presencias de boleos sub-redondeados de 3," 4" de compacidad de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.56 kg/cm2 a 2.60 kg/cm2 este tipo de suelos se encuentran en ambas márgenes del Río Vilcanota.

SUELO TIPO 2

Constituido por arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de consistencia media de color marrón rojizo. Este tipo de suelos tienen una capacidad de carga admisible que varían de 1.13 kg/cm2 a 1.31 kg/cm2. Dichos suelos se encuentran en el extremo derecho de la carretera asfaltada en dirección Cusco – Sicuani -Puno (zona de desvío que corresponde al sector de Chumo). Es necesario mencionar que los asentamientos diferidos alcanzan valores de 6.42 cm. para el centro del área cargada uniformemente y de 5.24 cm. para la esquina del área cargada uniformemente.

SUELO DE TIPO 3

Constituido por arenas limosas, mezclas pobremente graduadas de arena-limo y gravas limosas, mezclas pobremente graduadas, de grava - arena – limo de compacidad suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.09 kg/cm2 a 1.80 kg/cm2 este tipo de suelos se encuentran por las zonas de Trapiche, Pampacucho.

En la localidad de Qquehuar el tipo de suelo esta constituido básicamente por capas de arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, de consistencia media, y arenas limosas pobremente graduadas, arenas con gravas finas de formas de partícula sub redondeadas correspondiéndole al perfil S3, en su comportamiento sísmico.

En el estudio de Hidrología, se hace mención a los treinta y uno modelos hidráulicos, incluye el desarrollo del Estudio Climatológico e Hidrológico de la Ciudad de Sicuani así como el estudio de Generación de Caudales Máximos, Promedios y Mínimos del Río Vilcanota. El área de influencia hidrológico e hidráulico macro regional, se ha desarrollado el estudio Hidrológico e Hidráulico del Río Vilcanota, y las características Hidráulicas en la

Ciudad de Sicuani, observándose los siguientes resultados: El área de la cuenca del río Vilcanota es de 1,116.15 KM2, y se encuentra delimitada en dos cuencas básicas de aporte, las cuales son: Vilcanota Alto y Hercca. La Altura Media del cauce principal es del .2.04%. La Longitud del cauce principal es de 37 kilómetros. La Cota más alta del cauce principal de la Cuenca del Río Vilcanota es de 4,326 m.s.n.m. Y la Cota más baja es de 3,570 m.s.n.m., que son las que corresponden a la cuenca del Río Vilcanota Alto. Asimismo, se ha analizado la Climatología de la cuenca del Vilcanota, tomándose como base treinta y dos estaciones hidrometeorológicas de la región, regionalizando las Precipitaciones estableciéndose como las influyentes en la cuenca las estaciones con más registros de información. En base a esta regionalización .se ha elaborado un modelo hidrológico, que proporciona los caudales medios mensuales para 22 años base, a partir de los cuales se han generado Caudales Máximos para cada una de las dos cuencas para Periodos Extendidos de 1.01 hasta 10,000 años, observándose los siguientes resultados: el Cauce del río Vilcanota es aluvial, presenta un Caudal Medio de 13.476 m3 / seg, un Caudal Mínimo Promedio de 8,868 m3 / seg. El Caudal Mínimo para 10,000 años es de 0.377 m3/seg. El Caudal Máximo Promedio es de 16.358 m3 / seg. El Caudal Máximo para 10,000 años es de 1,070.60 m3/seg.

Además, se ha estimado el arrastre de sedimentos del río Vilcanota, en base al Modelo Hidráulico de Zanke, estimándose una cantidad promedio de 333,821.16 toneladas de material sólido por año.

En Base al estudio hidrológico se ha determinado el dimensionamiento hidráulico del Río Vilcanota en la Ciudad de Sicuani, analizándose los diferentes tirantes de inundación. Se ha desarrollado el Diseño hidráulico de Peligros de Inundación para las doce Micro cuencas de la ciudad de Sicuani, utilizando el Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., generándose caudales máximos para diferentes periodos de retorno (T = 0 hasta 10,000 años). En base a la información se ha desarrollado el Dimensionamiento hidráulico de los Caudales Aluviales. Asimismo, se ha realizado el Diseño Hidráulico de la Cuenca de Capillani, usándose el Modelo Hidrológico de S.I.P.A.N., como consecuencia ha dado origen el estudio de Generación de Caudales, analizándose las zonas urbanas con riesgo de inundación por el incremento máximo de las aguas del río Capillani. Asimismo, se ha desarrollado el dimensionamiento hidráulico de las secciones de inundación, para calcular los tirantes de inundación. En consecuencia, se ha elaborado el Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Comunidad de Qqehuar, en base al modelo hidrológico S.I.P.A.N., es que se han generado los caudales máximos del río Qqehuar para Periodos de Retorno de 0 a 10,000 años, se han calculado el transporte de material sólido, y realizar el Dimensionamiento Hidráulico de la Sección de Inundación, analizándose los tirantes de inundación.

En base a la zonificación geológica de los suelos y rocas, además de los parámetros geomecánicos, factores estáticos y dinámicos analizados que condicionan el movimiento de los suelos, se obtiene el mapa de Peligros Geológico- Climáticos de la ciudad de Sicuani, correspondiendo a dos tipos de fenómenos: inundaciones y transporte de sedimentos, el cual se divide en cuatro zonas de peligro (plano Nº 11). de acuerdo a la descripción siguiente:

Zona de Peligro Bajo.

Son aquellas donde el terreno es de pendiente suave y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades mecánicas adecuadas. Comprende además áreas de pendiente moderada en las formaciones geológicas son de origen Sedimentario Clástico y zonas de escasa pendiente y una morfología llana, en esta zona no ocurren fenómenos geológico –Climáticos, por lo que se le considera de Peligro Bajo.

Está zona esta referida a la amplia llanura que se emplaza en el valle que se extiende en ambas márgenes del río Vilcanota, desde la confluencia del río Hercca por el Sureste, hasta la desembocadura en la curva del puente de la vía de evitamiento que se encuentra a una cota promedio de 2,700 m.s.n.m. Son zonas donde aflora suelos granulares producto de arrastre de suelos aluviales de las micro cuencas cercanas y limo arcillosos por decantación de agua estancada, localizados en todo lo largo de las márgenes del río.

Dentro de estas zonas se pueden establecer las áreas de expansión urbana, pero con adecuados niveles de drenajes de las aguas pluviales ya que presentan morfologías planas.

Zona de Peligro Medio

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente moderada y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente. Entre ellos existen suelos Coluviales gravas arcillosas de granos angulares que presentan propiedades geomecánicas adecuadas. En esta zona ocurren pequeños problemas de erosión y formación de cárcavas por la acción hídrica en la época de lluvias, por lo que se le considera de un Peligro Medio.

Se hallan ubicadas en las faldas de los cerros de la margen derecha, en cuya zona se viene realizando la extracción de áridos para el lastrado de las vías. Otra zona importante se ubica en la margen derecha zona de Patapata, Ccollpampa, Mojónpata, Pampa Anza. Éstas áreas no muy empinadas presentan suelos granulares.

Estas áreas también pueden ser usadas para la expansión urbana con restricciones de acondicionamiento de cárcavas y cursos fluviales, protegiendo los taludes de cauce empinados.

Zona de Peligro Alto

Son aquellas áreas donde el terreno es de fuerte pendiente y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente, como en el caso de los depósitos morrénicos sobre la superficie de la ladera que presentan propiedades geomecánicas medias. En esta zona ocurren intensos problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en la época de lluvias, pequeños problemas de derrumbes y deslizamientos de suelos activados en épocas de lluvias y desprendimiento de rocas, agrietamientos y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica; por lo que se le considera de Peligro Alto.

Se localizan en las quebradas del cerro Jururo como la quebrada Misquiri abarcando toda la Urb. Edgar Gonzales Medina hasta el Jr. Venezuela y 20 de Noviembre, la quebrada Condorhuaraca y Sutoq, abarcando todo el barrio de Pampacucho, la quebrada Melgar hasta el Mercado Central, también incluye el sector de Calvario y Alto Rosaspata, la quebrada de San Francisco, Trapiche. El río Vilcanota en las zonas de borde en ambas márgenes, empezando a la altura de la quebrada Trapiche hasta el puente Enrique P. Mejía, a la altura de la urbanización La Victoria. Otra franja se localiza en las márgenes del río Tintaya, sector pampa de Chumo empezando desde Suyo hasta la confluencia con el río Vilcanota.

En el área de Pampa Anza a ambas márgenes del riachuelo Huasamayo parte Nor- Oeste del poblado de Sicuani, se producen constantes problemas de desborde de las aguas del riachuelo, producto de la colmatación de sedimentos que arrastra de la cuenca alta de Millimayo y Uyurmiri asociando a la baja pendiente de la parte baja.

Zona de Peligro Muy Alto.

Son aquellas áreas de cárcavas, fondo de cauce de ríos y quebradas, terrenos con pendiente muy fuerte, laderas muy empinadas, rellenos de cauces antiguos, cuyas formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades geomecánicas bajas y con la presencia de una alta humedad en la temporada de lluvias. Hay una gran probabilidad de deslizamiento de taludes o desprendimiento de rocas. En esta zona ocurren intensos problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en la época de lluvias, intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos y rocas, activados por la sobresaturación de agua y desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y acción símica; por lo que se le considera de Peligro Muy Alto.

Esta áreas se localizan en las quebradas de las faldas del cerro Jururo, en cuyos pie de monte se hallan localizadas las quebradas K`asillo, Sacuyo y Lanlacucho y todo el área de desembocadura del río Torcoma, abarcando las zonas de Pampa Phalla, Urb. Fe y Esperanza, Real Felipe, Santa Rosa, 3 De Mayo y Magisterial, la quebrada Tiacolla y todo el Jr. Vigil llegando hasta el Jr. Dos de Mayo.

El cauce del Río Vilcanota también representa peligro por transporte de sedimentos. El río al perder energía deposita sedimentos y colmata paulatinamente la sección del cauce, provocando constantes desbordes desde el Puente Enrique P. Mejía hasta el sector de Uraypampa.

Finalmente, se han elaborado veintisiete Planos que son los siguientes: un Mapa de Ubicación del Área de Estudio, un Mapa Base de conjunto Sicuani Qgehuar, un Mapa Básico Urbano Sicuani, un Mapa Básico Urbano Qgehuar, un Mapa de pendientes Sicuani, un Mapa Geomorfológico Sicuani, un Mapa Litológico Sicuani, un Mapa de Secciones Estructurales Sicuani, Mapa de Áreas Inestables de Sicuani, Mapa de Peligros Geológicos Sicuani, Mapa de pendientes Qqehuar, Mapa Geomorfológico Qqehuar, Mapa Litológico Qqehuar, Mapa de Piezometría Qqehuar, Mapa de Peligros Geológicos Qqehuar, Mapa de Ubicación de Calicatas y Tipos de Suelos Sicuani, Mapa de Capacidad de Carga Admisible Sicuani, Mapa de Ubicación de Calicatas y Tipo de Suelo Qqehuar, Mapa de Capacidad de Carga Admisible de Qqehuar, Mapa de Peligro Geotécnico Sicuani, Mapa de peligro Geotécnico Qqehuar, Mapa de Peligros Climáticos Sicuani, Mapa de Peligros Climáticos Qqehuar, Plano de Inventarios de Peligros Antrópicos Sicuani, Mapa de Peligros Antrópicos Sicuani, Mapa Síntesis de Peligro Sicuani, Mapa Síntesis de Peligro Qqehuar. Asimismo, se adjunta el registro fotográfico.

Para evitar el riesgo de las vidas humanas y vulnerabilidad de las viviendas es necesario la participación ciudadana, orientado por las autoridades responsables que tienen la voluntad de realizar trabajos como: educación en prevención de desastres, construcción de infraestructuras de encauzamiento del río, defensas ribereñas, diques para el control de cárcavas, limpieza de canales y cauces colmatados como medidas de prevención de desastres.

La zonificación del presente estudio y la identificación de puntos de peligros y vulnerables, indicando su grado de peligro posibilitará a las autoridades y la población de tomar medidas de; prevención, protección, mitigación antes los fenómenos naturales y provocados.

En tal sentido el **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI** permite comunicar la información de las condiciones de peligro naturales geológicos, geotécnicos, hidrológicos y antrópicos, de una zona de manera gráfica, simple y práctica a los planificadores,

autoridades para la toma de decisiones, y a la población para la identificación de las áreas de peligro que no deben ser ocupadas.

En el presente estudio, desarrollo a través de tres fases operativas destinadas a auditar la información existente, fedatarla y afinar el control Georeferencial del área de estudio, estas son: Fase de Información existente, investigación de campo, ensayos en laboratorio, y estudio en gabinete.

La síntesis de zonificación del mapa de peligros (Plano 26 y 27), de la ciudad de Sicuani y localidad de Qqehuar, se describe a continuación:

Zona de Sicuani, se presenta en el Plano Nº 26.

En la ciudad de Sicuani, considerando la expansión urbanística, la mayoría de las zonas se encuentran en peligro por los fenómenos de inundación. Sin embargo cabe detallar, que la quebrada de Sutoq , quebrada Condorhuaracca y la quebrada de K´asilla, se encuentra en peligro de deslizamientos de suelos, inundación y erosión; el río Vilcanota, se encuentra en peligro de inundación y erosión en la parte alta y sedimentación en la parte baja; la quebrada de Trapiche, se encuentra en peligro de ocasionar inundación y huaycos. Por estas características se encuentra en una zona de peligro medio (Tipo II).

La quebrada de Melgar, se encuentra en peligro de inundación, deslizamiento de suelos y rocas, la quebrada Misquiri y la quebrada de Sacuyoc, tiene problemas de erosiones, deslizamiento de rocas y suelos, erosión e inundación; las zonas de Alto Rosaspata – Calvario, se encuentra en peligro de derrumbe de rocas, por estas características de mayor peligro, se encuentra considerado como zona de peligro alto (Tipo III).

La quebrada Tiacolla, se encuentra en peligro de deslizamiento de suelos, rocas, e inundación, por estas características de mayor peligro se encuentra considerado como zona de peligro muy alto (Tipo IV).

La zona de Carcoma – Circunvalación y la zona de Tintaya, se encuentra considerado como zona de peligro bajo (Tipo I).

Localidad de Qqehuar, se presenta en el Plano Nº 27.

La zona de Qqehuar, se encuentra en peligro de deslizamiento de rocas y suelos, erosión, inundación, huaycos, tiene nivel freático alto, por tales características se encuentra considerado como zona de peligro muy alto (Tipo IV).

CAPITULO I: GENERALIDADES

1 INTRODUCCIÓN

El Programa de Ciudades Sostenibles del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), y el INDECI, a través de su Dirección Regional del Cusco, viene desarrollando el estudio de investigación del Proyecto de CIUDADES SOSTENIBLES, con el fin de promover la mitigación de los riesgos mediante la incorporación de la prevención de los desastres en el desarrollo económico y social de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar, para el ordenamiento territorial de ciudades de la Región Cusco.

La sierra peruana es considerada una zona de alto riesgo debido a que se produce constantemente eventos geodinámicos externos e internos, causa frecuente de pérdidas humanas y de poblaciones vulnerables, materiales, económicas cuantiosas dentro del difícil contexto geográfico en la que se encuentra, cuyos agentes modeladores de la tierra son muy activos, el que permite un cambio permanente en las condiciones morfológicas, estructurales y de resistencia de los suelos en base a la actividad de los agentes modeladores de la tierra.

Este proyecto PER/02/051: Ciudades Sostenibles tiene por objeto la formulación de estudios de Microzonificación y su síntesis en el MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y LA LOCALIDAD DE QQEHUAR, en respuesta al crecimiento caótico y desordenado de las ciudades, cada vez mas riesgosas para sus habitantes,

El presente trabajo, se basa en una investigación interdisciplinaria, interactiva y proactiva, fundamentada en aspectos de la ciencias de la tierra, investiga las condiciones de peligros naturales y antrópicos, de una zona de manera grafica, simple y práctica; investiga riesgos geológicos climáticos, tanto externos como internos, cuyo nivel es de semidetalle; Asimismo, determina las características estratigráficas y las propiedades del subsuelo (índice y mecánicas), condiciones geotécnicas y zonificación geotécnica; Además, el estudio integra los riesgos del incremento de los niveles de agua en los cursos de agua ocasionando los riesgos de inundaciones en los sectores bajos lo que produce la saturación de suelos de los taludes de las quebradas y laderas reduciendo la estabilidad, el emplazamiento de los asentamientos humanos sin criterios de protección siendo vulnerables ante las avenidas por lo que ponen en riego la seguridad física de la población. Metodología aplicada para recoger información en base a variables e indicadores que permitieron la formulación de una zonificación de peligros en la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar.

1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

ANTECEDENTES

Desde un punto de vista científico, América Latina y el Perú presentan una gran variedad de peligros naturales y antrópicos. El cinturón de fuego es un continuo factor de preocupación para los pueblos que por muchos siglos han tenido que enfrentar sus embates, en manifestaciones como los sismos, en periodos de lluvias los deslizamientos, huaycos e inundaciones, en épocas de estío los incendios forestales, razón suficiente para que las zonas de estudio estén en constante alerta y prevención.

Por otra parte, como consecuencia de esta situación, que ha venido afectando con mayor severidad a los países en desarrollo y en particular a áreas deprimidas, el INDECI, a través del Programa de Ciudades Sostenibles promueve la prevención de los desastres en el desarrollo económico y social de estas ciudades (Sicuani) y la mitigación de riesgos, incorporando los factores antrópicos en la evaluación de peligros, con el propósito de sumar la variable actividad humana en la determinación del Mapa de Peligros.

Dentro de un contexto más específico, la Ciudad de Sicuani por su ubicación geográfica se encuentra en una zona de alta actividad climática geológica; si a ello se suma la acción de agentes antrópicos (desastres causados por el hombre), biológicos y la depredación causada por la actividad de sus habitantes, lo convierte en una zona con propensión a la erosión, deslizamientos, crecientes torrenciales, avalanchas e incendios forestales. Si a esta frecuente ocurrencia de fenómenos naturales y/o antrópicos le sumamos la alta vulnerabilidad que presentan los asentamientos humanos, atribuibles al crecimiento desordenado y al tipo de tecnología utilizada en los mismos (adobe, carrizo, etc.) tenemos como resultado una ciudad con alta propensión a sufrir las consecuencias de los desastres.

Los peligros naturales como los antrópicos, no son causados en forma espontánea, si no, se relacionan con el ambiente social, político y económico, en la forma como se estructuran los grupos humanos.

Incorporar los peligros en la planificaciones, fundamentalmente un proceso de toma de decisiones frente a una serie de incertidumbres con el objetivo de mejorar la calidad de vida, como una opción de desarrollo, lo que conduce a la necesidad de entender la complejidad del problema del manejo de peligros que causan fenómenos de evolución lenta que generalmente no son percibidos adecuadamente.

1.2 MARCO LEGAL

La legislación, norma y establece responsabilidades del Estado de sus funcionarios y la responsabilidad que le compete a los particulares en obras civiles, los procesos de toma de decisiones gubernamentales y particulares deben aprovechar al máximo la información disponible, con el espíritu de la mitigación (reducción) de riesgos y del cumplimiento de preceptos constitucionales según los cuales el interés público prevalece sobre los intereses particulares.

La función normativa del INDECI está definida en el Decreto Ley 19338 y sus modificatorias, en el Reglamento de la Ley contenido en el Decreto Supremo Nº 005-88-SGMD, en el Reglamento de Organización y Funciones del INDECI contenido en el Decreto Supremo Nº 059-2001-PCM y en el Reglamento de Inspecciones Técnicas contenidas en el Decreto Supremo Nº 013-2000-PCM.

En concordancia con su Misión –Visión, tiene por objetivo proponer y desarrollar un conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a personas y bienes, que pudieran causar o causen desastres o calamidades, evitando o mitigando la pérdida de vidas, bienes materiales y el deterioro del medio ambiente, que como consecuencia de la manifestación de los peligros naturales y/o tecnológicos en cualquier ámbito del territorio nacional, pueda convertirse en emergencia o desastre, atentando contra el desarrollo sostenible del Perú.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La investigación de un peligro implica, por un lado, tener en cuenta las características intrínsecas del fenómeno (frecuencia, magnitud, intensidad, duración, etc.) en el área donde se produce, y, por otro, conocer la percepción que tiene la población acerca de dicho peligro. Esto permite entender la respuesta de la sociedad, la capacidad de ajuste del grupo, la intensidad de ocupación humana, los bienes y la tecnología disponible. En este marco los objetivos a ser desarrollados son:

A NIVEL GENERAL

- Determinar las características de las condiciones de peligros de origen natural (geológicos climáticos, geotécnicos, sísmicos, hidrológicas e hidráulicas) y antrópico, del área del estudio, que comprende las áreas urbanas y de expansión de la Ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar.

- Generar un documento técnico, gráfico, simple y práctico de la zona de estudio en la que se visualice claramente la situación de peligro real y potencial sobre el territorio y los grupos humanos dentro de un contexto local, cuyo resultado final es la zonificación de peligros físicos asociado a la ocurrencia de los eventos naturales y su síntesis en el Mapa de Peligros de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar.

A NIVEL ESPECÍFICO

- Evaluar las condiciones de peligros naturales y antrópicos de una zona de manera grafica, simple y práctica.

- Efectuar una zonificación de peligro geodinámico que permita establecer y/o delimitar situaciones de riesgo o zonas críticas que pueda afectar la seguridad física y material de la población. Y establecer lineamientos y criterios de intervención en la prevención, mitigación y control de fenómenos de la geodinámica externa, existentes en el ámbito del estudio.

- Determinar las características estratigráficas y las propiedades del subsuelo (índice y mecánicas), asimismo determinar las condiciones geotécnicas y zonificación geotécnica de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar.

- Evaluar el incremento de los niveles de agua en los cursos de agua que ocasionen peligro de inundaciones en los sectores bajos, produciendo la saturación de suelos de los taludes de las quebradas y laderas reduciendo su estabilidad; el emplazamiento de los asentamientos humanos sin criterios de protección siendo vulnerables ante las avenidas e incrementando los niveles de riesgo de la seguridad física de la población.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

- AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Sicuani, presenta una superficie relativamente plana y accidentada, con cerros de considerables pendientes (cercano a la plaza de Armas) ubicado dentro del valle del Vilcanota por donde atraviesa el Río Vilcanota que divide a la ciudad en dos partes y Limita por el Norte con la provincia de Quispicanchi, Por el Este con el

departamento de Puno, por el Sur con la Provincia de Canas y por el Oeste con la Provincia de Yanaoca y la provincia de Acomayo. La localidad de Qqehuar se encuentra dentro de la provincia de Sicuani hacia el Norte ubicada al lado izquierdo de la carretera asfaltada Sicuani – Cusco. Dentro de la localidad de Qqehuar se encuentra el riachuelo de Qqehuar cuyas aguas circulan de Este a Oeste que desemboca en la cuenca del río Vilcanota.

- DEL ESTUDIO

El trabajo que se realiza en la localidad de Sicuani es una zonificación de peligros naturales y antrópicos, basada a una investigación interdisciplinaria, interactiva y proactiva, que toca aspectos de la ciencias de la tierra investiga aspectos de riesgo geológicos climáticos, tanto externos como internos, cuyo nivel es de semidetalle, esta debe recoger información por especialidades de geología y geodinámico, geotecnia, hidrología, información temática que debe recoger variables e indicadores que permitan la formulación de una zonificación de peligros en la ciudad de Sicuani.

La identificación de los peligros físicos que se presentan y amenazan las áreas indicadas, es capital para la planificación urbana y regional. Por esta razón el análisis geológico, hidrológico, geodinámico, climático-geológicos y antrópicos permitirá una micro zonificación de áreas de peligro (en sus distintos grados) en la ciudad de Sicuani y su entorno inmediato.

1.5 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio a Nivel Político, esta ubicada en el lugar, Ciudad de Sicuani; Distrito de Sicuani, Provincia de Canchis y Departamento del Cusco.

A Nivel Georeferencial, las coordenadas UTM : hacia el Este es de 258,000 m. a 261,000 m. Hacia el Norte es de 8,425,000 m. a 8,419,000 m. La Cota es de 3,425 msnm. a 3,550 msnm.

La ubicación, superficie y la densidad poblacional se presenta en el cuadro siguiente:

UBICACION, SUPERFICIE Y DENSIDAD POBLACIONAL.

PROV. Y DIST.	SUPERFICIE Y DENSIDAD		
	HAB	AREA(Ha)	DENSIDAD(Hab/Ha)
CANCHIS	101,645	3,999.27	25.42
COMBAPATA	5,595	182.50	36.66
CHECACUPE	5,392	962.34	5.60
MARANGANI	12,389	432.65	28.64
PITUMARCA	7,551	1,117.54	6.76
SAN PABLO	6,659	524.06	12.71
SAN PEDRO	3,823	54.91	69.62
SICUANI	56,465	645.88	87.42
TINTA	6,164	79.39	77.64

FUENTE: INEI Censos Nacionales: IX de Población y IV de Vivienda 1993.

En al actualidad, la Ciudad de Sicuani cuenta con 62,562 habitantes ocupando una superficie de 363.84 Has. (Fuente: Plan Director Sicuani 1999-2004).

El Área total corresponde a los 1,116.15 KM2, y se encuentra subdividida en dos Cuencas: Vilcanota Alto con 495.50 Km2.y Hercca con 620.65 Km2..

La cuenca del río Vilcanota, se ubica geopolíticamente en la jurisdicción del Departamento de Cusco, en la vertiente oriental de los Andes. La Longitud más larga del cauce principal del río Vilcanota es de 60 kilómetros, que es la que corresponde a la cuenca del río Hercca, sin embargo de acuerdo al estudio geomorfológico de la cuenca el cauce principal está definido por la cuenca del río Vilcanota Alto que es de 37 Kilómetros.

1.6 ACCESOS Y VIAS DE COMUNICACIÓN

El acceso a la zona de estudio (Ciudad de Sicuani) se realiza por las vías siguientes: carretera asfaltada utilizable durante todo el año. El acceso para llegar a la ciudad de Sicuani desde la capital de la Republica Lima se puede realizar parcialmente por vía aérea Lima – Cusco, en un tiempo de 55 minutos; y por vía terrestre utilizando la Panamericana Sur Lima – Ica - Nazca – Abancay – Cusco- Sicuani. Haciendo un recorrido de 950 km entre ciudad Lima – Cusco, el tiempo utilizado es de 20 horas y un recorrido de 120 km entre la ciudad de Cusco – Sicuani, el tiempo recorrido en movilidad privada o servicio publico es aproximadamente de 3 – 4 horas, haciendo un total de 1070 km entre la ciudad de Lima – Sicuani, utilizando un tiempo total de 23 – 24 horas. Asimismo, la otra vía terrestre como alternativa son entre las ciudades de Lima- Nazca – Arequipa – Puno – Sicuani. La vía de comunicación entre Sicuani y Qqehuar también es por vía terrestre, a 10 minutos de la ciudad de Sicuani.

Llegado a la ciudad de Sicuani se puede acceder a las diferentes calles y barrios, tales como Trapiche, Tupac Amaru I, comunidad de Chumo, Pampa Anza, y otras urbanizaciones.

1.7 CONDICIONES CLIMÁTICAS.

La ciudad de Sicuani cuenta con la Estación Hidrometeorológica de Sicuani, instalada el año de 1,964, cuyos registros son de Precipitaciones diarias, Temperaturas máximas y mínimas, Humedad relativa, Evaporímetro Piché, Dirección del Viento y Nubosidad.

La Precipitación Promedio anual es de 709.30 m.m., la Precipitación Máxima Anual de 959.20 m.m. Y la Precipitación Mínima Anual de 313.40 m.m. Las Temperaturas máximas registradas en la ciudad son de hasta 20.7 °C y mínimas de hasta -12°C.

ANTECEDENTES HISTORICOS

En la época preinca la zona estuvo poblada por las tribus Kanas y Kanchis, quienes posteriormente fueron sometidos por los Incas. Posteriormente, con los españoles, el sistema de corregimientos fueron la base de la dominación y los Kanas y

Kanchis pasaron a formar parte del Corregimiento de Tinta.

La base de la economía se sustentaba, como hasta hoy, en la actividad agropecuaria. La dominación colonial destruyó muchos pueblos y los avances en tecnología agraria a favor de la explotación del mineral de Potosí. Esta situación trajo como consecuencia, en 1780, la gran rebelión de Tupac Amaru II; derrotada esta revolución, se implanta el régimen de intendencias y partidos, que son la base de la actual división geopolítica en departamentos y provincias.

Luego de la independencia, el partido de Tinta se convirtió en provincia y la intendencia del Cusco en departamento. El 14 de octubre de 1833, por ley N° 1352, la provincia de Tinta se dividió en dos, dando origen a las actuales provincias de Canas y Canchis, conformaron esta última los distritos de San Pablo, Tinta, Checacupe y Pampamarca. Por Ley del 29 de agosto de 1834 se designo a la Villa de Sicuani como capital de la provincia, desplazando a Tinta. El 4 de noviembre de 1887 Sicuani, mediante ley, alcanza la categoría de ciudad.

La construcción del ferrocarril del sur, que llega a Sicuani en 1893, y la apertura de la carretera Cusco-Sicuani en 1898 constituyen hitos en la consolidación urbana de la ciudad. El tren potencio la ubicación geográfica de Sicuani, acentuando su carácter de mercado intermedio tanto de los productos que circulan al interior de la región como de la lana acopiada en la ciudad, mercancías que contaban con una salida al Pacifico. Sicuani empezó a cumplir el rol de puerto terrestre entre el Cusco y el Altiplano.

En la década del 30, se inicia un periodo de decaimiento de la ciudad, la misma que se extiende hasta los años 40. Se desplomo el precio de la lana, aumentaron los fletes del ferrocarril; Luego de la Segunda Guerra Mundial, principalmente en las décadas de los 50 y 60, Sicuani se convierte en uno de los principales centros de producción y comercialización lanera. La expansión de la ciudad se inicia en 1958, siendo la margen occidental del río Vilcanota el eje principal de dicha expansión.

Durante la década del 70, la ciudad de Sicuani experimenta inusitado repunte, que coinciden fundamentalmente en el proceso de migración: la Reforma Agraria y la Reforma Educativa, ambas medidas provocan en la ciudad un desmesurado crecimiento del sector de servicios y principalmente, de la empleocracia.

Hoy, la ciudad de Sicuani presenta características peculiares que posibilitan a su vez el acceso a la educación y al trabajo urbano así como a la conservación de la parcela y la actividad agropecuaria, hechos que explican la migración y la conformación de Sicuani como centro urbano regional. Su articulación vial, mediante carreteras asfaltadas a Cusco y Puno; le permite una cercanía con estos dos polos, a demás de la carretera afirmada Sicuani - Arequipa vía Tintaya, principal centro minero de la zona. Estas características le dan la oportunidad de ser el centro de convergencia de productos industrializados y manufacturados de las ciudades ya mencionadas, y también la oportunidad de mercado para su producción local.

El crecimiento poblacional acelerado y no planificado de la Ciudad de Sicuani, ha generado cambios diversos y una serie de problemas en materia de seguridad física y social de sus habitantes. Existe un segmento importante de población, que vive en situación de riesgo y vulnerabilidad frente al peligro de derrumbe de sus viviendas, hecho que a su vez, está condicionado por el deterioro de las mismas y por su exposición a fenómenos geológicos, atmosféricos, inundaciones entre otros. La mayor cantidad de viviendas en este estado de alto riesgo, se caracteriza por estar confeccionadas con material de adobe, y madera. Asimismo, en la mayoría de ellas se ha observado la

severa acción de la humedad y se aprecia situaciones evidentes de posibles desplomes, con la consecuente pérdida de vidas y bienes por parte de sus habitantes.

CAPITULO II: FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1 GENERALIDADES

El presente estudio "Mapa de Peligros de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar", se ha desarrollado en base a cuatro grandes fases, que se señalan a continuación:

a) Fase de recopilación de antecedentes de información

La recopilación de la información se realizó en base a todos los antecedentes de estudios previos y estudios similares realizados con relación al tema de estudio, relacionado fundamentalmente a la información de Peligros Antrópicos, información geológica, geotecnia, e hidrología y otros aspectos que fueron necesarios para el mejor desarrollo del estudio.

b) Fase de investigación de campo

La fase de investigación de campo fue de carácter multidisciplinario, interactivo y proactivo, la cual se desarrollo específicamente sobre el área de interés de micro zonificación, para obtener información de las condiciones de peligros naturales y antrópicos; en el área geológica, se investigaron los aspectos de peligros geológicos climáticos, tanto externos como internos, cuyo nivel es de semidetalle, que permitió recoger información geológica y geodinámica; en el área de geotecnia, se determinó las características estratigráficas y las propiedades del subsuelo, las condiciones geotécnicas y zonificación geotécnica; en el área de hidrología, se estudiaron los aspectos de dimensionamiento hidráulico del Río Vilcanota, parámetros climatológicos, Parámetros Hidrometeorológicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos y el Modelo de Generación de Caudales Mínimos para Períodos Extendidos. Que permitieron desarrollar los estudios respectivos.

c) Fase de ensayos de laboratorio

Son los diversos ensayos que se desarrollaron específicamente en el laboratorio de Mecánica de Suelos con el objetivo de determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos en las áreas de especialidad requeridas.

d) Fase de trabajos en gabinete

En la presente fase, se realizaron trabajos con base a la información recopilada en la investigación de campo y en los ensayos de laboratorio, que permitieron determinar los estudios básicos respectivos y en consecuencia realizar la elaboración de los mapas de peligros de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar.

2.2 FASE DE RECOPILACION DE INFORMACION EXISTENTE.

Para desarrollar los Estudios Básicos: Geológicos, Antrópicos, Geotécnicos, e Hidrológicos, se ha llevado a cabo la recopilación de información previa, de acuerdo al interés de cada estudio.

La recopilación de la información para desarrollar el Estudio Geológico es el siguiente:

- Geología de la Zona (Cuadro Nº 1, y 2), para determinar la predominancia de pendientes de la Ciudad de Sicuani.
- Geomorfología (Cuadro Nº 3).
  Trata sobre el origen y las características de las superficies más representativas de la zona de estudio, donde la erosión en la actualidad modifica el paisaje. Tal análisis propende a la conclusión de un mejor conocimiento del medio geográfico indispensable para una adecuada planificación del espacio territorial.
- Geología Regional del Cusco (Cuadro Nº 4)
  La descripción de las características estratigráficas y litológicas de la cuenca, permitirá conocer las formaciones que afloran y los diferentes tipos de rocas existentes en la cuenca.
- Estratigrafía local (Cuadro Nº 5).
  Información que permitirá conocer las características mecánicas cualitativas de rocas y suelos.
- Riesgo sísmico del departamento del Cusco (cuadro Nº 6).para conocer el intento de prevenir y mitigar los daños causados por los terremotos, debido a que en el diseño de obras importantes debe considerarse el balance entre el costo de la obra y a la seguridad de la construcción.

La recopilación de la información para desarrollar el Estudio Antrópico es el siguiente:

Se ha consultado la documentación cartográfica de las siguientes instituciones nacionales y regionales:

- Carta Nacional, cuadricula T-29, IGN
- Geología regional, cuadricula T-29, IGN
- Catastro Base de la Ciudad de Sicuani, Mun. de Canchis, Sicuani - 1998
- Esquema territorial Urcos la Raya, Plan Copesco – 2000
- Plan de Ordenamiento Sicuani, Municipalidad de Canchis, Sicuani 2000

Fotografía Satelital IMA 2001

Destinada a la obtención de toda la documentación cartográfica de la ciudad de Sicuani y su área de influencia, la que se digitalizó y georeferenció para ser montada en una plataforma SIG.

La recopilación de la información para desarrollar el Estudio Geotécnico, que comprende básicamente la investigación insitu que son los siguientes: Perfil estratigráfico, clasificación SUCS, propiedades índices, propiedades mecánicas, asentamientos inmediatos y diferidos y otros que permiten determinar los parámetros básicos del suelo como material de cimentación.

Asimismo, se ha recurrido a instituciones estatales y privadas, encontrándose escasa información, los que han permitido obtener las informaciones básicas siguientes:

Ubicación de la zona de estudio
Profundidad de la exploración
Perfil estratigráfico del subsuelo en la zona de exploración
Clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)
Propiedades índices del subsuelo
Propiedades mecánicas del subsuelo

Esta información se ha obtenido, de estudios realizados en la mayoría de los casos por entidades privadas, los que se detallan a continuación:

Estudio de suelos para centros educativos.
Estudio de suelos para construcción de puentes.
Estudio de suelos para casos de edificaciones.
Estudio de suelos para pavimentos.

Estos estudios sirvieron de base para desarrollar el estudio propiamente dicho en la zona de interés.

Los Estudios geotécnicos se han desarrollado directamente en la zona de estudio, es decir, insitu, cuyo proceso consistió en la exploración de 14 calicatas distribuidas en zonas estratégicas así como, en avenidas, jirones, calles, pasajes, y sectores, de la ciudad de Sicuani y Qqehuar, los que se presentan en el plano Nº 16.

La recopilación de la información para desarrollar el Estudio Hidrológico es el siguiente:

El presente estudio se baso en el análisis estadístico de la información hidrometeorológica disponible en la zona de estudio basada en información que proporcionan las estaciones hidrometeorológicas de la región inicialmente se ha tomado como base treinta y dos estaciones

Por el ámbito del proyecto se han discretizado a 19 estaciones siendo estas las de Anta, Chitapampa, Ccatcca, Calca, Caycay, Combapata, Kayra, Livitaca, Paruro, Pomacanchi, Pisac, Perayoc, Paucartambo, Sicuani, Urcos, Urubamba, Yauri, Yucay y Zurite basados en registros mensuales continuos y conjuntos de 22 años desde 1,964 a 1,985.

Se debe resaltar que se han tomado estos registros por cuanto a partir del año de 1,985 al año 1,995, la mayoría de las estaciones discretizadas no cuentan con información confiable por los problemas sociales y políticos desarrollados en estos años en el Perú.

Los registros elaborados han permitido elaborar los siguientes modelos hidrológicos:

Características Hidraúlicas del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani (Cuadro N° 2).

Climatología de la ciudad de Sicuani (Cuadros Nº 2, 3, 4, 5, 6, 7)

Precipitaciones en la ciudad de Sicuani (Cuadros Nº 8, 9, 10, 11, 12, y Gráficas Nº 2, 3, 4, 5, 6)

Modelo Hidrológico del Río Vilcanota (Cuadros Nº 13, 14, 15, 16, y Gráficas Nº 6, 7, 8, 9, 10, 11)

Transporte de Material Sólido en Suspensión y por Arrastre del Río Vilcanota (Cuadros Nº 18, y Gráficas Nº 12)

Estos estudios se realizaron el año de 1,996 y 1,997, por parte de la Empresa de Generación Eléctrica de Machupicchu S.A.

Los resultados se basan en los estudios de campo y análisis de laboratorio, de muestras tomadas en las estaciones de aforo.

-Turbulencia Hidráulica del Río Vilcanota (Cuadros Nº 19)

La Turbulencia hidráulica del Río Vilcanota se ha evaluado en función al número de Reynolds, el cual es un parámetro hidráulico adimensional, que permite evaluar la turbulencia de un curso de agua, se basa en los siguientes parámetros: velocidades, tirantes y viscosidad cinemática del agua. Como parte de la evaluación hidráulica de campo se han obtenido en campo las velocidades y los tirantes máximos, con temperaturas promedio.

- Régimen Hidráulico del Río Vilcanota (Cuadros Nº 20)

El Régimen Hidráulico del Río Vilcanota se ha evaluado en función al número de FROUDE, es un parámetro hidráulico adimensional, que permite evaluar el tipo de régimen hidráulico de un curso de agua, se basa en los siguientes parámetros: velocidad, constante gravitacional, sección hidráulica y ancho del curso de agua.

- Dimensionamiento Hidráulico del Río Vilcanota (Cuadros Nº 21).

- Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para las Micro Cuencas y Cuencas de la Ciudad de Sicuani

En la ciudad de Sicuani, se han identificado las micro cuencas con mayor riesgo, se han calculado los caudales máximos y mínimos y el dimensionamiento hidráulico para cada una de las micro cuencas con peligros de inundación.

Se han identificado doce micro cuencas que presentan alto riesgo de inundación.

- Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Cuenca de Capillani (Cuadros Nº 26, 27, y 28).

La cuenca de Capillani es la única cuenca que converge directamente a la ciudad de Sicuani, el punto de salida del cauce principal se encuentra directamente con la Urbanización Centenario ubicada en la parta Sur Oeste de la ciudad de Sicuani

- Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Cuenca de TORCOMA (Cuadros Nº 29, 30, y 31).

La cuenca de Torcoma se desarrolla en la parte norte de la ciudad de Sicuani.

- Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Cuenca TUMAPATA (Cuadro Nº 32, 33, y 34)

La cuenca del río Tumapata converge en la zona norte de la ciudad de Sicuani.

- Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Comunidad de Qqehuar (Cuadro Nº 35, 36, 37, 38, 39, y Gráfica Nº 13)

La Comunidad de Qqehuar, cuenta con una cuenca de características regulares.

- Mapa de Peligros Climáticos para la Ciudad de Sicuani-HI-01 (Cuadro Nº 35, 36, 37, 38, 39, y Gráfica Nº 13)

Como resultado final del estudio Climático, Hidrológico e Hidráulico realizado para la ciudad de Sicuani se ha elaborado un estudio analítico de identificación y de diseño de tormentas que han comprendido los siguientes estudios.

- Proyectos de Mitigación de los Peligros Climáticos para la Ciudad de Sicuani.

- Mapa de Peligros Climáticos para la Comunidad de Qqehuar-HI –02 (Cuadro Nº 40)

Como resultado final del estudio Climático, Hidrológico e Hidráulico, realizado para la Comunidad de Qqehuar se ha elaborado un análisis de identificación y riesgos.

- Proyectos de Mitigación de Peligros Climáticos para la Comunidad de Qqehuar.

Los proyectos de mitigación que se plantean en el presente estudio, son el resultado inmediato del análisis climático, hidrológico e hidráulico desarrollado en la Comunidad de Qqehuar.

2.3. FASE DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La fase de investigación de campo fue de carácter multidisciplinario, interactivo y proactivo, que permitieron desarrollar las actividades siguientes:

- Para el Estudio Geológico, se ha desarrollado la siguiente investigación de campo los que se mencionan a continuación:

Constatación y contrastación en el terreno, asistido por fotografías aéreas y la Carta Nacional donde se ha recogido y plasmado lo observado en el campo.

Esto ha permitido analizar los aspectos geológicos y geomorfológicos tales como la estratigrafía y la tectónica de la cuenca y sus características litológicas (suelos y rocas), las unidades de relieve, los parámetros metereológicos y climáticos, registro de caudales y las unidades receptoras de las aguas subterráneas y su comportamiento hidrodinámico Asimismo, en el tema de geodinámica externa, se identifica las áreas sensibles o el proceso de geodinámico externo, recogiendo datos históricos que permitan reconocer el fenómeno, evaluando los principales parámetros que provocan su inestabilidad, tanto de orden climático, físico – mecánico y antrópico.

Además, se realizaron entrevistas a profesionales y pobladores de la zona que han participado en los trabajos y testimoniando los desastres durante los eventos ocurridos, recogiendo datos históricos que han permitido recoger información histórica y la lectura de la población acerca de los fenómenos ocurridos y las alternativas de solución.

- Para el Estudio Antrópico, se ha desarrollado la siguiente investigación de campo:

En base a la información grafica y cartográfica accedida, se realizó el trabajo de campo a fin de contrastar y fedatar los datos obtenidos, con el propósito de realizar la auditoria catastral correspondiente y realizar las correcciones georeferenciales encontradas, así como compatibilizar esta información con los datos a nivel regional y nacional.

El reconocimiento cartográfico y catastral así como las referencias graficas y fotográficas permitieron verificar en campo la enorme desactualización cartográfica de la zona de estudio, en la cual se ha verificado que la ciudad es 10 veces mas grande de la referido en los documentos antes indicados, los que fueron tomados en cuenta para la elaboración de la cartografía final del estudio.

Esta desactualización se manifiesta fundamentalmente en los conos Norte y Sur de la ciudad los que tuvieron que ser relevados con los procedimientos antes indicados. Es importante indicar, que la localidad (Comunidad Campesina) de Qqehuar, no esta referenciada en ninguno de los documentos indicados, razón por la cual se tuvo la necesidad de realizar el levantamiento topográfico y urbano catastral del sector indicado.

Se realizaron las jornadas de verificación de resultados y consolidación de la información, tanto de la Ciudad de Sicuani como de la localidad de Qqehuar en forma definitiva, en la que se contrastó y auditó los datos obtenidos realizándose las correcciones georeferenciales correspondientes, así como el levantamiento de las partes no registradas en la documentación recopilada.

- Para el Estudio Geotécnico, se ha desarrollado la siguiente investigación de campo los que se detallan a continuación:

Con la finalidad de determinar las características estratigráficas del subsuelo de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar, ubicado en el Distrito de Sicuani, Provincia Canchis, Departamento del Cusco, se efectuaron catorce pozos a cielo abierto (PCA–1 al PCA–14) para la ciudad de Sicuani y cinco pozos a cielo abierto (PCA-1 al PCA-5) para la Localidad de Qqehuar, cuya ubicación se muestra en el plano Nº 4 Asimismo, se determinaron las densidades in-situ. (ASTM D-1556-64 cono de arena en cada estrato). Además, se realizaron seis sondeos con cono de Peck (SC-1 - SC-6) en la ciudad de Sicuani y cuatro sondeos (SC1-SC4) en la localidad de Qqehuar, para determinar la densidad relativa o consistencia del subsuelo.

Asimismo, se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas representativas, para ser enviados al laboratorio para sus respectivos análisis.

- Para el Estudio Hidrológico, se ha desarrollado la siguiente investigación de campo los que se detallan a continuación:

Se estudiaron los aspectos de dimensionamiento hidráulico del Río Vilcanota, parámetros climatológicos, Parámetros Hidrometeoro lógicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos y el Modelo de Generación de Caudales Mínimos para Períodos Extendidos
Estos trabajos permitieron desarrollar los estudios respectivos.

2.4 FASE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Etapa destinada al análisis minucioso de la información obtenida en las fases anteriores con el propósito de garantizar la calidad de la base cartográfica del estudio, y poder determinar los factores de Peligro en la Ciudad de Sicuani. Esta fase se realizo mediante el análisis procesal

En el Estudio Geotécnico, se han realizado los ensayos de laboratorio siguiente:

A todas las muestras representativas del suelo de los pozos a cielo abierto ubicados en Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar, incluyendo el área urbana y zonas de expansión, se les determino su contenido de agua, y se clasificaran manual y visualmente siguiendo el criterio de sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

En todas estas muestras representativas se efectuaran los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico (ASTM D 422)
- Contenido de agua (ASTM D 2216)
- Límites líquido (ASTM D 423)
- Límite plástico (ASTM D 424)
- Densidad de sólidos (ASTM D 854)
- Densidad relativa (ASTM D 2049-69)
- Compresión no confinada (ASTM 2166-66))

Sobre la base de los registros de campo y resultados de laboratorio, se desarrollaron los perfiles estratigráficos del sub suelos detectados.

En el Estudio Hidrológico, se han realizado los ensayos de laboratorio siguiente:

Aspectos de dimensionamiento hidráulico del Río Vilcanota, parámetros climatológicos, Parámetros Hidrometeorológicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos y el Modelo de Generación de Caudales Mínimos para Períodos Extendidos

2.5 FASE DE TRABAJOS EN GABINETE

En la presente fase, se realizaron trabajos con base a la información recopilada en la investigación de campo y en los ensayos de laboratorio, que permitieron determinar los estudios básicos respectivos y en consecuencia realizar la elaboración de los mapas de peligros de la Ciudad de Sicuani y la Localidad de Qqehuar.

Los trabajos en gabinete fueron:

- En el Estudio Geológico, se realizaron los análisis sobre la geología de la zona, pendientes, geomorfología, características mecánicas cualitativas de rocas y suelos, resumen de eventos sísmicos del departamento Cusco, mapa de peligros de la ciudad de Sicuani y alrededores, evaluación de peligros del área urbana y alrededores de la ciudad de Sicuani, zonas de peligro según encuestas, fenómenos de origen geológicos – climáticos, y evaluación de peligros geológicos – climáticos, desprendimiento de rocas y derrumbe de suelos, y zonificación de peligros geológico – climáticos.

- En el Estudio Antrópico, se realizaron los análisis en relación a la base cartográfica, en el ámbito regional, ámbito provincial, ámbito local, ámbito urbana, evaluación de peligros antrópicos, planeamiento conceptual, planeamiento metodológico así como el modelamiento del peligro antrópico, evaluación de la estructura urbana, incendios forestales – urbanos, contaminación ambiental, etapa de inventario, mapa de usos, finalmente, mapas de peligros antrópicos. El trabajo se desarrollo mediante las siguientes fases:

1 Fotointerpretación: Utilizada en la digitalización vectorial de la fotografía aérea de la ciudad de con el propósito de evaluar tendencialidades, así como permitir un estudio macro del sector a nivel de estructuras, redes, cuencas, etc. En base a la fotografía aérea de la ciudad se definieron:

- Etapas de crecimiento urbano
- Vectores de expansión
- Causes y modificaciones del río Vilcanota

2 La Teledetección: Para la etapa de geoposicionamiento se utilizó un GPS Garmin PS 12, el que mediante un procedimiento de trilateración y lecturas iterativas dio una precisión de ±7m. Parar todos los planos, desde el ámbito urbano hasta el regional.

En el caso de la localidad de Qqehuar que en la actualidad ha conformado una estructura urbana, no existe planos de este conglomerado, motivo por el cual se realizo el levantamiento topográfico y catastral consignada en los planos con énfasis en la estructura urbana especifica consolidada en la actualidad.

3 Digitalización: Para el tratamiento y análisis informatizado de la información elaborada se paso a una etapa de digitalización, misma que constituye la base del SIG planteado, que permitió el análisis grafico de los factores de peligro individuales y combinados.

Estos planos digitales constituyen la base cartográfica del estudio sobre el cual se realizan el análisis, tratamiento y modelamiento de los datos para la determinación del Mapa de Peligros en la Ciudad de Sicuani.

Esta etapa ha permitido transformar en digital la información cartográfica alcanzada en la etapa de recopilación de datos, en este formato (digital), la información se encuentra en verdadera magnitud por lo que es susceptible de ser mensurada en tiempo real, facilitando el trabajo en los ítems de evaluación de esta investigación.

Este producto es la Base Cartográfica para la elaboración de los distintos Mapas temáticos de cada especialista y sector de estudio.

4 La sistematización SIG: Etapa final de sistematización de la información elaborada por cada especialistas en la medida en que la información sea numérica y variable se consolido con el uso del SIG en plataforma AutoCAD MAP y ARC View, con el propósito de graficación de la información numérica, estadística y tendencial de los factores concurrentes en la determinación de Peligros en la zona de estudio. Así, cada factor tendrá su referencia grafico y cartográfica que permitirá generar Mapas Temáticos de estas incidencias.

- En el Estudio Geotécnico, se ha efectuado el cálculo y el análisis respecto al contenido de agua, y se clasificaran manual y visualmente siguiendo el criterio de sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Asimismo, se determinaron los análisis siguientes:

- Análisis granulométrico (ASTM D 422)
- Contenido de agua (ASTM D 2216)
- Límites líquido (ASTM D 423)
- Límite plástico (ASTM D 424)
- Densidad de sólidos (ASTM D 854)
- Densidad relativa (ASTM D 2049-69)
- Compresión no confinada (ASTM 2166-66))

Sobre la base de los registros de campo y resultados de laboratorio, se desarrollaron los perfiles estratigráficos del sub suelo detectado.

- En el Estudio Hidrológico, habiéndose realizado trabajos de campo e identificado las cuencas del Río Vilcanota Alto y Hercca como cuencas principales. Para la zona del estudio de la ciudad de Sicuani se han identificado quince micro cuencas y tres cuencas aportantes como son las de Capillani, Torcoma y Tumapata, para la localidad de Qqehuar, se ha identificado la cuenca de Qqehuar.

Se han delimitado e identificado las zonas inundables de la ciudad de Sicuani y de la localidad de Qqehuar.

En esta fase se analizaron los aspectos de dimensionamiento hidráulico del Río Vilcanota, parámetros climatológicos, Parámetros Hidrometeorológicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos y el Modelo de Generación de Caudales Mínimos para Períodos Extendidos.
Estos trabajos permitieron desarrollar los estudios respectivos.

CAPITULO III: ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

3.1.1 GEOLOGIA DE LA ZONA.

1. PENDIENTES.-

El paisaje del valle de Sicuani es dominado por el valle del Vilcanota que atraviesa de SE a NW, que forma una estrecha vertiente bastante empinadas en ambos flancos.

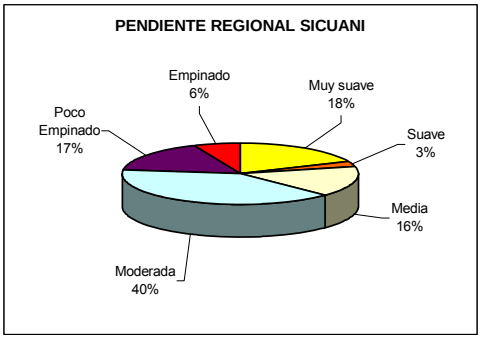
Para su clasificación se ha tomado la referencia de trabajos anteriores cuya escala de clasificación es la siguiente:

CUADRO Nº 1

RANGO DE PENDIENTES

INRENA (%)		INDECI (Grados)	
0 – 4	Suave a ligeramente inclinado	0 – 5	Muy suave
4 – 8	Regular a moderadamente inclinado	5 – 10	Suave
8 – 15	Mediana a fuertemente inclinado	10 – 15	Media
15 – 25	Fuerte a moderadamente empinado	15 – 30	Moderada
25 – 50	Muy fuerte a empinado	30 – 60	Fuerte
50 – 75	Muy empinado, zonas de escarpa	>60°	Muy fuerte
>75%	Muy excesiva		

Tomando en cuenta estas dos escalas de análisis, haciendo la comparación entre ellas se propone una tercera que diferencia mejor las partes planas y clasifica las empinadas, los que puede ayudar en la evaluación de las variables y contribuir en la evaluación de los parámetros geotécnicos del comportamiento del suelo.



CUADRO Nº 2

AREA RESUMEN DE PENDIENTE SICUANI

RANGO		DESCRIPCION	AREAS
(%)	(grados)		(Has.)
0 – 4	0 – 2	Muy suave	3667.31
4 – 8	2 – 4	Suave	518.57
8 – 15	4 – 7	Media	3228.45
15 – 25	7 – 14	Moderada	7909.96
25 – 50	14 – 21	Poco Empinado	3309.21
50 – 75	21 – 34	Empinado	1277.27

Los resultados indican una predominancia de topografía suave a moderada en sus valles y montañas poco empinadas y a muy empinadas en sus parte altas, en general se puede decir que la zona presenta predominancia de pendientes MODERADAS, los cuales permiten una cierta estabilidad de las laderas y taludes de la topografía de la zona de Sicuani. (Plano Nª 5, y Plano Nº 9).

2. GEOMORFOLOGÍA.

Este tema trata sobre el origen y las características de las superficies más representativas de la zona de estudio, donde la erosión en la actualidad modifica el paisaje. Tal análisis propende a la conclusión de un mejor conocimiento del medio geográfico indispensable para una adecuada planificación del espacio territorial.

El área de estudio presenta características geomorfológicas muy variadas, hechos que es bastante común en la sierra peruana. Esta variedad de la forma de la superficie y procesos de erosión, se debe esencialmente a la presencia de la cordillera andina, relieve de gran altitud y compleja constitución geológica, que atraviesa de rumbo generalizado SE - NW, condicionando la existencia de diversos pisos latitudinales morfoclimáticos.

A lo largo del área de estudio se ha podido observar un tipo de drenaje dendrítico, siendo el cauce principal el río Vilcanota que tiene como afluentes al río Hercca, Aguas Calientes, y otras quebradas de flujo intermitente, por lo cual presenta una topografía heterogénea y accidentada, que puede dividirse desde el punto de vista geográfico en tres grandes paisajes y 11 unidades geomorfológicas.

La diversidad de las formaciones geológicas de edad mesozoica a cenozoica y la presencia de accidentes tectónicos regionales siempre activos (pliegues y fallas), han dado origen a diversas unidades dentro del ámbito del estudio, las mismas que se muestran en el cuadro Nº 3 y mapa Nº 03.(Plano Nª6, y Plano Nº10).

CUADRO Nº 3

CUADRO DE UNIDADESGEOMORFOLOGICAS

GRAN PAISAJE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SUPERFICIE	
		(Has)	%
PLANICIE	Llanura Fluvial	50.25	0.13
	Llanura Aluvial	3352.37	8.72
	Conos Aluviales	736.82	1.92
	Llanura Lacustre	2271.99	5.91
	Onduladas	1002.64	2.61
COLINAS	Bajas	1325.93	3.45
	Altas	501.46	1.31
MONTAÑAS	Vertientes Poco Empinadas	14447.58	37.60
	Vertientes Empinadas	7284.79	18.96
	Vertientes Muy Empinadas	1753.47	4.56
ALTIPLANICIES	Onduladas	5698.67	14.83
Total		38425.97	100

La morfología de la zona de Sicuani de acuerdo al cuadro anterior, indican la predominancia de unidades morfológicas de montañas “Poco Empinadas” a “Empinadas” y valles estrechas en área no superan los 24 %, poca presencia de colinas, salvo algunas formadas por travertinos y lomadas poco altas.

Domina la cadena de Montañas que rodea la ciudad de Sicuani regionalmente, ellas forman la estrecha franja de planicies aluviales formadas por el paso del río Vilcanota y que esta en algún momento ha sido represado temporalmente por Travertinos y ha posibilitado la formación de lagunillas, que ha dejado sedimentos lacustres arcillo limosos en algunos tramos de Sicuani, especialmente en la margen izquierda que no ha sido erosionado.

3. PLANICIES.

En esta unidad se le designa a la parte mas llana o baja del valle inclinación para lo cual se han diferenciado otras unidades menores: llanura aluvial y ondulada, cuyas pendientes varían de llana a moderadamente inclinada (2 % a 8 %); en la unidad aluvial se ubica en las partes bajas y conos de deyección dentro de la estrecha franja del valle.

Llanura lacustre

Se ubica en la margen izquierda de la cuidad de Sicuani, que muestra el embalzamiento y existencia de un antigua laguna cuyos sedimentos son testimonio del embalzamiento en la curvatura de la salida de la micro cuenca. Los sedimentos evidencian el retroceso de la laguna, conformado por estratos de arcilla, diatomitas, niveles de arena, turba y presencia de gravillas; ligera a moderadamente inclinadas con pendientes de 4 a 8%, el relieve actual ha sido formado durante la era de Plio-Pleistoceno dentro del sistema Cuaternario, con riesgo de vulnerabilidad alta (deslizamientos y grietas que se presentan al contorno de la laguna); por la disminución del nivel de agua y saturación de los suelos en las zonas inundables.

Llanura fluvial

Se ubica en los sectores del antiguo cauce del río Vilcanota y el río Tintaya parte oeste de la ciudad, áreas que se encuentran inundadas en forma temporal, húmedas todo el año, constituidos por arcillas, a limo arcillo arenosos a gravosos, formando una o varias terrazas, suave a ligeramente inclinadas con pendientes de 2 a 4 %; sin riesgo de erosión.

Llanura aluvial

Se ubican en la franja de piso de valle del río Vilcanota, con topografía llana a ligeramente inclinada; formado por acumulaciones de arrastre de materiales en época lluviosa, producido durante la era Plio - pleistoceno a la actual, conformada por gravas, arena, limo y arcillas. Con erosión ligera, en las riberas de los ríos en épocas de fuerte precipitación, constituyendo niveles de terrazas fluviales de sedimentos acumulados desde fines del Pleistoceno hasta ahora, con superficies de relieve suave, pendiente de 4 a 8 % regular ha moderadamente inclinado.

Planicies onduladas

De relieve algo plano a ondulado (lomadas cortas), con pendientes de 8 a 15%, estas zonas se elevan desde los 3,400 a 3,700 msnm. El clima es frío y seco debido a la elevación y los vientos locales que corren siguiendo las encañadas y aberturas. Están principalmente compuestas por afloramientos de rocas calizas, lutitas y evaporitas y cuerpos volcánicos, cuya ondulación se debe en parte a la erosión reciente y a la acción erosiva de los glaciares pleistocénicos.

Colinas

Presentan menor altitud que las montañas que sobresalen de la planicie ondulada, con pendientes de 15 % a 75 % (laderas escarpadas), cuyas altitudes varían de 3,700 a 4,000 msnm. Estás colinas son afectadas por movimientos tectónicos intensos (fallas y plegamientos) y fracturamientos que se observan en diferentes partes de la cuenca, cuyas erosiones han dado lugar a la formación de materiales clásticos sedimentarios constituida

principalmente por lutitas de varios colores, calizas, arcillas y limolitas.

Vertiente moderadamente Inclinada.

De topografía accidentada con pendientes de 15% a 50%; se distribuyen en el área generalmente en la parte media de la micro cuenca, disectadas por numerosas quebradas y cárcavas, son áreas de origen coluvial, depósitos residuales de rocas sedimentarias lutitas, areniscas del cretáceo que alternan con afloramientos rocosos del substrato geológico más resistentes. La erosión actual está ligada a la actividad agrícola, sin manejo conservacionista, la erosión en estas es severa, observándose áreas de cárcavas de difícil control; se ubican en los flancos de la ciudad en la cadena de montañas del C° Jururo, Chumo, Suyoloma, Marcan, Sayre, etc.

Ligeramente disectada.

De topografía accidentada con pendientes de 15% a 50%; se distribuyen en el área generalmente en la parte media de la micro cuenca, disectadas por numerosas quebradas y cárcavas, son áreas de origen coluvial, depósitos residuales de rocas sedimentarias lutitas, areniscas del cretáceo que alternan con afloramientos rocosos del substrato geológico más resistente (calizas). La erosión actual está ligada a la actividad agrícola, sin manejo conservacionista, la erosión en estas es severa, observándose áreas de cárcavas de difícil control; se ubican en los flancos de la ciudad en la cadena de montañas del C° Jururo, Chumo, Suyoloma, Marcan, Sayre, etc.

Moderada Empinada.

Relieve de terrenos de topografía moderadamente accidentada con pendientes de 25 a 50%; están distribuidos en las laderas de las montañas, constituido por terrenos de rocas sedimentarias, predominando afloramientos rocosos de areniscas, cuarzo feldespático a acrósticas, lutitas y limolitas, poco resistentes a la acción erosiva, con erosión actual severa.

MONTAÑAS

Estas áreas se caracterizan por presentar un relieve muy abrupto de topografía muy accidentada, moderadamente empinadas a muy empinadas, con pendientes que oscilan desde 25 % a más de 75 %, cuyas altitudes varían entre los 3,800 a 4,600 m.s.n.m,, suelos generalmente superficiales, y abundantes afloramientos del substrato rocoso. Así mismo, la energía de su relieve ha dado lugar en el pasado, al desarrollo de intensos procesos erosivos, algunos de los cuales continúan con diversa intensidad.

Dentro de estas también tenemos áreas que corresponden a la cadena de los Andes Occidentales, que cubren como una especie divisoria del área de estudio, atravesada por dos sistemas estructurales cordilleranos de rumbo generalizado SE-NO, a continuación se describen las unidades morfológicas presentes en este tipo de paisaje:

Fuertemente Inclinado.

Son formas de terreno que se ubican al pie y laderas de montaña, con topografía ondulada suave, de pendiente moderadamente empinada de 15 a 25%, donde la pendiente llana se encuentra interrumpida por umbrales de afloramiento del substrato rocoso y por relleno de morrenas laterales, la erosión actual esta ligada a la actividad agrícola sobrepastoreo y escorrentía superficial produciéndose la erosión en arroyadas difusas.

Moderada a Fuertemente Empinada.

Relieve de terrenos de topografía moderadamente accidentada con pendientes de 25 a 50%; esta distribuido ampliamente en laderas de montañas constituidos por terrenos de rocas sedimentarias, predominando afloramientos de rocas poco resistentes a la acción erosiva, conformados por la alternancia de rocas areniscas cuarzo feldespático a arcósicas, lutitas y limolitas. La erosión actual es severa

Escarpadas.

Presentan un relieve de topografía muy empinada, con pendiente de 50% a 75%. Se extiende en sectores de deposición glaciar y movimientos tectónicos no así en rocas menos coherentes; La actividad agrícola en estas es menor por tratarse de áreas inapropiadas para esos fines, la erosión actual en el área es severa a extrema.

Muy Escarpadas.

De relieve muy accidentado, moderadamente empinados a muy empinados, con pendientes mayores del 75%; son áreas cubiertas exclusivamente por macizos rocosos de areniscas cuarzo feldespático. El fenómeno de erosión que presentan estas áreas es el de surcos y cárcavas en plena actividad; considerándolos como zona de peligrosidad alta.

3.1.2 GEOLOGIA REGIONAL

La descripción de las características estratigráficas y litológicas de la cuenca, permitirá conocer las formaciones que afloran y los diferentes tipos de rocas existentes en la cuenca: (Ver Mapa Nº 7)

CUADRO Nº 4

CUADRO RESUMEN DE LAS UNIDADES ROCOSAS

FORMACIÓN	SÍMBOLO	LITOLOGÍA	ÁREA (Has.)
Cuaternario Glaciarico	Q – gl	Gravas angulosas, arcilla	
Cuaternario Volcánico	Q – v	Ignimbritas, andesitas, dacita	
Cuaternario Eluvial	Q – el	Arcillas, limos y gravas	
Cuaternario Aluvial	Q –Al	Arenas, arcillas, limos y Gravas	
Cuaternario Morrénico	Q-mo	Gravas, arenas	
Cuaternario Lacustre	Q-la	Arcillas, tripolis, arenas	
Intrusivos	Tgr T-an	Granodioritas, anortitas, dioritas	
Cuaternario Travertinios	Q - Trav	Travertinos	194.14
Grupo Puno	Ti –pu	Areniscas, lutitas y conglomerados	5370.33
Fm. Muñani Cotaducho	Ks-muco	Areniscas, limolitas y argilitas, yeso.	3017.23
Formación Hanchipacha	Ks.ha	Areniscas, lutitas, cuarcitas y yeso	581.13
Facies Santa Barbara	Km.sb	Areniscas blancas, calizas	1782.23
Calizas Ayabacas	Km-ay	Calizas, lutitas, evaporitas	188.70
Formación Huancane	Ki-hu	Areniscas, lutitas y limolitas	960.75
Formación Muni	Ki-mu	Areniscas, cuarcitas y lutitas	191.89
Grupo Mitu	Ms– mi	Conglomerados, areniscas, volcánicos	2126.05
Gp. Copacabana Tarma	Pals-cota	Lutitas, areniscas Calizas, lutitas	1838.75
Grupo Ambo	M-am	Esquistos, areniscas y conglomerados	949.62
Formación Cabanillas	P-Ca	Areniscas Cuarzosas	1250.27
Paleozoico Inferior	Pals- i	Esquistos, cuarcitas, micaesquistos	3202.38

Fuente: INGEMMET, 1973 y trabajo de campo 2004.

3.1.3 ESTRATIGRAFIA REGIONAL

Paleozoico Inferior (Pal-i)

En el área de Sicuani se compone de una serie de Esquistos y cuarcitas, aflora en la margen derecha del río Vilcanota, la litología consiste de pizarras, lutitas y filitas de coloración gris azuladas a menudo micáceas, alternando con cuarcitas blancas muy finas.

La resistencia es baja en las pizarras, filitas y esquistos, comportándose como una roca muy suave; desmenuzándose fácilmente bajo los golpes de la picota e incluso al esfuerzo tensional de los dedos. Las cuarcitas se presentan en bancos gruesos a veces se encuentran acompañadas con areniscas.

Formación Cabanillas (P-Ca)

Considerado como el Miembro Flysh del Paleozoico Inferior (E. Audebaud, 1973). Aflora con regularidad en las partes bajas en ambos flancos del valle; por la ladera izquierda lo hace a partir del Sur de Sicuani en la Quebrada Hercca. La litología esta constituido por areniscas de grano medio a fino en capitas delgadas de 1 a 5 cm. unidas o no, formando bancos de 10 a 50 cm. a veces de 1 metro de grosor de color rojizo y también verde oscuro, alternando con esquistos gris verdoso en capitas milimétricas a disimétricas a menudo limolíticas. Estas rocas por el contenido de hierro toman colores amarillentos por intemperismo (Limonita).

Grupo Ambo (M-am)

Son rocas que afloran en el cerro Jururo y cerro Lechemocco de la ciudad de Sicuani, consiste de conglomerados en la base y areniscas intercalados con esquistos de coloración azulada a gris oscuro.

Los conglomerados están constituidos por guijarros de cuarcitas blancas bien redondeados. Estos elementos tienen de 1 a 10 cm. de diámetro y están cementados por una matriz cuarcítica gruesa y muy compacta, tiene de 30 a 60 m, de grosor y comprende varios bancos gruesos.

Las areniscas gris claras, con pátina amarillenta, micáceas y con elementos esencialmente cuarzosos, tienen un grano medio a grueso. Ellas contienen en sus capas de 50 cm. de grosor.

Grupo Copacabana Tarma (Peis-cota)

La base está constituida por un banco de 3 m caliza azul negra, en placas de 5 cm y debajo de calizas grises en capas de 5 a 10 cm. y areniscas azul negras en placas milimétricas que alternan dentro de un horizonte de 4 m.; luego se presenta un paquete de lutitas arenosas con una coloración gris azul; finalmente, se tiene unas calizas arenosas, micaceas, con pátina, negra y acompañadas de yeso, las cuales forman el núcleo fallado del sinclinal.

Este conjunto detrítico alcanza 50 a 100 m de espesor. El miembro Copacabana inferior y el Grupo Tarma representan las primeras transgresiones marinas que dieron lugar a los sedimentos neríticos con elementos detríticos.

Grupo Mitu (Ms-Mi)

Aflora y Corona las cumbres de los cerros de la ladera derecha del valle del Vilcanota. Esta serie continental del Permiano superior ha cubierto bastas extensiones y consiste de un manto volcánico-detrítico de espesor variable, fluctuando dentro del orden de los 1000 m.

Según los lugares se encuentran en forma variable tres unidades litológicas; conglomerados, areniscas y volcánicos hípabisales que cortan caprichosamente diversos niveles y afloran en forma desordenada.

Los conglomerados poseen en una matriz arcósica guijarros muy variables; tales como cuarcitas del Paleozoico inferior, volcánicos Permianos (andesitas, riolitas), a veces íntrusívos y a menudo calizas gris azuladas.

Las areniscas son del tipo grauwacas, de color rojo pardo a chocolate de composición muy variable, siendo cuarcíticas y arcósicas en otras, con fragmentos volcánicos heterogéneos.

En cuanto al volcánico es variado, pero en promedio su composición es de andesitas, estas son lavas pardo rojizas raramente verdosas, porfiríticas o no y acompañadas de brechas y tufos redepositados. Se observa con frecuencia estructuras fluidales en las dacitas, visibles en milimétricas bandas lenticulares y blanquecinas.

Formación Muni (Ki-mu)

Aflora al norte de la cuidad de Sicuani por la quebrada Tumapata, litológicamente son areniscas rojas en capas de grano fino y cuarciticas, alternando con lutitas que presentan un matiz rojo ladrillo y son frecuentemente limosas acompañada por capas lenticulares de lutitas rojas de pequeño espesor.

Formación Huancane (Ki-hu)

Esta formación aflora hacia el norte, presenta una litología de areniscas rojas u ortocuarcitas rojas en bancos gruesos y masivos intercaladas o no con lutitas o limolitas rojas, las rocas se presentan fracturadas.

Grupo Moho

Se ha definido dos unidades Calizas Ayabacas y Santa Bárbara.

Calizas Ayabacas (Km-ay)

Esta compuesta de calizas de color azul oscuro a gris azulado con alteraciones amarillentas, se presentan en algunos lugares sublitográficas y en otras dolomíticas. Son bancos masivos sin estratificación interna visible separados por capas de limolitas, lutitas rojas o calizas margosas gris amarillentas del mismo grosor.

Facies Santa Barbara (Km-sb)

Aflora al norte de la ciudad de Sicuani, son areniscas muy friables blancas a rosadas, con una estratificación cruzada y erosión espacial del tipo columnar están replegadas y asociadas con bastantes calizas Ayabacas.

Formación Hanchipacha: (Ks-ha)

Encima de las Calizas Ayabacas las capas de esta formación constituyen una franja negrusca estratificada y plegada en sinclinales largos debajo de la formación Chilca al Noroeste del Río Vilcanota.

Formación Muñani- Cotacuchu (Ks-muco)

Al Oeste de Sicuani afloran y yacen en concordancia debajo de los conglomerados del Terciario más 2,000 m. de sedimentos detríticos finos y rojos. Son esencialmente areniscas arcósicas muy cuarcíferas de grano fino y en bancos que van desde 50 cm a 5 m., pero mayormente son de 2 m. se presentan de color rojo ladrillo brillante alternan con capitas de limolitas y argilitas rojo oscuro. De gran potencia y a veces con yeso.

Grupo Puno Inferior.- (Ti-pui)

A este grupo también se le conoce como" Capas Rojas" (Cabrera La Rosa 1936). Tiene una litología de areniscas blanco rosadas a rojas mal estratificadas, que conforman bancos gruesos de 5 a 10 m. frecuentemente se les encuentra en grupos de 10 a 20 bancos de 1 a 10 m. de espesor, conformando horizontes de 20 a 100 m. de potencia que intercalan con argilitas y limolitas rojo ladrillo.

Los afloramientos son potentes, alargados y mayormente ocupan parte de la línea de cumbres de los sectores NW de la cuenca. Es de ambiente continental se le asigna una edad del terciario inferior Paleogena (Eocena-Oligocena).

DEPOSITOS CUATERNARIOS:

Morrenas y fluvioglaciares.

Las huellas de glaciaciones antiguas al este del río Vilcanota alcanzan los 3,900 m.s.n.m. se encuentran encima de la formación ambo alteradas por un fuerte erosión y meteorización (Cerro Jururo comunidad Pata Pata) y también en la parte alta de la Quebrada Tiacolla se encuentran en forma de edificios sedimentarios.

Depósitos Eluviales.

Estos depósitos se encuentran por diversas partes y especialmente sobre el Paleozoico inferior y las Capas Rojas. Están constituidas por arcillas roja detríticas, generalmente mezcladas con brechas

Depósitos Aluviales.

Estos depósitos son frecuentemente encontrados en los conos de deyección de las quebradas afluyentes al Vilcanota, están formados por materiales heterogéneos de gravas angulosas, semitransportados por efecto de las aguas pluviales. Generalmente corresponden a materiales poco consolidados de grava, cantos rodados, guijarros, boques, etc. envueltos en una matriz heterogénea arcillo limosa. Estos materiales se encuentran conformando las terrazas de valle o rellenadas depresiones. Sobre estos depósitos se asientan la mayoría de las construcciones de la zona, así como áreas de cultivo.

Depósitos fluviales.

Están conformado por materiales estratificados y clasificados por el transporte de los ríos Vilcanota y Hercca, los que fueron depositados en los cauces y paleocauces; guardando relación con la mayor distancia y tiempo de transporte. Se trata de conglomerados y gravas redondeadas a semiredondeadas de carácter polimíctico, dentro de una matriz arenosa o microconglomerádica.

Se observa terrazas aparte de los depósitos de cauce actual, Mientras los depósitos del cauce actual, se circunscribe a las playas y al lecho del río Vilcanota, no presentándose en los afluentes. La confluencia del río Hercca con el Vilcanota ha clasificado y colado de mejor manera el material transportado que el resto de las confluencias.

Depósito Lacustre.

Las lagunas ocupaban las partes bajas de la cuenca Vilcanota después de la glaciación (Lago de Sicuani o Lago Lisson de Maldonado) algunos fueron embalsados por depósitos de travertinos, posteriormente fueron colmadas por sedimentos finos pelágicos.

Estos depósitos son capas de alternancia de arcillas y limos, hasta arenas homogéneas depositados en una ambiente tranquilo, las arcillas frecuentemente son de color oscuro, marrón a plomizo, existen varios niveles de capas de creta lacustre y diatomita con pequeños gasterópodos, indicador del ambiente deposicional.

Travertinos.

Se presenta esporádicamente travertinos y se pueden clasificar según su origen en:

Travertinos asociados a fuentes termo minerales.-

Se les encuentra conformando pequeñas prominencias a manera de volcanes, que se han formado producto de la precipitación química de aguas saturadas de carbonato de calcio. A lo largo del río Carhui, antes de Trapiche y en Chilca, existen travertinos en domos a veces coloreados de rojo por el antimonio microcristalino o en amarillo por la limonita En Uchullujllo, travertinos hasta de 50 m. de espesor represaron el río en 2 lugares, pero posteriormente fueron cortados los diques y aguas abajo se formó un nuevo puente calcáreo de 10 m. de espesor. El río desaparece completamente más o menos entre los 100 ó 150 m. antes y después del pueblo.

Travertinos asociados a circulaciones de aguas.

Alrededor de Tinta, los aluviones de las pendientes están ocultos por costras calcáreas a menudo muy inclinadas. Por su posición estos depósitos corresponden a surgencias de aguas calcáreas y precipitación química por efecto de presión y temperatura. En estos casos, los travertinos son parcialmente detríticos con abundantes moldes de plantas y a veces con brechas calcáreas.

Las acumulaciones de travertinos corresponden a domos o costras que pueden servir de barreras a la erosión regresiva y proteger así a las cubetas interiores cerradas.

ROCAS INTRUSIVAS

Las Rocas Plutónicas Hercinianas están localizadas en la Cordillera Oriental y los plutones andinos en las altiplanicies. Tenemos los siguientes afloramientos: La Raya al Oeste de Sicuani, Mosocllacta al N.E. de Sicuani, Alto Salcca al sur de Pitumarca. (Plano Nº 7).

3.1.4 ESTRATIGRAFIA LOCAL

PALEOZOICO INFERIOR: ESQUISTOS Y CUARCITAS.

Los estratos del Paleozoico inferior afloran al norte de la cuidad de Sicuani en la margen derecha del río Vilcanota, estos esquistos se hallan asociados a pizarras y filitas micáceas de color gris oscuros. Ambas unidades litológicamente se encuentran fracturadas, presentan resistencia y cohesiónes muy bajas, suaves se desasen al esfuerzo de las manos y aun mas a los golpes de la picota, alteradas por el intemperismo presentando patinas de color amarillenta de la limonita.

Los esquistos se encuentran en la parte baja a media del Cerro Jururo, a diferencia de las cuarcitas que se ubican en las partes altas. La erosión en esta parte es muy alta, porque encima de los esquistos se encuentra material fluvio glaciario formando cárcavas. Las cuarcitas se presentan con una coloración blanca de grano fino en bancos gruesos, en algunos sitios se encuentran acompañados de areniscas en cantidades mínimas.

FORMACIÓN CABANILLAS: ARENISCAS.

La litología esta constituido específicamente por areniscas de grano medio a fino en capitas delgadas de 5 cm. los que forman estratos de 0.5 a 1 m. de espesor de color rojizo y también verde oscuro, estos afloramientos por el contenido de hierro toman colores

amarillentos por intemperismo alterándose a limonita. Aflora en las partes bajas en ambos flancos del valle; en el flanco izquierdo aflora a partir del centro de Sicuani y en la Quebrada Hercca, por la derecha aflora en la quebrada Trapiche.

GRUPO AMBO: ARENISCAS, ESQUISTOS Y CONGLOMERADOS

Los esquistos se encuentran asociados a pizarras mayormente son esquistos micáceos de color gris oscuro de tono azul, se presentan muy fracturadas y alteradas al intemperismo, mayormente esta unidad se encuentra en las partes bajas del cerro Jururo esto se nota claramente en las laderas de las quebradas adyacentes; las areniscas de color gris clara con pátina media amarillenta de la alteración son micáceas y cuarzosas de grano medio a grueso con bancos de aproximadamente 50 a 60 cm; los conglomerados con clastos de 1 a 10 cm. de diámetro con una matriz cuarcitica gruesa bien compactada, los bancos tiene una potencia de 30 a 50 m. de grosor.

A estas unidades litológicas se le atribuye como el Grupo Ambo en el cerro Jururo específicamente en el Huayna Jururo y Cerro Lechemocco de la ciudad de Sicuani. Aflora irregularmente a lo largo del valle del Vilcanota.

GRUPO MITU: VOLCÁNICO SEDIMENTARIO

Se encuentra como una franja cortando niveles del paleozoico, aflorando en forma desordenada, son rocas de composición andesitica, son lavas de color rojizo y en algunos lugares medio verdoso de textura porfiritica y una estructura fluidal; con presencia de brechas.

DEPOSITOS CUATERNARIOS

Morrenas y fluvioglaciares.

Las huellas de glaciaciones antiguas al este del río Vilcanota alcanzan una altitud de 3900 msnm, compuesta de arcillas y bloques de roca de diferente diámetro desde los milímetros hasta el metro, alterada por una fuerte erosión y meteorización.

Estos depósitos se encuentran en las partes altas del Cerro Jururo especialmente encima de los esquistos y pizarras de la formación Ambo, en la parte alta de la Quebrada Tiacolla se encuentran en forma de edificios sedimentarios y también encima de los esquistos del paleozoico inferior en las quebradas de Sacuyo y K'asillo en las comunidades de Pata Pata etc.

Depósitos coluviales.

Compuesta por gravas angulosas de diferentes diámetros, arcillas roja detríticas, generalmente mezcladas con brechas formados especialmente en las partes bajas de los cerros sobre los afloramientos de esquistos, areniscas y conglomerados, también suele encontrárseles en los pies de monte, como producto de la meteorización y caída de rocas de ladera. Se les encuentra en el flanco derecho del Río Vilcanota en las faldas del Cerro Jururo específicamente en las quebradas y en el flanco izquierdo en las faldas del Cerro Lechemocco.

Depósitos aluviales.

Constituido por arcillas y gravas de formas sub. angulares a redondeadas, estos son encontrados frecuentemente en los conos de deyección de las quebradas confluyentes al Vilcanota, están formados por materiales heterogéneos de gravas angulosas, semitransportados por efecto de las aguas pluviales. Generalmente corresponden a materiales poco consolidados de grava, cantos rodados, guijarros, boques, etc. envueltos

en una matriz heterogénea arcillo limosa. Estos materiales se encuentran conformando las terrazas de valle o rellenadas depresiones. Sobre estos depósitos se asientan la mayoría de las construcciones de la zona, así como áreas de cultivo.

Depósitos fluviales.

Están conformado por materiales de gravas y arenas que presentan sus elementos mejor trabajados y seleccionados que los materiales coluviales y conos aluviales, fueron depositados por el río Vilcanota, como, por sus tributarios de Hercca; guardando relación con la mayor distancia y tiempo de transporte. Se trata de conglomerados y gravas de carácter polimíctico, en una matriz arenosa o microconglomerádica.

Se observa terrazas aparte de los depósitos de cauce actual, Mientras los depósitos del cauce actual, se circunscribe a las playas y al lecho del río Vilcanota, no presentándose en los afluentes. El material no es consolidado y se compone de productos conglomerádicos con una matriz arenosa, resaltando las partículas pizarrosas; carecen de vegetación o es escaso. La confluencia del río Hercca con el Vilcanota ha clasificado y colado de mejor manera el material transportado que el resto de las confluencias. En la parte mas baja del Río Vilcanota se ha formando barras de sedimentación.

Depósito lacustre.

Estos depósitos en una alternancia de capas de arcillas y limos, hasta arenas homogéneas depositados en un ambiente tranquilo, las arcillas frecuentemente son de color oscuro, marrón a plomizo, existen varios niveles de capas de creta lacustre y diatomita con pequeños gasterópodos, indicador del ambiente deposicional. Toda el área donde se ocupa estos depósitos son tierras de cultivo en un 100%.

Travertinos.

Pequeños afloramientos de travertinos ubicados hacia la parte norte de la cuidad de Sicuani camino a los baños de Uryurmiri, se puede decir que son Travertinos asociados a circulaciones de aguas termominerales que existió en la zona y que al cambio de temperatura precipitaron formando parte de las capas del subsuelo en una gran parte norte del área de trabajo. En estos casos, los travertinos son parcialmente detríticos con abundantes moldes de plantas y a veces con brechas de pendientes recementadas por la calcita.

Entre el sector de Accota y Chumo a 0.50 m. de profundidad se encuentra travertinos debajo de las arcillas y limos del deposito lacustre. (Plano Nº 11).

CUADRO Nº 5

CARACTERÍSTICAS MECANICAS CUALITATIVAS DE ROCAS Y SUELOS.

FORMACIÓN	LUGAR	RESISTENCIA MECÁNICA	INTEMPERISMO QUÍMICO
PALEOZOICO INFERIOR	Sicuani, Sibinacocha Urcos, Quiquijana.	Horizontes de esquistos son poco resistentes a incoherentes	La secuencia de filitas son fácilmente descompuestos.
AMBO	Sicuani	La secuencia de conglomerados, areniscas, lutitas es resistente.	En la secuencia de lutitas, las arcillas se descomponen
COPACABANA	Huambutío, Calca Urubamba	La secuencia de esquistos es poco resistente y la secuencia de calizas es moderadamente resistente	Son poco resistentes al intemperismo químico
MITU	Langui, San Pedro, Huambutío, Písac	Horizontes conglomerados y volcánicos muy resistentes	Los volcánicos metaforizados son fácilmente descompuestos
CALIZAS AYABACA Y YUNCAYPATA	Cusco, Uyurmiri, Chincheros	Horizonte calcáreo, medianamente resistente y lutitas y evaporitas son incoherentes	Son poco resistentes al imtemperismo químico
CAPAS ROJAS	Desde Sicuani a Anta	Areniscas, conglomerados son resistentes y la secuencia de volcánicos mediana. Resistentes y las lutitas son incoherentes	Son resistentes a la descomposición
GRUPO PUNO	Yanaoca, Pomacanchi, Bangui	Areniscas, conglomerados son resistentes	Son resistentes a la descomposición
INTRUSIONES	Sibinacocha, La Raya Cusco	Las granodiorítas dioritas son resistentes	Su resistencia al intemperismo químico es moderada
VOLCÁNICOS	San Pedro	Andecitas dacitas, riolitas	Son resistentes a la descomposición
CUATERNARIO GLACIARICO Y MORRENICO	Sibinacocha,	Son poco resistentes	Poco resistentes a la descomposición química
CUATERNARIO ALUVIAL	A lo largo del cauce del Vilcanota y afluentes	Poco resistentes	Carecen de cementante por lo que su influencia al intemperismo químico es mínima
CUATERNARIO ELUVIAL	Langui y en las partes altas de la cuenca	Poco resistentes	Es mínima su influencia al imtemperismo químico
CUATERNARIO LACUSTRE	Langui Sicuani y San Pablo	Materiales incoherentes y deleznables	Estos materiales carecen de cementante por lo que es mínima su influencia química.

3.1.5 RIESGO SISMICO DE LA REGION

El Perú se caracteriza por ser un país altamente sísmico. Se considera importante realizarse estudios sobre el riesgo sísmico, como un intento de prevenir y mitigar los daños causados por los terremotos, ya que en el diseño de obras importantes debe considerarse el balance entre el costo de la obra y a la seguridad de la construcción.

La Cuenca del Vilcanota está fuertemente tectonizada (presenta fallas, pliegues y fracturas), por lo que los procesos geodinámicos son intensos y esto va relacionado con la intensa actividad sísmica de la cuenca, estos fenómenos sísmicos pueden acelerar o activar procesos geodinámicos como deslizamientos, aludes, ensalzamientos que producirían graves impactos ambientales.

La cuenca del Vilcanota ha sufrido efectos de sismos y muchos de ellos de carácter violento y de acuerdo a estudios sísmicos realizados en la cuenca, se han registrado sismos con intensidades mayores al grado VII en la escala modificada de Mercalli y valores de magnitud de 6.0 en la escala de Mercalli.

La cuenca se convierte en una zona vulnerable a los efectos de la reactivación sísmica por estas fallas, debido a los esfuerzos de extensión horizontal y al efecto de la tectónica de los Andes. Por lo que la zona se considera con una sismicidad de grado 1. A continuación se da un listado de ocurrencias de sismos con características de fuerte y moderada magnitud.

Siguiendo la metodología de Gutenberg y Richter, se ha realizando la evaluación del Riesgo Sísmico para el Sur del Perú. Comprendido entre 11 a 15 de Lat. Sur y 70 a 74 de Long. Oeste, que corresponde a la Región Inka. Utilizando los catálogos de Preliminar Determinación of Epicenters, del U.S. Department of the Interior 7 Geológical Survey, Catalogo sísmico del Instituto Geofísico de Perú. Información Histórica desde 1500. Los eventos ubicados en el área de estudios fueron evaluados considerando sus parámetros focales, con el objeto de obtener una información más representativa.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la realización del presente estudio, fue necesario efectuar la recopilación de datos históricos e instrumentales, disponibles de la Región. Una gran parte de los sismos ocurridos en el período 1913 - 1962, no tienen una determinación precisa de los diferentes parámetros sísmicos, debido a las condiciones precarias de observación. Para el periodo 1963 - 1994, la calidad de información es más precisa, esto se debe a la mayor cantidad de estaciones sismográficas instaladas en todo el mundo (cerca de 2,000), y la calidad del procesamiento de la información.

INFORMACIÓN HISTÓRICA

La actividad sísmica ha afectado el planeta desde tiempos remotos. Esta información obtenida no es instrumental ni puede considerarse como completa.

Terremotos importantes ocurridos en la región

Desde tiempos pasados la Región Inka ha sido remecida por una serie de eventos sísmicos algunos de ellos destructivos. Los epicentros de los terremotos ocurridos durante el tiempo de la conquista y de la colonia, hasta principios del presente siglo, han sido localizadas por los efectos catastróficos que han producido en determinados lugares ó poblaciones, siendo por consiguiente epicentros aproximados y carecen de la exactitud con la que hoy se les puede determinar.

De los temblores registrados en el pasado se tienen los siguientes datos, según E. Silgado (1968):

CUADRO Nº 6

RESUMEN DE EVENTOS SISMICOS DEPARTAMENTO CUSCO

FECHA	LUGAR	INTENS. Grado	EPICENTRO	OBSERVACIONES
1581	Yanaoca	-	-	Sismo
1590	Cusco	-	-	
1650	Cusco	7.2°	Lat. Sur 13.8	Terremoto
17/09/1707	Ccapi - Paruro	-	Cusco	Sismo
1746	Paruro	-	Lucre	Sismo
05/05/1938	Urcos – Acomayo	VI MM	Acopia	Sismo
10/07/1870	Chumbivilcas	-	Chumbivilcas	Sismo
27/03/1870	Chumbivilcas-Cotabambas	-	Cusco	Sismo
1905	Andahuaylillas	-	-	Sisimo
1931	Tinta	-	sismo	
05/03/1938	Acopia-Acomayo	VI MM	-	Sismo
23/06/1939	Pomacanchi - Yanaoca	VII MM	-	Sismo
1941	Cusco		-	Sismo
30/01/1943	Yanaoca y Pampamarca	-	Canas	Sismo
03/10/1947	Canas	Moderada	Anta	Sismo
1950	Cusco	VII	Long. W 72	Terremoto
26/02/1952	Cusco - Paruro	V MM.	Lat. Sur 14	Sismo
07/01/1955	Yanaoca	III - IV MM.	-	Sismo
08/01/1955	Yanaoca	II MM.	-	Sismo
20/02/1955	Yanaoca	III - IV MM.	-	Sismo
08/05/1965	Acos – Urcos	VI MM.	Acomayo.	Sismo
1986	Cusco	VII	Long. W 71	Sismo violento
1994	Andahuaylillas	V	Lat 13°37'32"	Sismo

Tabla con formato

Fuente: Elaborado en base a datos del IGP, E Silgado 1968.Grado en Escala Modificada de Mercalli V. Grado en escala Mercalli 7.2Sismo: desde IV a V.Terremoto y Sismo violento: desde VII.

Según los datos obtenidos podemos concluir que la provincia de Sicuani no ha registrado movimientos sísmicos de importancia, por lo que se le podría considerar una zona de mediana actividad sísmica y que se encuentra alejada de la zona tectónica Paruro - Acomayo – Pomacanchi - Cusco. Sin embargo por los afloramientos volcánicos y vestigios de aguas termominerales de La Raya, Umanchata, San Pablo, etc. indican la probabilidad de la actividad sísmica en el futuro.

La investigación de las intensidades en el ámbito regional indican que la máxima intensidad originada en el epicentro, que estuvo próxima a la laguna de Qoricocha fue alrededor de IX MM: aunque es posible que en el área de fallamiento cercano a la laguna, la intensidad puede haber llegado a X MM. deducido de los pequeños cambios geomorfológicos originados en la falla (grietas de cizallamiento en la superficie y movimiento de bloques rocosos medianos). El área de percepción del sismo, parece no sobrepasar los 11,309 km2 con un radio de 60 Km. desde el epicentro. En la ciudad las intensidades oscilaron entre IV y VI M.

3.2 GEOTECNIA DEL AREA DE ESTUDIO

Los fenómenos de origen geotécnico tomados en cuenta para el análisis de las ocurrencias en el área de estudio se describen a continuación:

UBICACIÓN DE CALICATAS – SICUANI

Los pozos a cielo abierto **(Plano Nº 12**) fueron realizados en las ubicaciones siguientes:

- PCA – 1 AV. 25 de Mayo (Nueva Rosaspata).
- PCA – 2 JR Amauta (Sector Miraflores).
- PCA – 3 Cotañampampa (Trapiche).
- PCA – 4 JR Mariapata (pampacucho).
- PCA – 5 JR Apurimac.
- PCA – 6 PSJE Fernández.
- PCA – 7 Calle México.
- PCA – 8 AV. Santa cruz (Accota).
- PCA – 9 Calle Andrés Avelino Cáceres.
- PCA – 10 Sector Chumo (Uraypampa).
- PCA – 11 Janacpampa.
- PCA – 12 Calle Julio C. Tello.
- PCA – 13 Sector Accobamba.
- PCA – 14 Av. Perú (Sector Magisterial).

UBICACIÓN DE CALICATAS – QQEHUAR.
(Plano Nº 14)

- PCA – 1 Calle S/N.
- PCA – 2 Patio del Colegio.
- PCA – 3 Calle S/N.
- PCA – 4 Calle S/N.
- PCA – 5 Calle S/N.

3.2.1 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA CIUDAD DE SICUANI

Luego de caracterizar los materiales encontrados en los depósitos subyacentes, y con base a la información obtenida de los pozos a cielo abierto, trabajos de campo y laboratorio, se presenta la secuencia estratigráfica encontrada.

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-2, PCA-7 A - PCA 09, PCA-11, y PCA-13)

En términos generales en los seis pozos a cielo abierto ubicados en la ciudad de Sicuani se detectaron que en la parte superficial y hasta una profundidad de 0.350m de espesor como promedio, se detectó materiales de relleno constituido por gravas limosas con presencia de raíces vegetales de color marrón oscuro restos de material de construcción y algo de gravas subredondeadas.

Por debajo de la capa anterior hasta una profundidad de 3.00 m. se detectaron gravas limosas y gravas pobremente graduadas, mezclas de grava - arena con poco o nada de finos y presencia de gravas gruesas con partículas de forma subredondeadas de

compacidad relativa suelta media y la presencia de boleos de diámetros comprendidos entre 3" y 5".

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-10 Y PCA 12)

En los pozos a cielo abierto PCA-10 y PCA-12 se detectaron que en la parte superficial y hasta una profundidad de 0.40m de espesor promedio, se detectaron tierra de cultivo de color café oscuro con presencia de raíces vegetales y algo de gravas subredondeadas.

Subyacente a la capa anterior y hasta la profundidad de 3.00 m, se detectaron capas de arcillas inorgánicas, arenas pobremente graduadas y arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de color marrón claro de consistencia media a blanda.

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1, PCA-3, PCA-4, PCA-5, PCA-6 Y PCA 14)

En los pozos a cielo abierto (PCA-1 al PCA-6 y PCA 14) se detectaron que en la parte superficial y hasta una profundidad de 0.40m de espesor promedio, se detectaron material de relleno con presencia de raíces y gravas subredondeadas.

Por debajo a la capa anterior y hasta la profundidad de 3.00 m, se detectaron capas de arena limosa, mezclas pobremente graduadas de arena-limo y gravas limosas, mezclas pobremente graduadas de grava-arena-limo y arcillas limosas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de color café oscuro de consistencia media.

3.2.2 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA LOCALIDAD DE QQEHUAR

Los materiales detectados en los depósitos subyacentes, de la Localidad de Qqehuar y con base a la información obtenida de los pozos a cielo abierto, trabajos de campo y laboratorio, se presenta la secuencia estratigráfica detectadas.

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1 - PCA 5)

En los cinco pozos a cielo abierto ubicados en la localidad de Qqehuar en la parte superficial y hasta una profundidad de 0.20m de espesor promedio, se detecto materiales de tierra de cultivo con presencia de raíces vegetales de color marrón oscuro

Por debajo de la capa anterior hasta una profundidad de 0.40 m. se detectó una arcilla inorgánica de baja a mediana plasticidad de consistencia media

Subyacente a la capa anterior y hasta la profundidad de 3.00 m se detectaron arenas limosas pobremente graduadas, arenas con gravas finas de formas de partículas subredondeadas.

3.2.3 PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA FREÁTICA-SICUANI

Respecto a la posición del nivel de agua freática NAF, dentro de las profundidades que se estudiaron, se detectaron en el PCA-3 en la zona de Trapiche a una profundidad de 2.00m en el PCA-10 se detecto a 3.00m (barrio Janacpampa) en el resto de los pozos no se detectaron el NAF al momento de realizar el estudio.

3.2.4 PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA FREÁTICA-QQEHUAR

La posición del nivel de agua freática NAF, dentro de las profundidades que se estudiaron se detectó en el PCA-1 al PCA-5 en profundidades comprendidas de 0.8m a 1.50m.

3.2.5 ENSAYOS DE PENETRACIÓN CONO DE PECK EN LA CIUDAD DE SICUANI

En base a los registros de los ensayos de sondeos continuos a través del Cono de Peck, que se efectuaron en campo en numero de seis, se observan que existe una variación en relación al numero de golpes/30cm, cuyos valores varían de 7 para una profundidad de –1.50m y para 33 golpes para una profundidad de -11.15m para suelos de gravas pobremente graduadas en la que presenta una compacidad relativa de suelta a media.

Para el caso de los sondeos en el sector de Chumo el número de golpes /30cm varían 5 a 10 para una cota de –0.90m y -4.80m en base a este número de golpes se puede inferir que el subsuelo se tratan de suelos finos cuya consistencia varia de media a compacta.

3.2.6 ENSAYOS DE PENETRACIÓN CONO DE PECK - QQEHUAR

Considerando los registros de los ensayos de sondeos continuos a través del Cono de Peck, que se efectuaron en campo en numero de cuatro, se observan que existe una variación en relación al numero de golpes/30cm, cuyos valores varían de 2 golpes para una profundidad de –0.30m y para 28 golpes para una profundidad de –3.10m. Tomando en cuenta que estrato comprendido entre dichas profundidades se trata de arenas limosas de compacidad relativa de suelta a media.

3.2.7 CLASIFICACION DE SUELOS DE LA CIUDAD DE SICUANI

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-2, PCA-7 A - PCA 09, PCA-11, y PCA-13)

Con base a los trabajos de campo y resultados de laboratorio se ha determinado que las características medias de la grava pobremente graduada, mezclas de grava-arena, poco o nada de finos son: contenido de agua 3.82%. El porcentaje de finos de 2.73 %, densidad de sólidos de 2.66, densidad natural de 1.70 Ton/m³. Coeficiente de uniformidad 6.5 y coeficiente de curvatura 0.50. Clasificación de acuerdo al sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) GP.

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-10 Y PCA 12)

Las características medias de la arcilla inorgánica de baja a mediana plasticidad de color marrón rojizo y con una consistencia media son: contenido de agua 8.67%, limite liquido 35.84 % y limite plástico 21.87 % respectivamente, el porcentaje de finos de 88.40 %, densidad de sólidos de 2.64, densidad natural de 1.70 Ton/m³, y su resistencia a la compresión no confinada alcanza un valor de 7.50 Ton/m2. Clasificación de acuerdo al sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) CL.

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1, PCA-3, PCA-4, PCA-5, PCA-6 Y PCA 14)

Las características medias de la grava limosa mezcla pobremente graduada de grava-arena-limo son: contenido de agua 6.66%, limite liquido 18.01 % y limite plástico

16.69% respectivamente, el porcentaje de finos de 13.32 %, densidad de sólidos de 2.65, densidad natural de 1.70 Ton/m³. Clasificación de acuerdo al sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) GM.

3.2.8 CLASIFICACION DE SUELOS DE LA LOCALIDAD DE QQEHUAR

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1 Y PCA -5)

Las características medias de las arenas limosas, mezclas pobremente graduadas de arena-limo de compacidad relativa de suelta a media son:

Contenido de agua que varían de 10.67%, limite liquido 17.64 % y limite plástico 15.06% respectivamente. El porcentaje de finos de 14.92 %, densidad de sólidos de 2.67, densidad natural de 1.70 Ton/m³. Clasificación de acuerdo al sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) SM.

3.2.9 EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS - ANÁLISIS GEOTÉCNICO:

Los peligros de geotécnico con mayor incidencia en el área de estudio son ocasionados debido a:

- Las características del subsuelo.
- El nivel de agua freática NAF.
- Por la variación de la capacidad de carga admisible considerando las profundidades y el ancho de cimentación.
- Los asentamientos inmediatos considerando el esfuerzo crítico y el factor de influencia de deformación.
- Asentamiento diferido, considerando el esfuerzo crítico, las características geotécnicas ante una eventualidad de sismo, y a la elevación del nivel del Río.
- El material de adobe de las viviendas.
- El tipo de zona de sismicidad, factor de zona y factor de suelo.
- Las ondas de corte Vs y el módulo de corte Go.

3.2.9.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE – SICUANI – QQEHUAR.

Para determinar la capacidad de carga admisible se recurrió a las ecuaciones de Meyerhof y Skempton (ref. 1 y 4), y considerando los parámetros del suelo de apoyo y tomando en cuenta la estratigrafía detectada, gravas pobremente, mezclas de grava-arena poco o nada de finos, de compacidad suelta a media.

La capacidad de carga admisible considerando una falla local por corte del suelo se evaluó a través de las siguientes expresiones:

q adm = cNcFcsFcdFci+(qNqFqsFqdFqi + 0.5d BNdFdsFddFdi)/Fs
qadm = (CNc)/3+ dDf

Donde:

C	= Cohesión (ton/m2)
qadm	= Capacidad de carga admisible (Kg./cm²)
q	= Esfuerzo de tapada d x Df
Fs	= Factor de seguridad (Fs = 3)
d	= Densidad natural del suelo (1.70 ton/m3)

Df = Profundidad de empotramiento mínimo (-1.50 m).
B = Ancho de la cimentación mínima (1.50 m.)
Fcs,Fqs, Fds = Factor de forma
Fcd, Fqd, Fdd = Factor de profundidad
Fci, Fqi, Fdi = Factor de inclinación
Nc, Nq, Nd = Factor de capacidad de carga

El tipo de cimentación estudiada, para las estructuras de viviendas considerando un promedio de 3 pisos será a base de zapatas con vigas conectadas en ambos sentidos, cuyo espesor debe ser compatible a las estructuras elevadas y su rigidez correspondiente. (Plano Nº 13, y Plano Nº15). La capacidad de carga admisible alcanza valores de:

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-2, PCA-7 A - PCA 09, PCA-11, Y PCA-13)

CIMENTACIÓN: ZAPATAS CON VIGAS CONECTADAS EN AMBOS SENTIDOS		
Df (m)	B (m)	qadm. (Kg/cm²)
1.20	1.50	1.23 –1.56
1.40	1.50	1.42-1.81
1.50	1.50	1.52-1.93
1.70	1.50	1.72-2.18
1.80	1.50	1.82-2.31
2.00	1.50	2.02-2.60

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-10 Y PCA 12)

CIMENTACIÓN: ZAPATAS CON VIGAS CONECTADAS EN AMBOS SENTIDOS		
Df (m)	B (m)	qadm. (Kg/cm²)
1.20	1.50	1.13
1.40	1.50	1.18
1.50	1.50	1.22
1.70	1.50	1.25
1.80	1.50	1.27
2.00	1.50	1.31

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1, PCA-3, PCA-4, PCA-5, PCA-6 Y PCA 14)

CIMENTACIÓN: ZAPATAS CON VIGAS CONECTADAS EN AMBOS SENTIDOS		
Df (m)	B (m)	qadm. (Kg/cm²)
1.20	1.50	1.09
1.40	1.50	1.26
1.50	1.50	1.35
1.70	1.50	1.52
1.80	1.50	1.61
2.00	1.50	1.80

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1 Y PCA -5) - QQEHUAR

CIMENTACIÓN: ZAPATAS CON VIGAS CONECTADAS EN AMBOS SENTIDOS		
Df (m)	B (m)	qadm. (Kg/cm²)
1.20	1.50	1.05
1.30	1.50	1.11
1.40	1.50	1.16
1.50	1.50	1.22
1.60	1.50	1.30
1.70	1.50	1.32
1.80	1.50	1.40

La capacidad de carga admisible determinada en la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar es en base a los parámetro de los resultados obtenidos de campo y laboratorio, cabe mencionar que un gran porcentaje de las viviendas en dichas localidades son construcciones en base al material de adobe (91.31% - Ref. INEI 1993)

3.2.9.2 ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

Los asentamientos en suelos no cohesivos, tales como gravas pobremente graduadas, mezclas de grava-arenas poco o nada de finos, gravas limosas, mezclas pobremente graduadas de arena-limo, los asentamientos en los suelos granulares se estimó mediante métodos semiempíricos basados en resultados de pruebas de penetración de cono dinámico. Para estimar estos asentamientos se recurrió a los criterios de Burland, Burbridge y Schultze, según la siguiente expresión:

Se = fsfi (q-0.67p) * B^0.7*Ic

Donde:

Fs = Factor de forma
fi = Factor de corrección para espesor capa arena

ft = Factor de tiempo
Ic = Índice de compresibilidad
T = tiempo en años
q = esfuerzo aplicado
p = presión de sobrecarga efectiva
B = Ancho de cimentación

El valor obtenido considerando la magnitud de los esfuerzos aplicados alcanza a un valor de 39.27mm (hoja de cálculo) para zapatas con vigas conectadas en ambos sentidos para la ciudad de Sicuani.

Para el caso de la localidad de Qqehuar se aplicó la misma expresión y se determinó que el asentamiento inmediato alcanza un valor de 24.89mm. (hoja de cálculo).

3.2.9.3 ASENTAMIENTOS DIFERIDOS

El asentamiento vertical diferido, para el sector de Chumo tipo de suelo 2 (arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad) ocurrirá como resultado de la reducción del volumen del suelo causado por la extracción de una parte del agua de los poros del suelo.

Para determinar la magnitud de los asentamientos verticales diferidos se estableció una relación entre la consistencia relativa y sus propiedades índice de la parte fina y el índice de comprensión y por estar propenso a recibir infiltración de agua o saturaciones por efecto de lluvias, se determinó mediante el esfuerzo crítico (capacidad de carga admisible). Por tanto, el valor del asentamiento para el centro del área cargada uniformemente alcanza un valor de 6.42 cm y para la esquina del área cargada uniformemente alcanza un valor de 5.24 cm. La evaluación de los asentamientos diferidos se realizó mediante la siguiente expresión:

$Sc = (CcH/1+e) \log [(Po + \Delta p)/ Po]$

Donde:

Po = Presión sobre el suelo antes de la construcción (ton/m2)
Δp = Incremento de presión sobre el suelo causada por la construcción (capacidad de carga admisible ton/m2)
Cc = Índice de compresión
Cc = 0.009 (L.L.-10), Skempton
Cc = 0.2343(LL./100)gs (Nagaraj y Murthy 1985)
L.L. = Limite Liquido = 35.84
Ss = 2.66
Cc = 0.23
e = Relación de vacíos (0.69)

En el diseño estructural para constricciones futuras se debe considerar los posibles movimientos diferenciales y distorsiones, considerando los valores obtenidos para los asentamientos diferidos.

3.2.9.4 AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

ANÁLISIS QUÍMICO

Considerando que los elemento de la cimentación (zapatas, vigas) estarán en contacto directo con los suelos que servirán de apoyo y que dichos elementos no deben ser afectados por agentes químicos perjudiciales se realizaron ensayos químicos en el

Laboratorio de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, en muestras representabas para determinar su PH, cloruros, sulfatos y sales disueltas. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Ciudad de Sicuani

Pozos Sicuani	Muestra	Profundidad (m)	PH	CE. Mmhos/cm	Cloruros ppm	Sulfatos ppm
PCA-2	Mat – 02	2.80	7.10	0.044	7.30	7.20

Localidad de Qqehuar

Pozos Qqehuar	Muestra	Profundidad (m)	PH	CE. Mmhos/cm	Cloruros Ppm	Sulfatos ppm
PCA-2	Mat - 02	1.20	7.6	0.038	28.10	11.50

De los resultados que se indican se puede inferir que la muestra tiene 27.30 ppm de cloruros y 7.ppm de sulfatos que son considerados de concentración bajas que según las recomendaciones del Concrete Manual (USBR) cuando los contenidos son menores a 1000ppm el ataque de sulfatos al suelo serán despreciables. Por tanto no afectan estos componentes químicos del suelo a los elementos de la cimentación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS GEOTÉCNICOS.

El estudio geotécnico se basa fundamentalmente en el análisis de los estudios geotécnicos y de información geotécnica de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar, habiéndose realizado los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, y gabinete, permitiendo determinar las características del los subsuelos e identificado tres tipos de suelo, para la ciudad de Sicuani y un tipo de suelo para la localidad de Qqehuar; el nivel de aguas freáticas-NAF dentro de las profundidades que se estudiaron, para la ciudad de Sicuani, se detectó en el PCA-3 en la zona de Trapiche a una profundidad de 2.00m, y en el PCA-10, en el barrio de Janacpamapa, a una profundidad de 3.00m. Asimismo, el nivel de aguas freáticas-NAF, en la localidad de Qqehuar, se detectaron en el PCA-1 al PCA-5, en profundidades comprendidas de 0.8m a 1.50m. De los sondeos con Conos de Peck, (SC-1 a SC-5) en la ciudad de Sicuani, se encontró que existe variación en el número de golpes, para suelo de gravas pobremente graduadas, presenta una compacidad relativa de media a suelta, en el sondeo SC-6 sector de Chumo, el número de golpes varían de 5-10, en este número de golpes se infiere que el subsuelo se trata de suelos finos cuya consistencia varía de media a compacta. En la localidad de Qqehuar los sondeos SC-1 a SC-4, los golpes varían entre 2 a 28 golpes, entre las profundidades de -0.30m y -3.10m, tomando en cuenta que se trata de arenas limosas de compacidad relativa de suelta a media.

La capacidad de carga admisible, en la ciudad de Sicuani, para el tipo de suelo 1 varían de 1.23 kg/cm2 a 2.60 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m. La capacidad de carga admisible para el tipo de suelo 2 varían de 1.13 kg/cm2 a 1.31 kg/cm2 para profundidades que varían entre 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m. La capacidad de carga admisible para el tipo de suelo 3 varían de 1.09kg/cm2 a 1.80 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m. (Plano Nº 13).

La capacidad de carga admisible en Qqehuar para el tipo de suelo, varían de 1.05kg/cm2 a 1.40 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m. (Plano Nº 15).

Los asentamientos inmediatos para la ciudad de Sicuani considerando el esfuerzo crítico (capacidad de carga admisible) y considerando el factor de influencia de deformación alcanza un valor de 39.27mm (hoja de cálculo).

El asentamiento inmediato para la localidad de Qqehuar considerando el esfuerzo crítico (capacidad de carga admisible) y considerando el factor de influencia de deformación alcanza un valor de 24.89mm (hoja de cálculo).

El asentamiento diferido para la Ciudad de Sicuani – sector Chumo considerando el esfuerzo crítico (capacidad de carga admisible). El valor del asentamiento para el centro del área cargada uniformemente alcanza un valor de 6.42 cm y para la esquina del área cargada uniformemente alcanza un valor de 5.24 cm.

Las características geotécnicas para el tipo de suelo 1, el peligro que se puede tener es en relación ante una eventualidad de sismo dada que estas generarían una densificación ocasionando asentamientos.

El peligro geotécnico (tipo de suelo 2) en la ciudad de Sicuani se puede determinar que el sector de Trapiche y Chumo, cuando el material de estos llegue a saturarse pueden generarse asentamientos de consideración (tomando en cuanta que gran porcentaje son viviendas construidas a base de adobe).

El peligro geotécnico (tipo de suelo 3) en la ciudad de Sicuani se puede determinar que el sector de (Pampacucho), es cuando el material de estos llegue a saturarse por efectos de inundación pueden generarse asentamientos de consideración (tomando en cuenta que gran porcentaje son viviendas de adobe).

Las características geotécnicas en la localidad de Qqehuar, el peligro que corre, es debido a la elevación del nivel del río Qqehuar estas se transmiten hacia los terrenos de cimentación las cuales se ven afectados por la presencia de estos niveles ocasionando la disminución de su capacidad de carga admisible.

Cabe señalar que en la localidad de Qqehuar, el 100% de las viviendas son de material de adobe una causa de inundación daría lugar a que el material de la cimentación se sature y las viviendas lleguen a colapsar.

Es importante indicar que el departamento del Cusco y la ciudad de Sicuani están ubicadas en la zona 2 de Sismicidad media, factor de zona Z = 0.30 al Tipo de suelo S3 periodo predominante Ts = 0.9 y un factor de suelo S = 1.4

Las ondas de corte Vs y el modulo de corte G0 en base a los ensayos de penetración estándar y tomando como criterio los trabajos desarrollados por M. Maugeri profesor de geotecnia de la Universidad de Catania Italia, se ha determinado que los valores de Vs alcanzan desde 170.31m/s hasta 328.48 m/s y un modulo de corte G0 desde 57.66 Mpa hasta 214.40 Mpa.

3.3. HIDROLOGÍA DEL ÁREA DEL ESTUDIO

3.3.1. Generalidades

El presente estudio se basa en el análisis de la información hidrológica e hidráulica de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar, habiéndose realizado trabajos de campo e identificado las cuencas del Río Vilcanota Alto y Hercca como cuencas principales. Para la zona del estudio de la ciudad de Sicuani se han identificado quince micro cuencas y tres cuencas aportantes como son las de Capillani, Torcoma y Tumapata, para la localidad de Qqehuar, se ha identificado la cuenca de Qqehuar.

Se han delimitado e identificado las zonas inundables de la ciudad de Sicuani y de la localidad de Qqehuar.

Se ha realizado así mismo el análisis estadístico de la información hidrometeorológica disponible en la zona de estudio basada en información que proporcionan las estaciones hidrometeorológicas de la región, inicialmente se ha tomado como base treintaidos estaciones.

Por el ámbito del proyecto se han discretizado a 19 estaciones siendo estas las de Anta, Chitapampa, Ccatcca, Calca, Caycay, Combapata, Kayra, Livitaca, Paruro, Pomacanchi, Pisac, Perayoc, Paucartambo, Sicuani, Urcos, Urubamba, Yauri, Yucay y Zurite basados en registros mensuales contínuos y conjuntos de 22 años desde 1,964 a 1,985.

Se debe resaltar que se han tomado estos registros por cuanto a partir del año de 1,985 al año 1,995, la mayoría de las estaciones discretizadas no cuentan con información confiable por los problemas sociales y políticos desarrollados en estos años en el Perú.

Los registros elaborados han permitido elaborar los siguientes modelos hidrológicos:

1) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la Cuenca del Río Vilcanota Alto.

2) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la Cuenca del Río Hercca.

3) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la Cuenca del Río Vilcanota.

4) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la Cuenca de Qqehuar.

5) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la cuenca de Capillani en la ciudad de Sicuani.

6) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la cuenca de Torcoma en la ciudad de Sicuani.

7) Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Hidrometeorológicos para la cuenca de Tumapata en la ciudad de Sicuani.

8) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Mensuales para la Cuenca del Río Vilcanota Alto

9) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Mensuales para la Cuenca del Río Hercca

10) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Mensuales para la Cuenca del Río Vilcanota

11) Cuatro Modelos Hidrológicos de Generación de Caudales Máximos para la Cuenca del Río Vilcanota Alto

12) Cuatro Modelos Hidrológicos de Generación de Caudales Máximos para la Cuenca del Río Hercca

13) Cuatro Modelos Hidrológicos de Generación de Caudales Máximos para la Cuenca del Río Vilcanota

14) Cuatro Modelos Hidrológicos de Generación de Caudales Máximos para la Cuenca del Río Vilcanota Alto

15) Cuatro Modelos Hidrológicos de Generación de Caudales Máximos para la Cuenca del Río Hercca

16) Quince Modelos Hidrológicos de Generación de Caudales Máximos para las Micro cuencas de la ciudad de Sicuani

17) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Máximos para la cuenca de Qqehuar

18) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Máximos para la cuenca de Capillani

19) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Máximos para la cuenca de Torcoma

20) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Máximos para la cuenca de Tumapata

21) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Mínimos para la Cuenca del Río Vilcanota Alto

22) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Mínimos para la Cuenca del Río Hercca

23) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Maximos para la Cuenca del Río Vilcanota

24) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos por Arrastre para la Cuenca del Río Vulcanota Alto

25) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos en Suspensión para la Cuenca del Vilcanota Alto.

26) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos Totales para la Cuenca del Vilcanota Alto

27) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos por Arrastre para la Cuenca del Río Hercca

28) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos en Suspensión para la Cuenca del Río Hercca

29) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos Totales para la Cuenca del Río Hercca

30) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos por Arrastre para la Cuenca del Río Vilcanota

31) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos en Suspensión para la Cuenca del Río Vilcanota

32) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos Totales para la Cuenca del Vilcanota

33) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos por Arrastre para la Cuenca del Río Qqehuar

34) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos en Suspensión para la Cuenca del Río Qqehuar

35) Modelo Hidrológico de Generación de Caudales Sólidos Totales para la Cuenca del Río Qqehuar

Para poder confirmar estos modelos se han realizado aforamientos de los Ríos Vilcanota Alto, Hercca, Vilcanota y Qqehuar en el mes de Octubre del año 2,004.

3.3.2. Características Hidráulicas del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani

3.3.2.1. Área de la Cuenca

El Área total corresponde a los 1,116.15 KM2, y se encuentra subdividida en dos Cuencas: Vilcanota Alto con 495.50 Km2.y Hercca con 620.65 Km2.

3.3.2.2. Longitud del Cauce Principal

La Longitud más larga del cauce principal del río Vilcanota es de 60 kilómetros, que es la que corresponde a la cuenca del río Hercca, sin embargo de acuerdo al estudio geomorfológico de la cuenca el cauce principal está definido por la cuenca del río Vilcanota Alto que es de 37 Kilómetros.

3.3.2.3. Pendiente Promedio

La pendiente promedio del cauce principal es de 2.04 %, que es la que corresponde al río Vilcanota Alto, sin embargo la pendiente promedio del río Hercca es de 1.63 %.

3.3.2.4. Hidrografía

La Cuenca presenta drenajes perpendiculares al afluente principal que es el Río Vilcanota Alto, que nace en el sector de La Raya, iniciándose en la cuenca de La Raya.

Las características hidráulicas de los cauces por cuencas de aporte se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 1
NUMERO DE ORDEN DEL RIO VILCANOTA - MODELO HORTON

CUENCA	Número de Afluentes Directos	Número de Orden 1	Número de Orden 2	Número de Orden 3	Número de Orden 4
Vilcanota Alto	24	31	10	3	--
Hercca	70	42	19	5	4
Vilcanota	94	73	29	8	4

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.2.5. Forma de la Cuenca

La cuenca en conjunto tiene la forma rectangular, con la salida en el vértice de uno de sus lados, tiene una relación de forma de 0.31.

3.3.2.6. Modificaciones Naturales y/o Artificiales

Los cauces naturales no han sufrido modificaciones naturales, inclusive en la parte baja donde fluye la corriente principal, se presentan pendientes moderadas a fuertes.

3.3.3. Climatología de la ciudad de Sicuani

La principal información Climatológica compilada para el presente estudio ha sido discretizada en los siguientes parámetros:

a) La Tensión de Vapor

b) La Evaporación

c) Las Horas de Sol

d) Los Vientos

e) La Humedad

f) Temperatura

g) Evapotranspiración

3.3.3.1. Tensión de Vapor

La Tensión de Vapor presentada a continuación se basa en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani que presenta los siguientes resultados:

CUADRO Nº 2

TENSIÓN DE VAPOR EN LA CIUDAD DE SICUANI

Enero	FEBRERO	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
8,64	8,65	8,76	8,15	6,87	5,6	5,48	6,06	6,75	7,2	7,65	8,15	7,33

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.3.2. Evaporación

La Evaporación presentada a continuación se basa en los registros la estación hidrometeorológica de Sicuani, que presenta los siguientes resultados:

CUADRO Nº 3

EVAPORACIÓN EN LA CIUDAD DE SICUANI

Enero	FEBRERO	MARZO	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviem	Diciembre	Promedio
74,6	65,33	81,2	87,0	106,1	117,	123	124	125	136,7	112	93,8	124,6

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.3.3. Horas de Sol

Las Horas de Sol presentadas a continuación se basan en los registros de la estación hidrometeorológica de Kayra.

CUADRO Nº 4

HORAS DE SOL EN LA CIUDAD DE SICUANI

Enero		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviem	Diciembre	Promedio
125	122,2	147	183	236,9	237	251	235	197,9	200,9	170	146	187,8

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.3.4. Humedad

La Humedad presentada a continuación se basa en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani, donde se han obtenido los siguientes resultados:

CUADRO Nº 5

HUMEDAD EN LA CIUDAD DE SICUANI

Enero		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviem	Diciembre	Promedio
68,4	69,1	69,2	65,9	58,1	52,8	51,9	53,6	53,6	54,7	57,2	63,0	59,78

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.3.5. Vientos

Los Vientos presentados a continuación se basan en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani, donde se han obtenido los siguientes resultados:

CUADRO Nº 6

VIENTOS EN LA CIUDAD DE SICUANI

Mes	Dir.	Km/h	Dir.	Km/h	Dir.	Km/h	Dir.	Km/h	Dir.	Km/h
Enero	Ene	8	N	10	EN	8	WNW	8	ENE	20
Febrero	ESE	8	NNE	10	ENE	12	EN	6	NNE	10
Marzo	EN	10	EN	8	-	-	EN	7	EN	10
Abril	N	6	EN	8	EN	8	NW	6	EN	8
Mayo	EN	6	NNE	10	N	10	E	10	EN	10
Junio	NNW	8	NW	8	NW	6	NW	10	-	-
Julio	NW	8	N	10	EN	12	NNE	12	-	-
Agosto	EN	16	N	10	EN	12	EN	18	EN	6
Septiembre	NNE	12	ENE	12	EN	20	EN	16	EN	12
Octubre	EN	12	EN	12	-	-	ENE	20	N	18
Noviembre	N	8	EN	12	-	-	EN	12	EN	10
Diciembre	-	-	EN	10	-	-	NW	10	-	.

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.3.6. Temperaturas

Las temperaturas se han regionalizado en función a los datos térmicos de los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani, obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO Nº 7

TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE SICUANI

Estación	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura Media Anual (°C)	Temperatura Máxima Absoluta Anual (°C)	Temperatura Mínima Absoluta Anual (°C)
Sicuani	3550	11,71	22,25	- 0,39

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.4. Precipitaciones en la ciudad de Sicuani

3.3.4.1. Precipitaciones Medias Mensuales

Las precipitaciones presentadas a continuación se basan en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani, registradas en 30 años desde el año de 1,964 hasta el año de 1,994:

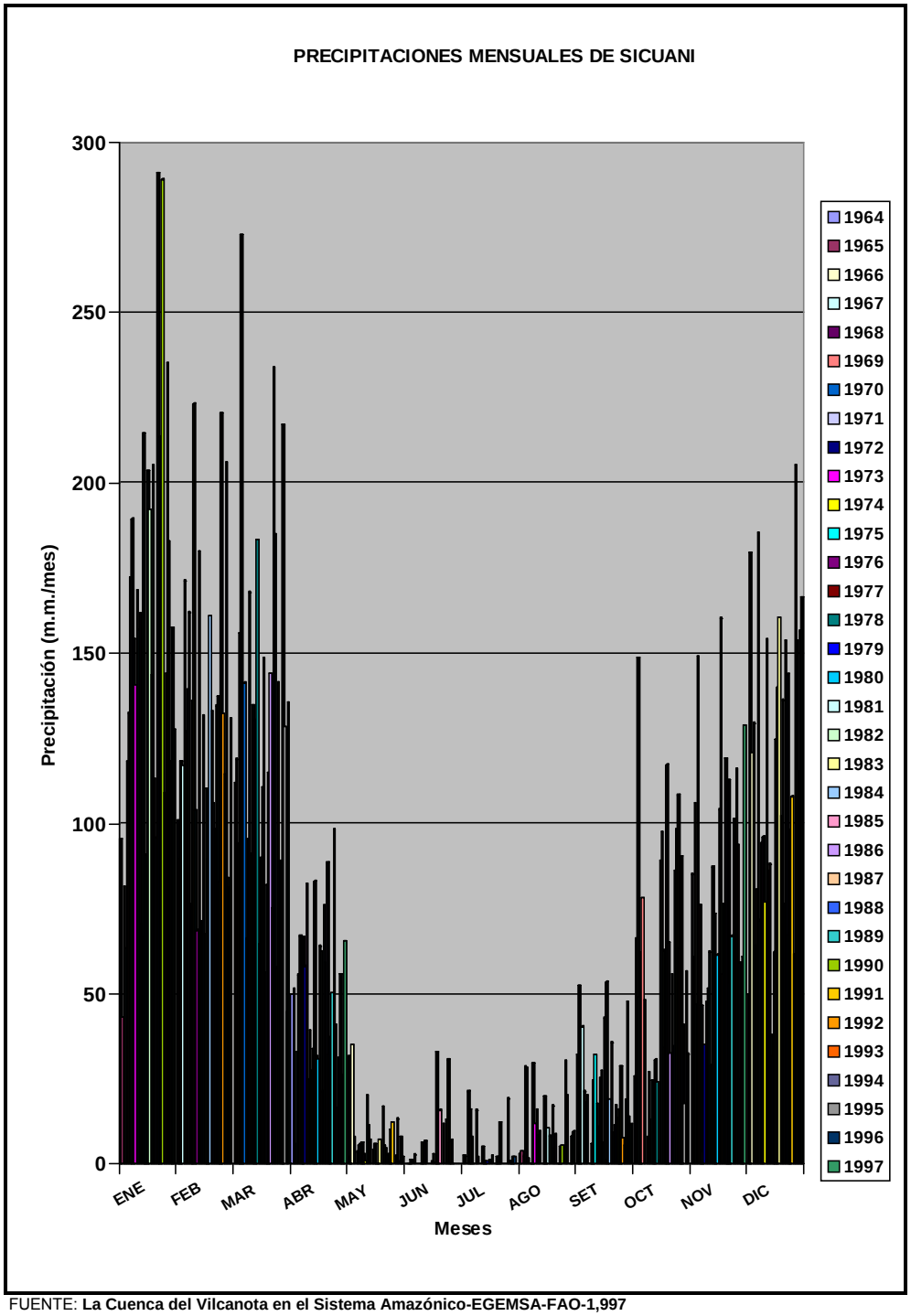
CUADRO Nº 8

PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES DE SICUANI (1,964 - 1,994)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	95.4	101.0	112.0	50.0	31.8	0.0	2.5	3.2	32.2	25.8	85.1	50.0
1965	43.2	89.7	119.0	51.7	2.1	0.0	2.4	3.7	52.5	66.1	61.0	179.7
1966	81.6	118.2	94.2	6.0	35.0	0.0	0.0	2.3	38.9	148.8	106.0	121.0
1967	63.4	117.2	155.9	33.0	8.2	1.4	21.4	28.7	40.4	49.0	46.8	129.5
1968	118.2	171.3	272.9	55.6	0.0	0.0	16.0	28.2	21.4	62.1	149.3	64.2
1969	132.5	127.0	140.4	67.0	3.6	2.8	8.0	1.6	18.0	78.2	76.2	80.8
1970	172.3	139.5	141.3	50.3	5.6	0.0	0.0	0.0	20.4	48.3	46.6	185.4
1971	189.5	162.0	66.1	66.9	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	71.6
1972	154.2	76.5	95.6	58.1	6.3	0.0	15.9	29.6	0.0	8.0	35.2	94.4
1973	140.7	136.2	168.0	82.5	3.1	0.0	2.0	11.8	5.9	27.0	47.6	96.2
1974	168.5	223.3	91.1	25.1	0.8	6.5	0.0	16.0	24.5	13.0	51.5	77.0
1975	157.0	103.9	134.9	39.4	20.3	0.7	0.0	8.4	32.1	24.4	62.4	154.2
1976	161.9	68.7	130.4	27.5	11.4	6.7	5.1	9.6	17.9	9.3	29.0	86.3
1977	70.5	179.9	87.0	33.9	7.2	0.0	0.8	0.0	11.0	30.7	87.3	88.1
1978	214.6	71.3	183.4	83.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	24.2	73.4	37.9
1979	66.8	50.5	64.8	31.8	4.4	0.0	0.9	19.8	27.6	0.8	14.3	31.7
1980	90.9	131.9	89.9	31.0	6.0	1.0	1.3	0.0	6.3	89.3	61.5	62.4
1981	203.6	67.5	110.8	64.0	0.0	3.0	0.0	10.7	42.9	97.5	104.2	124.6
1982	192.1	110.4	148.6	62.7	0.0	0.4	2.6	8.3	53.5	62.8	160.3	140.1
1983	143.8	89.5	56.1	21.4	7.1	32.9	0.0	0.0	1.2	34.2	55.7	160.7
1984	205.3	161.1	82.1	76.1	0.0	5.5	0.0	17.2	19.0	117.3	76.5	102.4
1985	113.4	133.2	114.9	59.3	17.0	15.9	2.0	4.8	35.7	65.0	119.2	136.3
1986	95.8	106.1	144.2	88.5	5.5	0.0	2.2	9.0	9.2	32.5	107.0	76.4
1987	291.2	98.5	75.2	32.0	4.6	11.8	12.4	0.0	11.3	55.8	112.7	153.7
1988	213.6	134.6	234.0	37.4	2.8	0.0	0.0	0.0	17.3	34.6	53.2	143.9
1989	199.2	137.3	185.2	50.4	2.9	13.0	0.0	5.0	13.6	86.1	67.0	67.1
1990	289.2	82.9	57.7	98.4	10.1	30.7	0.0	5.5	16.2	98.4	101.4	98.2
1991	108.9	220.7	141.6	41.1	12.3	6.5	0.0	0.0	28.7	108.4	97.3	108.0
1992	144.2	132.3	88.9	16.4	0.0	7.0	19.2	30.5	7.6	63.5	116.2	61.7
1993	235.3	114.6	86.5	31.4	2.3	0.0	0.8	20.4	5.5	90.4	93.7	205.4
1994	183.1	206.2	217.2	55.8	13.3	0.0	0.0	0.0	18.8	40.8	59.3	153.8
1995	118.2	84.0	128.4	23.5	0.7	0.0	2.0	0.0	47.8	17.9	24.9	115.3
1996	157.5	81.0	44.6	26.2	8.2	0.0	2.0	8.3	14.1	56.5	61.0	156.6
1997	127.7	131.0	135.7	65.6	2.1	0.0	0.0	9.5	11.6	32.4	128.8	166.6

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

GRÁFICO Nº 1



FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.4.2. Precipitaciones Totales y Medias Mensuales de 32 años de registro

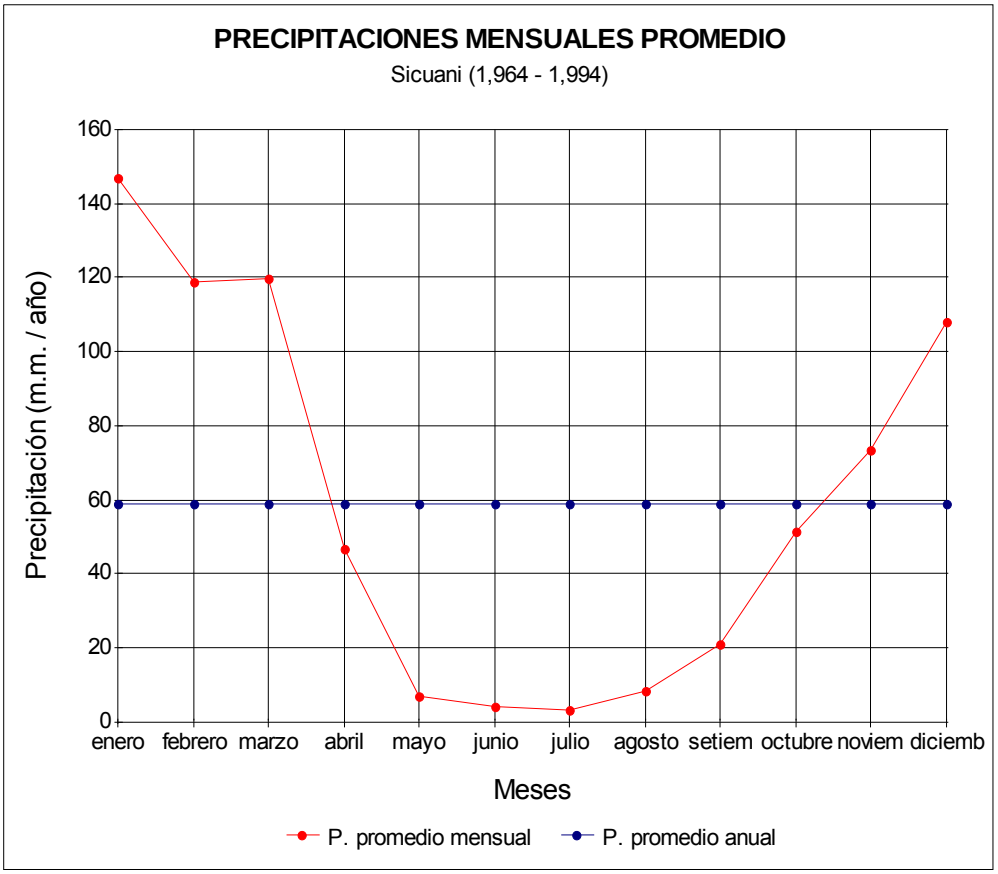
Las precipitaciones totales y mensuales presentadas a continuación se basan en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani, registradas en 30 años desde el año de 1,964 hasta el año de 1,994.

CUADRO Nº 9
PRECIPITACIONES MENSUALES EN LA CIUDAD DE SICUANI
(TOTALES MENSUALES DE 32 AÑOS Y PROMEDIO MENSUALES)

Mes	Total Mensual (32 años)	Promedio Mensual
Enero	5143	146.900
Febrero	4159	118.800
Marzo	4199	120.000
Abril	1643	46.940
Mayo	240.7	6.876
Junio	145.8	4.167
Julio	119.5	3.414
Agosto	291.9	8.339
Septiembre	728.7	20.820
Octubre	1799	51.400
Noviembre	2575	75.580
Diciembre	3781	108.000
Año	24825	709.300

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

GRÁFICO Nº 2



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.4.3. Precipitaciones Totales Anuales

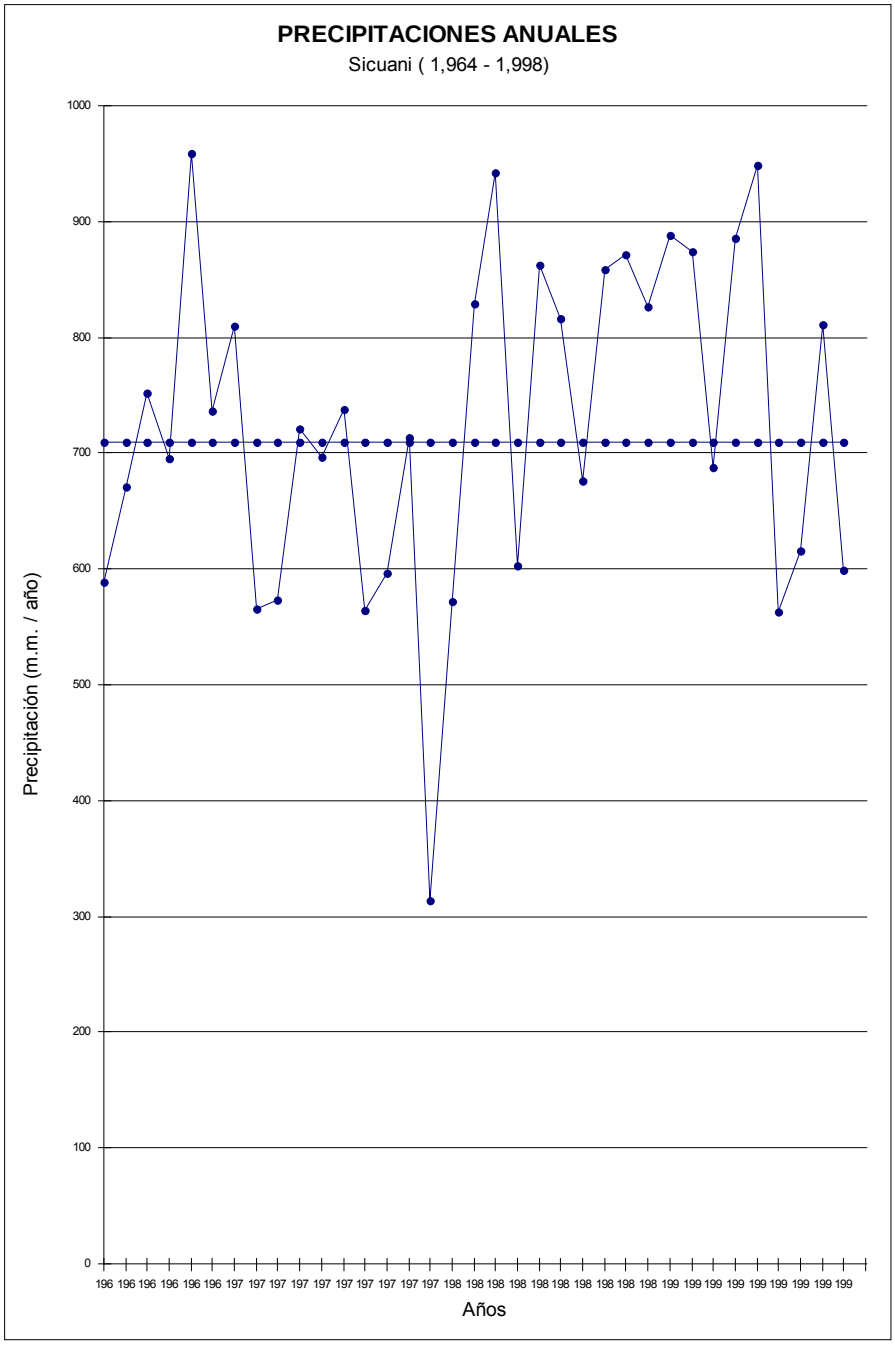
Las precipitaciones Totales Anuales, se basan en los registros de 34 años de la estación hidrometeorológica de Sicuani.

CUADRO Nº 9
PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES EN LA CIUDAD DE SICUANI

A. AÑO	PRECIPITACION (m.m./año)
1964	589
1965	671,1
1966	752
1967	694,9
1968	959,2
1969	736,1
1970	809,7
1971	565,9
1972	573,8
1973	721
1974	697,3
1975	737,7
1976	563,8
1977	596,4
1978	713,3
1979	313,4
1980	571,6
1981	828,8
1982	941,8
1983	602,6
1984	862,5
1985	816,5
1986	676,3
1987	859,2
1988	871,4
1989	826,6
1990	888,5
1991	873,5
1992	687,6
1993	886,1
1994	948,2
1995	562,7
1996	615,9
1997	811
1998	598,4
TOTAL	24825,5
PROM.	709,3

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino.**

GRAFICO Nº 3



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino.**

3.3.4.4. Precipitaciones Mensuales Máximas de 24 Horas

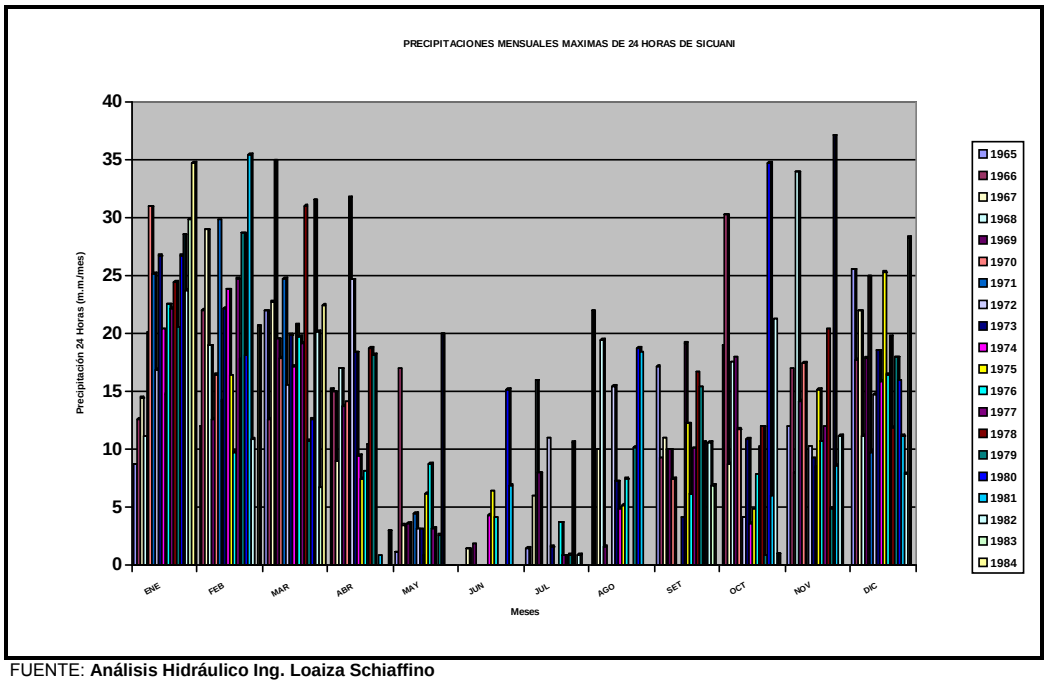
Las precipitaciones Mensuales Máximas de 24 Horas, se basan en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani, cuyos resultados son los siguientes:

CUADRO Nº 10
PRECIPITACIONES MENSUALES MÁXIMAS DE 24 HORAS DE SICUANI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	8,7	12,0	22,0	15,2	1,1	0,0	1,5	22,0	17,2	19,0	12,0	25,6
1966	12,6	22,1	12,6	15,0	17,0	0,0	0,0	0,0	9,3	30,3	17,0	17,8
1967	14,5	29,0	22,8	9,0	3,5	1,4	6,0	10,0	11,0	8,8	8,0	22,0
1968	11,1	19,0	35,0	17,0	0,0	0,0	16,0	19,5	10,0	17,6	34,0	11,2
1969	20,1	12,6	19,6	13,8	3,6	1,8	8,0	1,6	10,0	18,0	14,2	17,9
1970	31,0	16,5	17,9	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	11,8	17,5	25,0
1971	25,2	29,9	24,8	31,8	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8
1972	16,9	14,2	15,6	24,7	3,1	0,0	11,0	15,5	0,0	4,1	10,3	14,8
1973	26,8	22,2	19,9	18,4	3,1	0,0	1,6	7,3	4,1	10,9	9,3	18,6
1974	20,4	23,9	17,2	9,5	0,8	4,3	0,0	4,9	19,2	3,6	8,5	15,9
1975	14,8	16,4	20,8	7,5	6,2	6,4	0,0	5,2	12,3	4,8	15,2	25,4
1976	22,6	9,8	19,8	8,1	8,8	4,1	3,7	7,5	6,1	7,8	10,7	16,5
1977	22,2	24,8	19,2	10,4	3,2	0,0	0,8	0,0	10,1	10,2	12,0	19,8
1978	24,5	17,8	31,1	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	12,0	20,4	11,9
1979	20,6	28,7	10,8	18,2	2,6	0,0	0,9	10,2	15,4	0,8	4,9	18,0
1980	26,8	18,2	12,6	0,0	20,0	15,2	10,6	18,8	10,6	34,8	37,2	16,0
1981	28,6	35,5	31,6	0,8	0,0	6,9	0,0	18,4	0,0	6,0	8,6	11,2
1982	23,8	10,9	20,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	10,6	21,3	11,2	7,9
1983	29,9	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	1,0	0,0	28,4
1984	34,8	20,7	22,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

GRÁFICO Nº 4



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.4.5. Precipitaciones Promedio Mensuales Máximas de 24 Horas.

La Precipitaciones Promedio Mensuales Máximas de 24 Horas presentadas a continuación se basan en los registros de la estación hidrometeorológica de Sicuani.

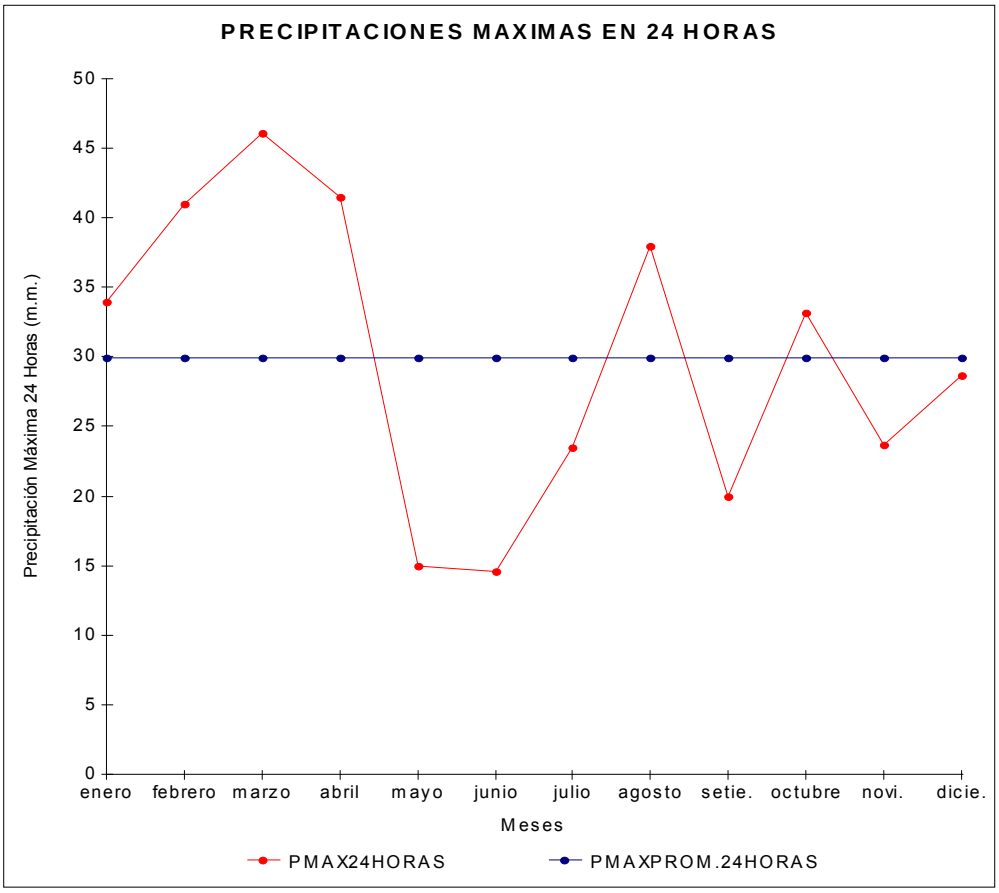
CUADRO Nº 11

PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 HORAS EN SICUANI

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom.
PMAX24H	34	41	46,1	41,5	15	14,6	23,5	38	20	33,2	23,7	28,7	29,9

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

GRÁFICO Nº 5



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.4.6. Intensidades Máximas Anuales Para Diferentes Periodos

Las Intensidades Máximas Anuales Para Diferentes Periodos de Tormenta que se presentan a continuación, se basan en los registros de diecinueve estaciones hidrometeorológicas de la región, siendo las más cercanas e influyente la de Sicuani.

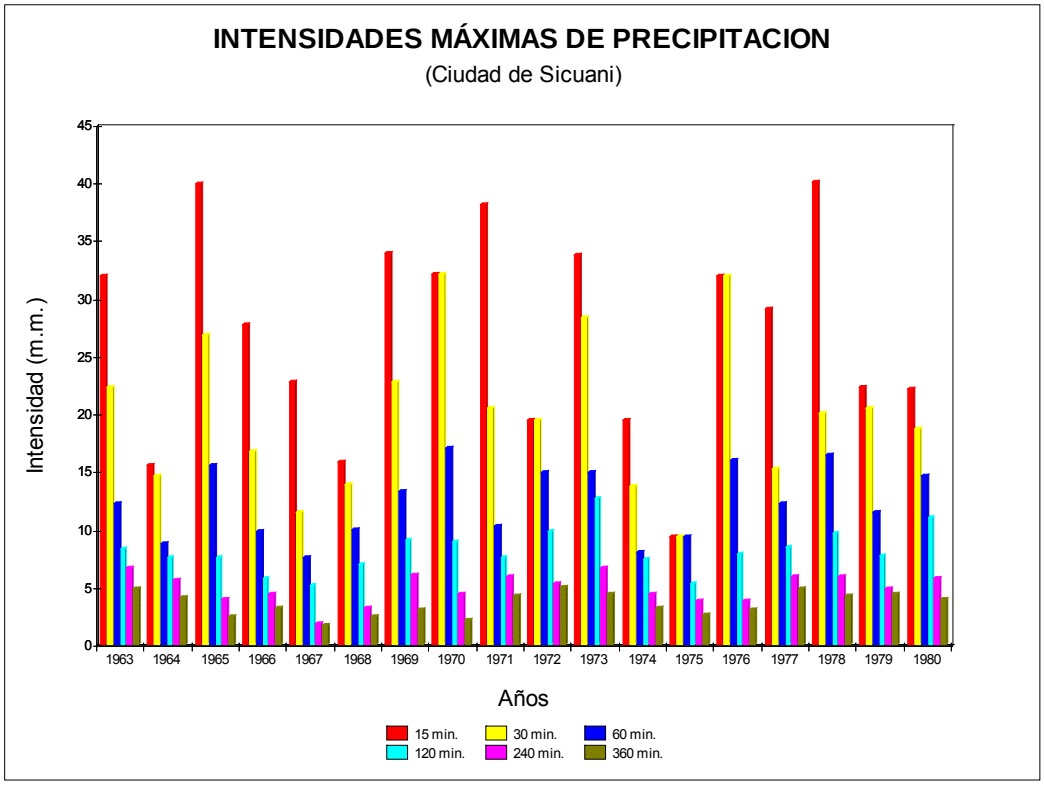
CUADRO Nº 12

INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE TORMENTA

	15	30	60	120	240	360
1963	32.1	22.4	12.4	8.36	6.79	4.98
1964	15.6	14.8	8.85	7.64	5.69	4.22
1965	40	26.9	15.6	7.65	4.06	2.55
1966	27.9	16.8	9.91	5.81	4.55	3.37
1967	22.9	11.6	7.69	5.2	1.96	1.86
1968	16	14	10.1	7.05	3.37	2.51
1969	34	22.9	13.4	9.18	6.18	3.17
1970	32.2	32.2	17.1	9.06	4.55	2.26
1971	38.2	20.6	10.4	7.75	6	4.38
1972	19.5	19.5	15	9.86	5.38	5.17
1973	33.8	28.5	15.1	12.8	6.71	4.48
1974	19.5	13.8	8.1	7.46	4.59	3.33
1975	9.5	9.5	9.5	5.4	3.92	2.75
1976	32	32	16	8.05	3.92	3.13
1977	29.2	15.4	12.3	8.6	6.04	4.92
1978	40.2	20.2	16.5	9.73	6.02	4.39
1979	22.5	20.7	11.7	7.77	4.94	4.56
1980	22.3	18.9	14.8	11.2	5.8	4.05

FUENTE**: La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997.**

GRÁFICO Nº 6



FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.5. Modelo Hidrológico del Río Vilcanota

Para el estudio Hidrológico del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani, se ha utilizado la base de datos elaborada por el Modelo Hidrológico Sistematizado denominado Sistema de Simulación de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., el que reporta la siguiente información básica:

a) Temperatura Mínima Mensual	: -1.2 °C
b) Temperatura Media Mensual	: 10.85 °C
c) Temperatura Máxima Mensual	: 18.47 °C
d) Humedad Relativa Media Mensual	: 59.73 %
e) Evapotranspiración Potencial Media	: 1,007.6 m. /año
f) Precipitación Media Mensual	: 709.27 m. /año
g) Tipo de Clima de la Cuenca	: clima seco
h) Factor de Ajuste para Clima Seco	: 0.70
i) Valor del Punto de Tensión	: 30.98
j) Evapotranspiración Potencial Máxima Mensual	: 79.459 m. /mes
k) Evapotranspiración Real Máxima Mensual	: 66.00 m.m./mes
l) Exceso de Precipitación Máxima Mensual	: 84.50 m.m./mes
m) Máxima Mensual de Recarga de Humedad del Suelo	: 42.20 m.m./mes
n) Máxima Mensual de Agotamiento de la Humedad	: 41.10 m.m./mes

o) Máxima Mensual de Humedad Almacenada	: 70.90 m.m./mes
p) Máxima Escorrentía Total Mensual	: 84.50 m.m./mes
q) Máxima Deficiencia de la Precipitación Mensual	: 47.00 m.m./mes
r) Máxima Relación de Precipitación Media Mensual con la Evapotranspiración Real Media Mensual	: 3.0
s) Precipitaciones Medias Máximas Anuales Generadas	: 974.30 m.m./año
t) Precipitaciones Mínimas Anuales Generadas	: 470.30 m.m./año
u) Caudales Medios Máximos Anuales Generados	: 307.20 m.m./mes
v) Caudales Medios Mínimos Anuales Generados	: 163.80 m.m./mes
w) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1.0 año	: 25.500 m.m.
x) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 5.0 años	: 45.949 m.m.
y) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10.0 años	: 53.038 m.m.
z) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 20.0 años	: 60.396 m.m.
a1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 50.0 años	: 70.653 m.m.
b1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 100.0 años	: 74.288 m.m.
c1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 200.0 años	: 78.099 m.m.
d1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 500.0 años	: 84.271 m.m.
e1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1,000 años	: 87.702 m.m.
f1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10,000 años	:111.147 m.m.

3.3.6. Generación de Caudales del Río Vilcanota

Habiéndose analizado la Climatología de la cuenca del Vilcanota, se han registrado como base treinta y dos estaciones hidrometeorológicas de la región, las cuales se han discretizado en función al área del estudio que es en este caso la ciudad de Sicuani, por lo que se han regionalizando las Precipitaciones estableciéndose como las influyentes en la cuenca las estaciones con más registros de información, en base a esta regionalización es que se ha elaborado un modelo hidrológico, que proporciona los caudales medios mensuales para 22 años base, a partir de los cuales se han generado inicialmente los Caudales Medios Mensuales, seguidamente los Caudales Máximos y finalmente los Caudales Mínimos para Periodos Extendidos de 1.01 hasta 10,000 años.

3.3.6.1. Ecuación General de Generación de Caudales

La Ecuación General de Generación de Caudales para el Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani es la siguiente:

CM T = 3.4365 + 0.3425 CM T-1 + 0.4625 PE T + 1.7422 Z

3.3.6.2. Caudales Generados

En base a la ecuación general se ha desarrollado la Generación de Caudales para el Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani.

3.3.6.3. Caudales Medios Anuales Generados.

Los Caudales Medios Generados para el Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani, presentan los resultados generales que se muestran en el siguiente cuadro:

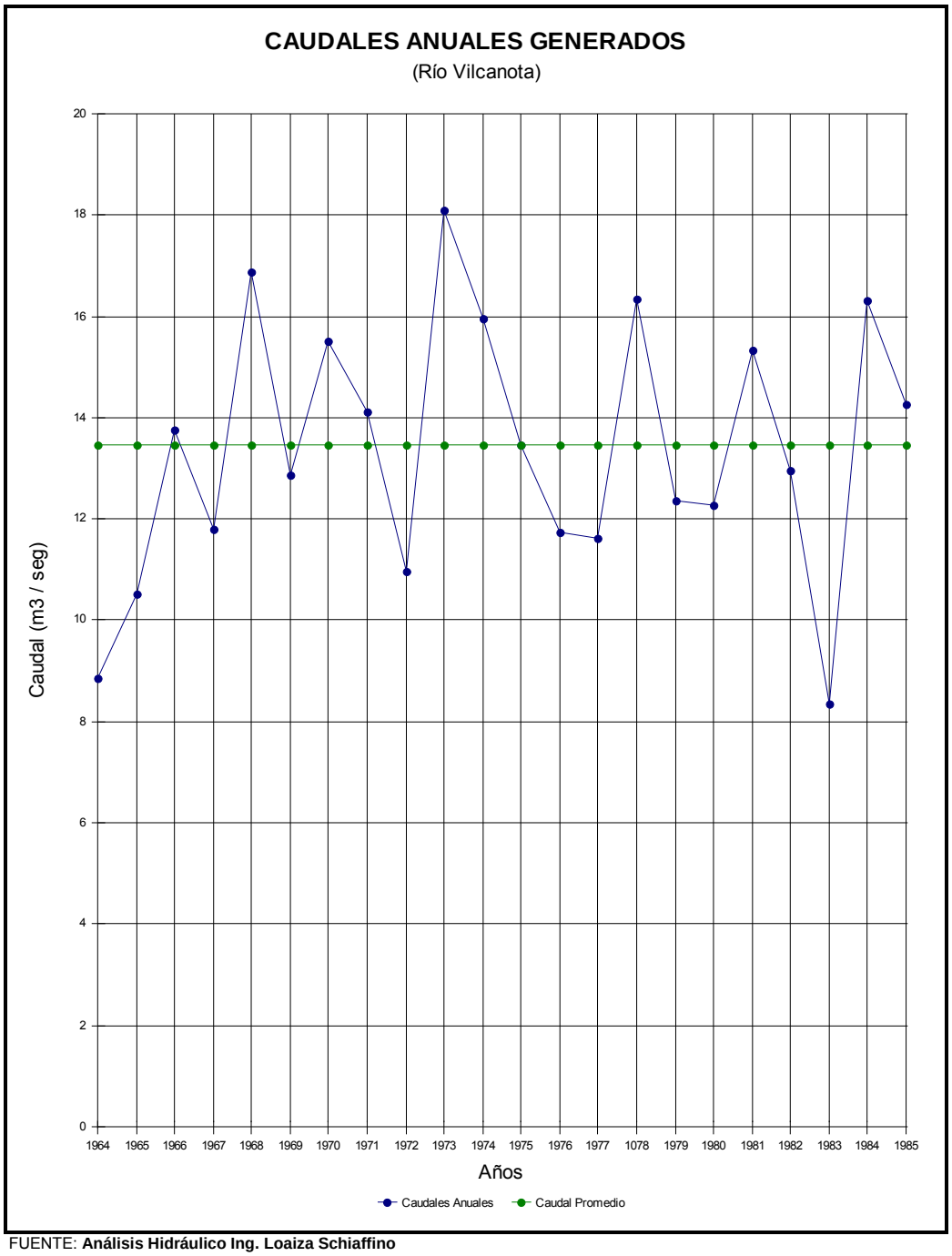
CUADRO Nº 13
CAUDALES MEDIOS ANUALES GENERADOS PARA EL RIO VILCANOTA (SECTOR SICUANI)

AÑO	CAUDAL RÍO VILCANOTA ALTO (M3 / SEG.)	CAUDAL RÍO HERCCA (M3 / SEG.)	CAUDAL RÍO VILCANOTA (M3 / SEG.)
1964	5,079	3,789	8,868
1965	5,714	4,798	10,512
1966	7,760	6,013	13,773
1967	6,502	5,295	11,797
1968	10,506	6,384	16,890
1969	7,341	5,529	12,870
1970	8,510	7,011	15,521
1971	7,475	6,643	14,118
1972	5,359	5,604	10,963
1973	7,855	10,256	18,111
1974	7,994	7,972	15,966
1975	7,033	6,443	13,476
1976	6,124	5,607	11,731
1977	6,953	4,662	11,615
1978	9,973	6,385	16,358
1979	7,272	5,103	12,375
1980	7,114	5,164	12,278
1981	8,232	7,114	15,346
1982	7,357	5,587	12,944
1983	4,736	3,618	8,354
1984	9,241	7,082	16,323
1985	8,298	5,977	14,275
PROMEDIO	**7,383**	**6,093**	**13,476**

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

El Caudal Promedio para los 22 años de Generación de Caudales Promedio Mensuales es de 13.476 m3 / seg., el que se adopta como el Caudal Medio del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani.

GRÁFICO Nº 7



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.6.4. Caudales Medios Mensuales Aforados y Generados.

Los Caudales Medios Mensuales Aforados y Generados para la Cuenca del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani, presentan los resultados generales que se muestran en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 14

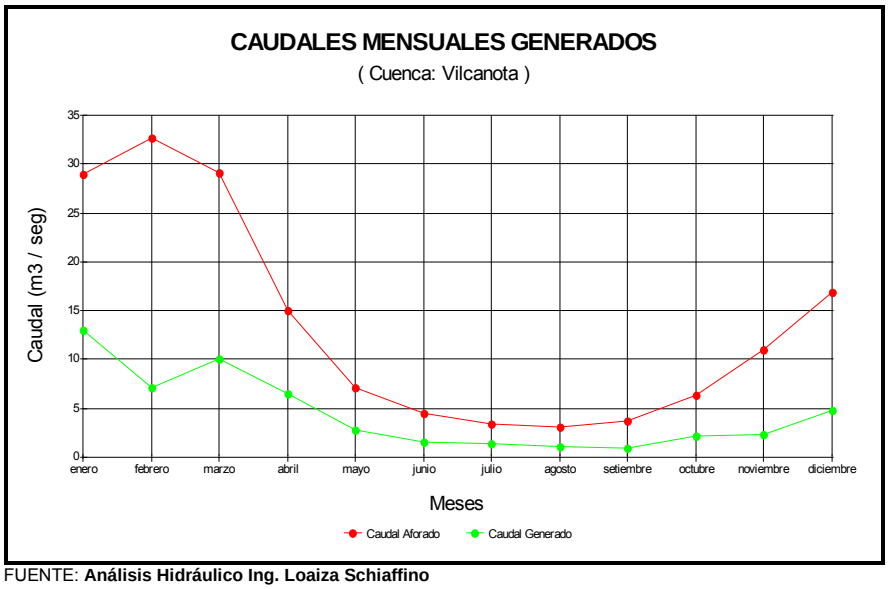
CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFORADOS Y GENERADOS DEL RIO VILCANOTA (SECTOR SICUANI)

MES	CAUDALES AFORADOS (1,978 - 2,004) (M3/SEG)	CAUDAL MENSUAL GENERADO (1,964 - 1,985) (M3/SEG)
Enero	13	28,996
Febrero	7,14	32,725
Marzo	10	29,103
Abril	6,55	14,954
Mayo	2,85	7,076
Junio	1,52	4,487
Julio	1,425	3,395
Agosto	1,1435	3,03
Septiembre	0,955	3,785
Octubre	2,24	6,31
Noviembre	2,25	10,963
Diciembre	4,83	16,885
PROMEDIO	**4,492**	**13,476**

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

El Gráfico correspondiente a la Generación de Caudales Medios Anuales y los Caudales Aforados para el Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani, se muestra a continuación:

GRÁFICO Nº 8



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.6.5. Caudales Medios - Máximos - Mínimos - Q75% y Q90% Promedio Mensuales Generados.

A continuación se presentan los Caudales Medios, Máximos y Mínimos Promedio Mensuales, Generados para 22 años de Registros Promedios Mensuales así mismo se muestran los Caudales Generados para niveles de Probabilidad al 75 % y al 90%.

CUADRO Nº 15
CAUDALES MEDIOS - MAXIMOS - MINIMOS - Q75% Y Q90 %
PROMEDIO MENSUALES GENERADOS PARA EL RIO VILCANOTA

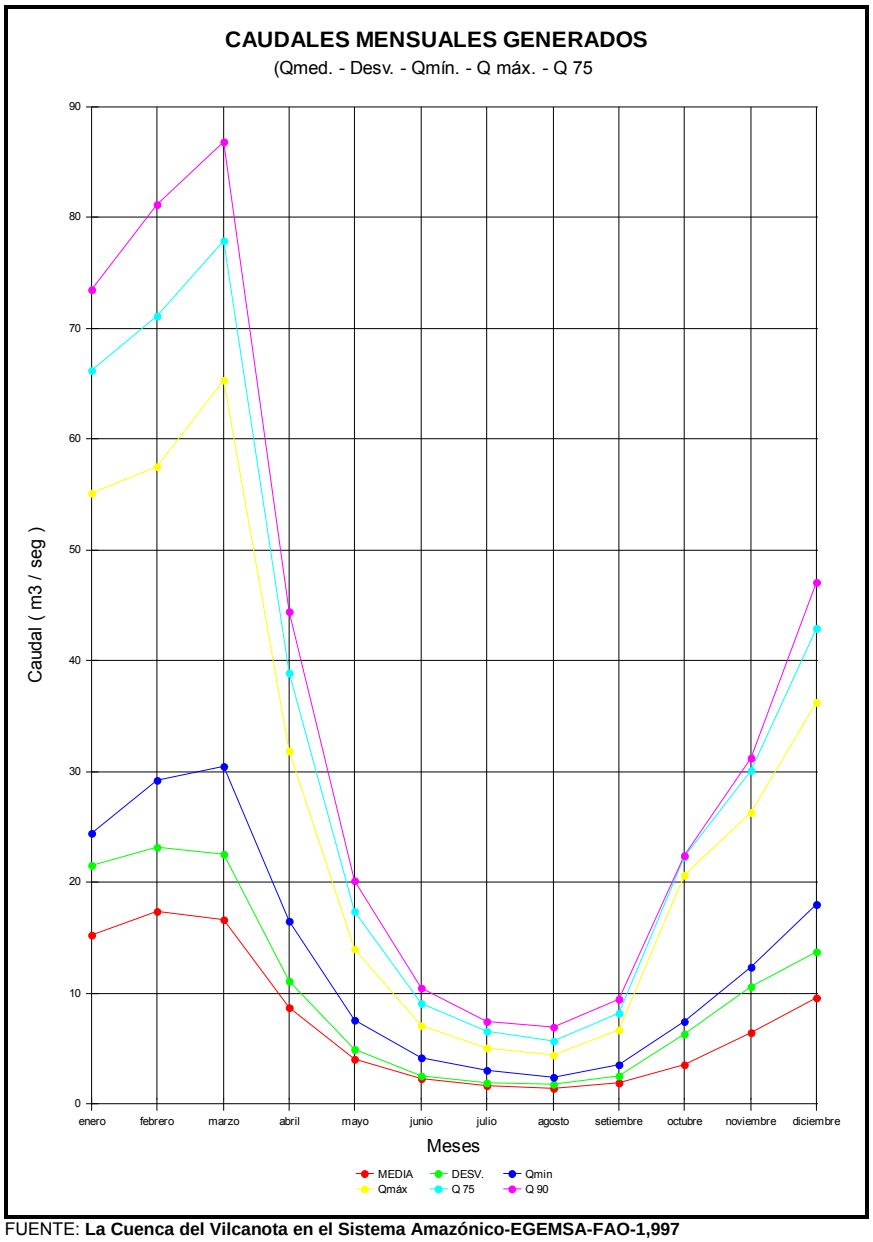
Q	enero	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	agos.	set.	oct.	nov.	dic.	MEDIO ANUAL
	13,8	15,3	12,5	6,305	3,06	2,24	1,78	1,64	1,85	2,8	4,499	7,36	6,093
	15,2	17,4	16,6	8,649	4,02	2,25	1,62	1,39	1,94	3,52	6,464	9,53	7,383
MED	29	32,7	29,1	14,95	7,08	4,49	3,4	3,03	3,79	6,31	10,96	16,9	13,476
	6,26	6,48	5,12	2,408	0,71	0,41	0,4	0,41	0,44	1,86	2,566	3,4	1,515
	6,23	5,72	5,97	2,419	0,95	0,33	0,24	0,34	0,53	2,84	4,133	4,25	1,471
DESV	12,5	12,2	11,1	4,827	1,66	0,74	0,63	0,74	0,97	4,7	6,699	7,65	2,986
	4,13	6,8	4,96	3,479	1,92	1,59	1,23	1,14	0,81	1,57	1,837	3,84	3,619
	2,92	6,13	7,85	5,46	2,59	1,58	1,2	0,66	1,09	1,09	1,713	4,25	4,736
QMIN	7,04	12,9	12,8	8,939	4,51	3,17	2,44	1,79	1,9	2,66	3,55	8,09	8,355
	26,5	30,1	24,3	14,63	5	3,26	2,87	2,54	2,65	9,01	10,78	14,5	10,256
	30,8	28,3	34,9	15,29	6,45	2,92	2	2,08	3,07	13,2	14,05	18,3	10,506
QMAX	57,3	58,4	59,2	29,91	11,5	6,18	4,87	4,61	5,72	22,2	24,82	32,8	20,762
	9,53	11	9,05	4,681	2,58	1,96	1,51	1,37	1,55	1,54	2,768	5,06	5,07
	11	13,5	12,6	7,017	3,37	2,03	1,46	1,16	1,58	1,6	3,676	6,67	6,39
Q75	20,6	24,5	21,6	11,7	5,95	3,99	2,97	2,53	3,13	3,14	6,444	11,7	11,46
	5,73	7,02	5,94	3,218	2,15	1,77	1,27	1,12	1,29	0,41	1,21	3	4,15
	7,26	10,1	8,95	5,547	2,79	1,31	0,96	1,26	1,26	0,11	1,165	4,09	5,5
Q90	13	17,1	14,9	8,765	4,94	3,09	2,23	2,39	2,55	0,52	2,375	7,09	9,65

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

De acuerdo a la Tabla Elaborada se observan los siguientes valores críticos:

a) El Caudal Mínimo Promedio Mensual Generado para 22 años de Registros es de 1.79 m3/seg.
b) El Caudal Máximo Promedio Mensual Generado para 22 años de Registros es de 58.40 m3/seg.
c) El Caudal Promedio Mensual Generado para 22 años de Registros es de 13.476 m3 / seg.

GRÁFICO Nº 9



FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.6.6. Generación de Caudales Máximos del Río Vilcanota para Periodos Extendidos

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación Homogenizada de 22 años, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos utilizando los siguientes Modelos Hidrológicos:

a) GUMBEL

b) MAC - MATH.

c) Hidrograma Unitario Sintético (SUH) y

d) Hidrograma Unitario Triangular.

a) GUMBEL

Se basa en las siguientes relaciones matemáticas:

$$Q_T = 0.4177\ A^{0.854} / H^{0.1093} + 3.29\ E\text{-}07.\ A^{0.9366} / H^{-1.4269} .\ Y_T$$

b) MAC - MATH

Se basa en las siguientes relaciones matemáticas:

$$Q_T = C.\ (\ 2.6931\ .\ T^{0.2747} / D^{0.3679}).\ A^{0.58} .\ ((CA - CB) / L)^{0.42} .\ 10^{-3}$$

c) Hidrograma Unitario Sintético

Se basa en las siguientes relaciones matemáticas:

$$Q_T = (C\ (\ E\ (-\ 0.5324\ Ln\ (t) - 0.6305\ ).\ t\ .\ A\ )\ (3.6\ (\ 0.37\ .S^{-0.5})\ (L.\ Lc.\ S^{-0.5})^{0.38})$$

d) Hidrograma Unitario Triangular

Se basa en las siguientes relaciones matemáticas:

$$Q_T = 0.208\ .\ (\ (P_T - (\ 5.08\ .\ S))^2 / (P_T - (20.32.\ S\ )\ )\ .\ A / T_P\ )$$

3.3.6.7. Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

Se ha desarrollado una información sistematizada de Generación de Caudales Máximos, en base a los cuatro Modelos Hidrográficos desarrollados desde 1.01 años hasta 10,000 años la cual se muestra a continuación en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 16

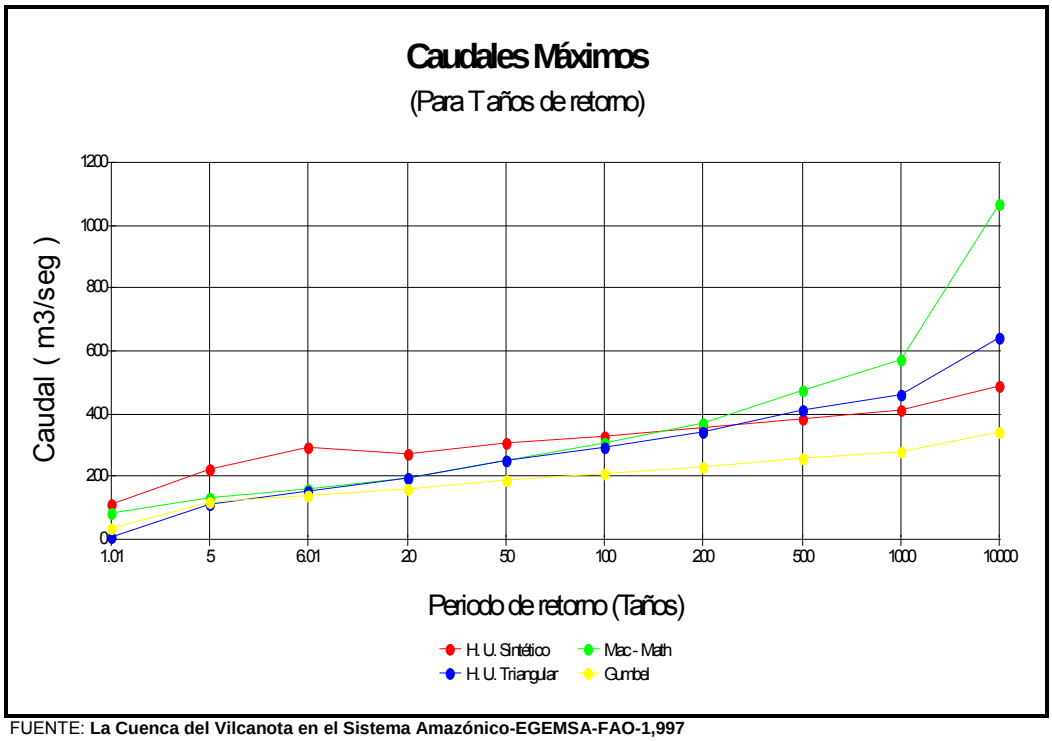
CAUDALES MAXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

T	HUS	MAC - MATH	HUT	GUMBEL
1.01	114,11	86,60	9,30	31,70
5	220,30	134,20	113,90	119,60
10	291,00	162,00	151,40	141,20
20	270,70	195,90	193,70	162,10
59	303,70	251,60	248,30	189,10
100	328,40	304,10	295,30	209,30
200	352,50	367,60	343,90	229,60
500	384,30	472,10	408,20	256,00
1000	408,40	570,70	461,40	276,40
10000	489,00	1070,60	643,00	343,30

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

De acuerdo a la evaluación realizada se ha determinado que los Caudales Elaborados por el Modelo Hidrológico de MAC-MATH, es el que más se ajusta al estudio de Generación de Caudales.

GRÁFICO Nº 10



FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.6.8. Generación de Caudales Mínimos para Periodos Extendidos

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación Mensual Homogenizada de 22 años, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Mínimos para Periodos Extendidos utilizando el Modelo Hidrográfico de Gumbel.

El modelo de Gumbel se basa en la siguiente ecuación:

$$Q_T = E + (TE - E)\, e^{wL}$$

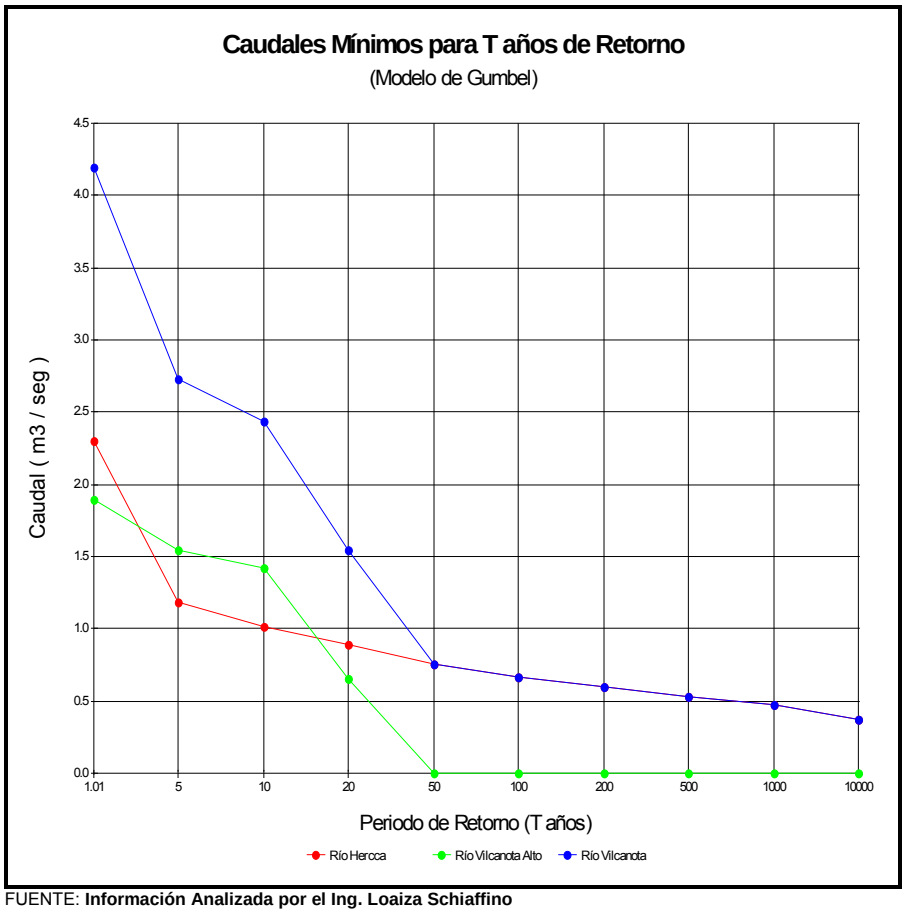
En base a la ecuación, se ha desarrollado una información sistematizada de Generación de Caudales Mínimos, en función al Modelo Hidrográfico de Gumbel desarrollado desde 1.01 años hasta 10,000 años la cual se muestra a continuación en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 17
CAUDALES MINIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

T	CAUDALES MINIMOS HERCCA Q (M3/SEG)	CAUDALES MINIMOS VILCANOTA ALTO Q (M3/SEG)	CAUDALES MINIMOS VILCANOTA Q (M3/SEG)
1.01	114,11	86,60	9,30
5	220,30	134,20	113,90
10	291,00	162,00	151,40
20	270,70	195,90	193,70
59	303,70	251,60	248,30
100	328,40	304,10	295,30
200	352,50	367,60	343,90
500	384,30	472,10	408,20
1000	408,40	570,70	461,40
10000	489,00	1070,60	643,00

FUENTE: **Información Analizada por el Ing. Loaiza Schiaffino**

GRÁFICO Nº 11



FUENTE: **Información Analizada por el Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.7. Transporte de Material Sólido en Suspensión y por Arrastre del Río Vilcanota

Estos estudios se realizaron el año de 1,996 y 1,997, por parte de la Empresa de Generación Eléctrica de Machupicchu S.A.

Los resultados se basan en los estudios de campo y análisis de laboratorio, de muestras tomadas en las estaciones de aforo.

Para la determinación de los sólidos de arrastre se utilizó el modelo matemático hidraúlico de ZANKE , el cual toma en cuenta diferentes características hidráulicas y mecánicas de los ríos, con la finalidad de determinar la cantidad de material sólido que arrastra un río, basándose en los siguientes parámetros de cálculo: Las densidades líquidas y sólidas del río la aceleración de la gravedad local, la viscosidad cinemática del río, el diámetro 90 de los materiales sólidos de arrastre, el Número de FROUDE crítico del río, el tirante medio del río, la pendiente de la línea de energía, la velocidad media de la corriente, y el Riesgo de transporte de material sólido.

Para la determinación de los parámetros mencionados se realizaron las evaluaciones correspondientes así como los análisis de laboratorio de las muestras de sólidos, el cual consistió en la elaboración de la curva granulométrica.

CUADRO Nº 18
CAUDALES SÖLIDOS POR ARRASTRE Y EN SUSPENSION

MES	CAUDAL MENSUAL	QS (ARRASTRE) (TONELADAS/MES)	QS (SUSPENSIÓN) (TONELADAS/MES)	QS TOTAL (TONELADAS/MES)
ENERO	**28.996**	**9324.6**	**52156.15**	**61480.75**
FEBRERO	**32.725**	**9505.35**	**53167.16**	**62672.51**
MARZO	**29.103**	**9359.01**	**52348.62**	**61707.63**
ABRIL	**14.954**	**4653.81**	**26030.61**	**30684.42**
MAYO	**7.076**	**2275.51**	**12727.85**	**15003.36**
JUNIO	**4.487**	**1396.39**	**7810.57**	**9206.96**
JULIO	**3.395**	**1091.77**	**6106.71**	**7198.48**
AGOSTO	**3.03**	**974.39**	**5450.17**	**6424.56**
SETIEMBRE	**3.785**	**1177.92**	**6588.69**	**7766.51**
OCTUBRE	**6.31**	**2029.18**	**11350.02**	**13379.2**
NOVIENBRE	**10.963**	**3411.78**	**19083.43**	**22495.21**
DICIEMBRE	**16.885**	**5429.31**	**30371.66**	**35801.57**
TOTAL	**13.476**	**50629.62**	**283191.54**	**333821.16**

FUENTE: La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997

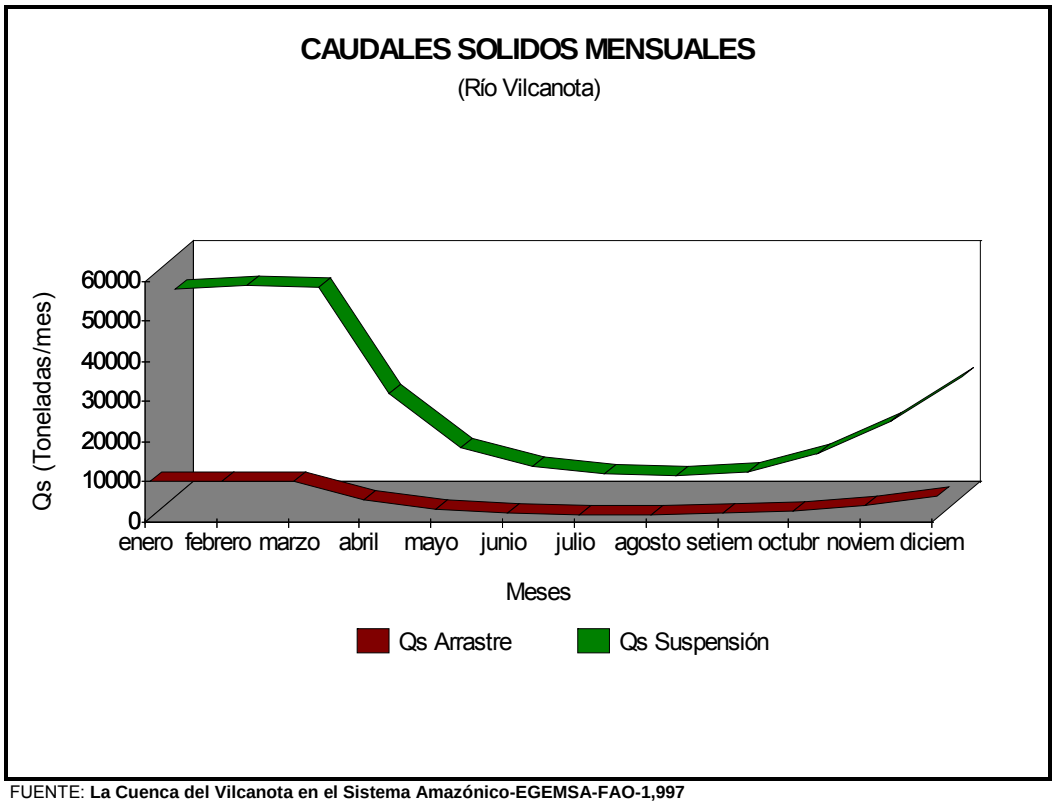
Se estima que el Total del Material Sólido que transporta el Río Vilcanota por la ciudad de Sicuani es de 333,821.16 toneladas por año

La cantidad de material sólido total que arrastra el río se ha determinado sumando los dos tipos de transporte de material sólido: Por arrastre y por suspensión

El transporte de material sólido se diferencia claramente a lo largo del cauce principal, siendo menor en la parte alta y mayor en la parte baja, observándose claramente una zona de gran transporte sólido por arrastre que es la zona de la ciudad de Sicuani debido básicamente al caudal concentrado y la escasa pendiente del río en esta zona.

El mayor transporte de material es el del caudal sólido por arrastre, sin embargo la diferencia estimada con el caudal sólido en suspensión no es sustancial.
El transporte de material sólido en suspensión representa el 85 % del transporte de material sólido total, correspondiendo el 15 % al transporte de material sólido por arrastre, presentando una característica muy particular debido al gran disipador de energía y tamizador de sedimentos como es la Laguna de Langui-Layo, ubicada a escasos 26 kilómetros de la ciudad de Sicuani.

GRÁFICO Nº 12



FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

3.3.8. Turbulencia Hidráulica del Río Vilcanota

La Turbulencia hidráulica del Río Vilcanota se ha evaluado en función al número de Reynolds, el cual es un parámetro hidráulico adimensional, que permite evaluar la turbulencia de un curso de agua, se basa en los siguientes parámetros: velocidades, tirantes y viscosidad cinemática del agua. Como parte de la evaluación hidráulica de campo se han obtenido en campo las velocidades y los tirantes máximos, con temperaturas promedio de 20 grados centígrados, habiéndose observado una variación entre la temperatura ambiente y la del agua de tres grados centígrados como promedio.

CUADRO Nº 19
TURBULENCIA DEL RIO VILCANOTA
(MODELO DE REYNOLDS)

FECHA DE EVALUACION	LUGAR	RIO	CAUDAL (M3/SEG)	NUMERO DE REYNOLDS (Re)	TIPO DE REGIMEN
15-10-2004	**Sicuani**	**Vilcanota**	**4.8732**	**517910.58**	**Turbulento**

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

De acuerdo al valor mínimo del Número de Reynolds para establecer la turbulencia a partir del parámetro 4,000, se ha observado, que la turbulencia registrada en el río Vilcanota para un caudal de 4.8732 m3/seg. (el cual es un caudal aproximadamente bajo) es de 517,910.58 registrada en la estación del Puente Camello, lo cual demuestra la alta Turbulencia del río Vilcanota.

3.3.9. Régimen Hidráulico del Río Vilcanota

El Régimen Hidráulico del Río Vilcanota se ha evaluado en función al número de FROUDE, el cual es un parámetro hidráulico adimensional, que permite evaluar el tipo de régimen hidráulico de un curso de agua, se basa en los siguientes parámetros: velocidad, constante gravitacional, sección hidráulica y ancho del curso de agua.

CUADRO Nº 20
REGIMEN HIDRAÚLICO DEL RIO VILCANOTA
(MODELO DE FROUDE)

FECHA DE EVALUACION	LUGAR	RIO	CAUDAL (M3/SEG)	NUMERO DE FROUDE (Fr)	TIPO DE REGIMEN
15-10-2004	Sicuani	Vilcanota	4.8732	0.594.1	Sub crítico

FUENTE: **La Cuenca del Vilcanota en el Sistema Amazónico-EGEMSA-FAO-1,997**

De acuerdo al valor mínimo del Número de Reynolds para el régimen de flujo del río Vilcanota, se ha observado, que para un caudal de 4.8732 m3/seg. (El cual es un caudal aproximadamente promedio) el Número de Fraude es de 0.5941, correspondiente a un Régimen sub. Crítico en periodos de estiaje.

3.3.10. Dimensionamiento Hidráulico del Río Vilcanota

El Dimensionamiento Hidráulico del Río Vilcanota se ha basado, en la información desarrollada de los Parámetros Climatológicos, Parámetros Hidrometeoro lógicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos y el Modelo de Generación de Caudales Mínimos para Períodos Extendidos.

3.3.10.1. Características del Diseño Hidráulico

Es en base a esta información desarrollada que se han definido tres tipos de periodos de Diseño de Tormentas:

a) Tormentas Máximas Probables (Para Periodos Calculados hasta los 30 años)

b) Tormentas Centenarias (Para Periodos Calculados hasta los 500 años)

c) Tormentas Milenarias (Para Periodos Calculados hasta los 10,000 años)

a) Tormentas Máximas Probables

Las Tormentas máximas Probables Calculadas son las que se presentan con mayor frecuencia en la ciudad de Sicuani, por lo que su eventualidad de ocurrencia es anual en un margen de probabilidad de ocurrencia de 0 hasta 30 años.

b) Tormentas Centenarias

Las Tormentas Máximas Centenarias Calculadas son las que se pueden presentar eventualmente en la ciudad de Sicuani, por lo que su eventualidad de ocurrencia se encuentra alrededor de los cien años en un margen de probabilidad de ocurrencia de 100 hasta 500 años, por lo que esta información es analizada y evaluada para tomar como Tormenta de Diseño Hidráulico en las obras de infraestructura hidráulica de la región.

c) Tormentas Milenarias

Las Tormentas Milenarias se han calculado debido a los constantes cambios climáticos mundiales, las que se han manifestado inicialmente en la elevación de las temperaturas a nivel global, causando la deglaciación acelerada de los nevados generando aludes y eventos hidráulicos extraordinarios (llámese milenarios) en la región, por lo que su eventualidad de ocurrencia es milenario en un margen de probabilidad de ocurrencia de 1,000 hasta los 10,000 años.

3.3.10.2. Ecuación General de Diseño

La Ecuación General de Dimensionamiento Hidráulico del Río Vilcanota para el Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani se basa en la Ecuación de MANNING, cuya ecuación es la siguiente:

$$\mathbf{Q = R \,.\, E(2/3) \times S \,.\, E\,(1/2) \times A \times n \,.\, E\,(-01)}$$

3.3.10.3. Parámetros Hidráulicos Desarrollados

En base a la ecuación de MANNING se han desarrollado los diferentes parámetros hidráulicos de Diseño para el Río Vilcanota, obteniéndose los siguientes parámetros básicos de Diseño:

a) Pendiente de los Taludes : h = 1 (45° de talud H: 1, V: 1)

b) Ancho Uniforme del Río : B = 45.75 m.

c) Pendiente del Lecho : S = 0.008

d) Diámetro 90 Sólidos : d90 = 35 m.

e) Diámetro 50 Sólidos : d50 = 15 m.m.

f) Diámetro 10 Sólidos : d10 = 0.65 m.m.

g) Rugosidad del Lecho : Khz. = 45.4536499287
h) Coeficiente de Manning : n = 0.022000433443

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO Nº 21
DISEÑO DE TIRANTES DE INUNDACION DEL RIO VILCANOTA
(MODELO DE MANNING)

PERIODO	CAUDAL O (M3/SEG)	TIRANTE DE DESBORDE	TIRANTE CALCULADO Y (m)	OBSERVACIONES
1.01	86.6	1.5	0.6321	------
5	134.2	1.5	0.8224	---
10	162	1.5	0.9209	-----
20	195.9	1.5	1.2	-----
50	251.6	1.5	1.2	-----
100	304.1	1.5	1.3448	Desborde parcial
200	367.6	1.5	1.5073	Desborde parcial
500	472.1	1.5	1.7521	Desborde parcial
1000	570.7	1.5	1.9637	Desborde parcial
10000	1070.6	1.5	2.8662	Desborde parcial

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.11. Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para las Micro Cuencas y Cuencas de la Ciudad de Sicuani

Para iniciar el diseño hidráulico de los peligros de Inundación en las micro cuencas de la ciudad de Sicuani, se ha desarrollado el estudio hidrológico para la ciudad de Sicuani, seguidamente se han identificado las micro cuencas con mayor riesgo en la ciudad de Sicuani, a continuación se han calculado los caudales máximos y mínimos y finalmente se ha desarrollado el dimensionamiento hidráulico para cada una de las micro cuencas con peligros de inundación.

En la ciudad de Sicuani se han identificado doce micro cuencas que presentan alto riesgo de inundación, el peligro se ha generado por la configuración urbana de la ciudad, donde las construcciones urbanas se han ubicado a la salida de los cauces naturales, cerrando los desfogues naturales sin proporcionarles zonas de salida directa hacia el río Vilcanota, dren natural principal de la ciudad de Sicuani.

3.3.11.1. Modelo Hidrológico para las Micro cuencas de la ciudad de Sicuani

Para el estudio Hidrológico de las micro cuencas de la ciudad de Sicuani, se ha utilizado la base de datos elaborada por el Modelo Hidrológico Sistematizado denominado Sistema de Simulación de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., el que reporta la siguiente información básica:

a) Temperatura Mínima Mensual : -1.2 °C

b) Temperatura Media Mensual : 10.85 °C

c) Temperatura Máxima Mensual : 18.47 °C

d) Humedad Relativa Media Mensual : 59.73 %

e) Evapotranspiración Potencial Media : 1,007.6 m.m. /año

f) Precipitación Media Mensual	: 709.27 m.m. /año
g) Tipo de Clima de la Cuenca	: CLIMA SECO
h) Factor de Ajuste para Clima Seco	: 0.70
i) Valor del Punto de Tensión	: 30.98
j) Evapotranspiración Potencial Máxima Mensual	: 79.459 m.m. /mes
k) Evapotranspiración Real Máxima Mensual	: 66.00 m.m. /mes
l) Exceso de Precipitación Máxima Mensual	: 84.50 m.m. /mes
m) Máxima Mensual de Recarga de Humedad del Suelo	: 42.20 m.m. /mes
n) Máxima Mensual de Agotamiento de la Humedad	: 41.10 m.m. /mes
o) Máxima Mensual de Humedad Almacenada	: 70.90 m.m. /mes
p) Máxima Escorrentía Total Mensual	: 84.50 m.m. /mes
q) Máxima Deficiencia de la Precipitación Mensual	: 47.00 m.m. /mes
r) Máxima Relación de Precipitación Media Mensual con la Evapotranspiración Real Media Mensual	: 3.0
s) Precipitaciones Medias Máximas Anuales Generadas	: 974.30 m.m. /año
t) Precipitaciones Mínimas Anuales Generadas	: 470.30 m.m. /año
u) Caudales Medios Máximos Anuales Generados	: 307.20 m.m. /mes
v) Caudales Medios Mínimos Anuales Generados	: 163.80 m.m. /mes
w) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1.0 año	: 25.500 m.m.
x) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 5.0 años	: 45.949 m.m.
y) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10.0 años	: 53.038 m.m.
z) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 20.0 años	: 60.396 m.m.
a1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 50.0 años	: 70.653 m.m.
b1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 100.0 años	: 74.288 m.m.
c1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 200.0 años	: 78.099 m.m.
d1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 500.0 años	: 84.271 m.m.
e1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1,000 años	: 87.702 m.m.
f1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10,000 años	: 111.147 m.m.

3.3.11.2. Identificación de Micro cuencas, Cuencas, Ríos y Canales con Alto Riesgo de Inundación

En primer término se han identificado las micro cuencas, cuencas, ríos y canales que presentan alto riesgo de inundación, por lo que se han identificado como zonas con peligros de inundación, siendo estas las siguientes:

CUADRO Nº 22
MICROCUENCAS – CUENCAS O CANALES
CON ZONAS DE ALTO RIESGO DE INUNDACION

NUMERO DE CLASIFICACION	MICROCUENCA – RIO – CANAL
01	TRAPICHE
02	ÑANPOLCAY
03	SAN FRANCISCO
04	TIACOLLA
05	MELGAR
06	SUTOC
07	CONDORHUARACA
08	MISQUIES
09	LANLACUCHO
10	SACUYO
11	KASILLO
12	PATA PATA
13	RIO TORCOMA
14	RIO CAPILLANI
15	CANAL IRRIGACIÓN HERCCA
16	CEMENTERIO
17	CASUARINAS SUR
18	SAN ANDRES
19	RIO HERCCA
20	RIO VILCANOTA ALTO
21	RIO VILCANOTA
22	RIO TUMAPATA

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.11.3. Determinación de las Micro cuencas con Alto Riesgo de Inundación

Habiéndose identificado las micro cuencas, cuencas, ríos y canales que presentan alto riesgo de inundación, se han determinado las micro cuencas que representan las zonas de alto riesgo de inundación para la ciudad de Sicuani, siendo estas las siguientes:

CUADRO Nº 23
MICROCUENCAS CON ZONAS DE ALTO RIESGO DE INUNDACIÓN

NUMERO DE CLASIFICACION	MICROCUENCA – CUENCA
01	TRAPICHE
02	ÑANPOLCAY
03	SAN FRANCISCO
04	TIACOLLA
05	MELGAR
06	SUTOC
07	CONDORHUARACA
08	MISQUIES
09	LANLACUCHO
10	SACUYO
11	KASILLO
12	PATA PATA
16	CEMENTERIO
17	CASUARINAS SUR
18	SAN ANDRES

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.11.4. Generación de Caudales Máximos para las Micro cuencas de la ciudad de Sicuani

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación de 34 años, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos utilizando el Modelo Hidrológico Racional

a) Modelo Hidrológico RACIONAL

Se basa en la siguiente ecuación:

$$Q = C \cdot I \cdot A.$$

b) Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

En base a la identificación de micro cuencas con zonas de alto riesgo de inundación se ha desarrollado un Modelo Hidrológico Sistematizado de Generación de Caudales Máximos, para Periodos de Retorno de 1.01 a 10,000 años.

Las Características del Diseño Hidráulico para la Generación de Caudales Máximos se han definido en tres tipos de periodos de Diseño de Tormentas:

1° Caudales Máximos Probables (Periodos Calculados desde 1 año hasta los 50 años)

2° Caudales Centenarios (Periodos Calculados desde los 100 hasta los 500 años)

3° Caudales Milenarios (Periodos Calculados desde los 1,000 hasta los 10,000 años)

1° Caudales Máximos Probables

Los Caudales Máximos Probables Calculados son las que se presentan con mayor frecuencia en la ciudad de Sicuani, por lo que su eventualidad de ocurrencia es anual en un margen de probabilidad de ocurrencia de 0 hasta 50 años.

2° Caudales Centenarios

Los Caudales Máximos Centenarios Calculados son las que se pueden presentar eventualmente en la ciudad de Sicuani, por lo que su eventualidad de ocurrencia se encuentra alrededor de los cien años en un margen de probabilidad de ocurrencia de 100 hasta 500 años, por lo que esta información es analizada y evaluada para tomar como Tormenta de Diseño Hidráulico en las obras de infraestructura hidráulica de la región.

3° Caudales Milenarios

Los Caudales Milenarios se han calculado debido a los constantes cambios climáticos mundiales, las que se han manifestado inicialmente en la elevación de las temperaturas a nivel global, causando la deglaciación acelerada de los nevados generando aludes y eventos hidráulicos extraordinarios (llámese milenarios) en la región, por lo que su eventualidad de ocurrencia es milenario en un margen de probabilidad de ocurrencia de 1,000 hasta los 10,000 años.

CUADRO Nº 24
CAUDALES MAXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

	PERIODO (Años)	*T=1*	*T=50*	*T=100*	*T=500*	*T=1000*	*T=10000*
MICROCUENCA	*INTENSIDAD (m.m.)*	*I=25.500 (m.m.)*	*I=70.653 (m.m.)*	*I=74.288 (m.m.)*	*I=84.271 (m.m.)*	*I=87.702 (m.m.)*	*I=111.147 (m.m.)*
	AREA (Há.)	*Q1 (lts/seg)*	*Q50 (lts/seg)*	*Q100 (lts/seg)*	*Q500 (lts/seg)*	*Q1000 (lts/seg)*	*Q10000 (lts/seg)*
01	525.000	1,084.635	3,005.205	3,159.819	3,584.443	3,730.380	4,727.606
02	150.000	309.895	858.630	902.805	1,024.126	1,065.822	1,350.744
03	180.000	371.875	1,030.356	1,083.366	1,228.952	1,278.987	1,620.893
04	200.000	413.194	1,144.840	1,203.740	1,365.502	1,421.097	1,800.993
05	105.570	218.373	604.303	635.394	720.780	750.126	950.654
06	63.870	131.953	365.604	384.416	436.073	453.827	575.147
07	127.590	263.597	730.350	767.926	871.122	906.588	1,148.941
08	373.533	771.708	2,138.178	2,248.184	2,550.300	2,654.133	3,363.651
09	300.000	619.791	1,144.840	1,203.740	1,365.502	1,421.097	1,800.993
10	100.000	206.597	572.420	601.870	682.751	710.548	900,496
11	95.000	196.267	543.799	571.776	648.613	675.0211	855.471
12	87.000	179.739	498.005	523.627	593.993	618.177	783.431
16	60.000	291.666	343.452	361.122	409.650	426.329	540.297
17	70.000	144.618	400.694	421.309	477.925	497.384	630.347
18	90.000	185.937	515.178	541.683	614.476	639.493	810.446

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.11.5. Generación de Caudales Mínimos para T años de retorno.

Se ha desarrollado una información sistematizada de Generación de Caudales Mínimos, en base al Modelo Hidrológico de Gumbel desarrollado desde 1.01 años hasta 10,000 años la cual muestra que los caudales mínimos en todas las micro cuencas es de 0.0 litros / seg., por ser cauces temporales.

3.3.11.6. Dimensionamiento Hidráulico de los Cauces Aluviales de la ciudad de Sicuani

El Dimensionamiento Hidráulico de los cauces aluviales identificados en número de doce para la ciudad de Sicuani se ha basado, en la información básica desarrollada de los Parámetros Climatológicos y Parámetros Hidrometeoro lógicos.

Los Parámetros Hidrológicos sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos y el Modelo de Generación de Caudales Mínimos para Períodos Extendidos.

a) Ecuación General de Diseño

La Ecuación General de Dimensionamiento Hidráulico para las quince micro cuencas en la ciudad de Sicuani se basa en la Ecuación de MANNING, cuyo ecuación es la siguiente**:**

$$Q_T = R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A / n$$

b) Parámetros Hidráulicos Desarrollados

En base a la ecuación de MANNING se han desarrollado los diferentes parámetros hidráulicos de diseño para las quince micro cuencas de la ciudad de Sicuani con alto riesgo de inundación, obteniéndose los siguientes parámetros básicos de diseño:

a) Pendiente de los Taludes : h = 0

b) Ancho Uniforme del Cauce Final : B = 3.50 m.

c) Pendiente Promedio del Lecho : S = 1.0

d) Coeficiente de Manning : n = 0.025

Estos parámetros se han obtenido del análisis geomorfológico de las micro cuencas de la ciudad de Sicuani, determinándose básicamente los tirantes para un escurrimiento fluido es decir a donde no deberían existir interrupciones en el flujo y donde las calles permitirían el normal paso de los flujos de agua.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO Nº 25

DISEÑO DE TIRANTES DE INUNDACION DE LAS MICROCUENCAS (Modelo de MANNING)

CODIGO	*MICROCUENCA*	*CAUDAL (litros / segundo)*	*TIRANTE (cm.)*
01	TRAPICHE	**3,005.205**	**10.1897**
02	ÑANPOLCAY	**858.630**	**4.7483**
03	SAN FRANCISCO	**1,030.356**	**5.3038**
04	TIACOLLA	**1,144.840**	**5.6543**
05	MELGAR	**604.303**	**3.8382**
06	SUTOC	**365.604**	**2.8327**
07	CONDORHUARACA	**730.350**	**4.3047**
08	MISQUIES	**2,138.178**	**8.2729**
09	LANLACUCHO	**1,144.840**	**5.6543**
10	SACUYO	**572.420**	**3.7143**
11	KASILLO	**543.799**	**3.6008**
12	PATA PATA	**498.005**	**3.4143**
16	CEMENTERIO	**343.452**	**2.7278**
17	CASUARINAS SUR	**400.694**	**2.9939**
18	SAN ANDRES	**515.178**	**3.4850**

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.12. Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Cuenca de Capillani

La cuenca de Capillani es la única cuenca que converge directamente a la ciudad de Sicuani, el punto de salida del cauce principal se encuentra directamente con la Urbanización Centenario ubicada en la parta Sur Oeste de la ciudad de Sicuani

3.3.12.1. Modelo Hidrológico para la Cuenca de Capillani

Para el estudio Hidrológico de la cuenca de Capillani, se ha utilizado la base de datos elaborada por el Modelo Hidrológico Sistematizado denominado Sistema de Simulación de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., el que reporta la siguiente información básica:

a) Temperatura Mínima Mensual : -2.8 °C

b) Temperatura Media Mensual : 9.58 °C

c) Temperatura Máxima Mensual : 18.80 °C

d) Humedad Relativa Media Mensual : 56.63 %

e) Evapotranspiración Potencial Media :841.12 m.m./año

f) Precipitación Media Mensual : 761.62 m.m./año

g) Tipo de Clima de la Cuenca	: CLIMA SECO
h) Factor de Ajuste para Clima Seco	: 0.90
i) Valor del Punto de Tensión	: 38.02
j) Evapotranspiración Potencial Máxima Mensual	: 85.634 m.m./mes
k) Evapotranspiración Real Máxima Mensual	: 75.70 m.m./mes
l) Exceso de Precipitación Máxima Mensual	: 87.90 m.m./mes
m) Máxima Mensual de Recarga de Humedad del Suelo	: 25.10 m.m./mes
n) Máxima Mensual de Agotamiento de la Humedad	: 43.60 m.m./mes
o) Máxima Mensual de Humedad Almacenada	: 76.10 m.m./mes
p) Máxima Escorrentía Total Mensual	: 87.90 m.m./mes
q) Máxima Deficiencia de la Precipitación Mensual	: 50.40 m.m./mes
r) Máxima Relación de Precipitación Media Mensual con la Evapotranspiración Real Media Mensual	: 2.9
s) Precipitaciones Medias Máximas Anuales Generadas	: 1,043.6 m.m./año
t) Precipitaciones Mínimas Anuales Generadas	: 501.90 m.m./año
u) Caudales Medios Máximos Anuales Generados	: 337.0 m.m./mes
v) Caudales Medios Mínimos Anuales Generados	: 179.30 m.m./mes
w) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1.0 año	: 29.206 m.m.
x) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 5.0 años	: 51.476 m.m.
y) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10.0 años	: 60.543 m.m.
z) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 20.0 años	: 70.224 m.m.
a1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 50.0 años	: 83.810 m.m.
b1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 100.0 años	: 87.287 m.m.
c1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 200.0 años	: 90.910 m.m.
d1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 500.0 años	: 97.490 m.m.
e1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1,000 años	: 99.163 m.m.
f1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10,000 años	: 131.400 m.m.

3.3.12. 2. Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

Se ha considerado el estudio hidrológico e hidráulico de esta cuenca por tener características hidrogeológicas importantes.

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación de 34 años, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos utilizando el Modelo Hidrológico Racional.

a) Modelo Hidrológico RACIONAL

Se basa en la siguiente ecuación:

Q = C . I . A.

b) Parámetros Hidráulicos para la Generación de Caudales

Los principales parámetros desarrollados para el estudio de Generación de Caudales del Río Capillani son los siguientes:

a) Área de la Cuenca	: 42.00 KM2
b) Longitud del Cauce Principal	: 14 KM.
c) Cota Más Alta de la Cuenca	: 4,200 m.s.n.m.
d) Cota Más Baja de la Cuenca	: 3,550 m.s.n.m.
e) Pendiente Media de la Cuenca	: 4.64 %
f) Precipitación Media Anual	: 761.62 m.m./año
g) Déficit de Escurrimiento	: 472.116 m.m. / año
h) Temperatura Media Anual	: 9.5866 °C
i) Radiación Solar	: 5,258 m.m./año
j) Evapotranspiración HARGREAVES	: 1,269.62 m.m./año
k) Coeficiente de Escorrentía	: 0.34745321276

c) Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

En base al Modelo Hidrológico Sistematizado de Generación de Caudales Máximos, para Periodos de Retorno de 1.01 a 10,000 años, se han desarrollado los siguientes resultados:

CUADRO Nº 26
CAUDALES MAXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

PERIODO DE RETORNO T AÑOS	CAUDAL O (M3 / SEG)
1	7.2906
2	8.6943
5	10.2258
10	11.8609
20	14.1558
50100	14.7429
200	15.3548
500	16.4661
1000	16.7487
10000	22.1936

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.12.3. Zonas Urbanas con Peligro de Inundación

Al identificar la cuenca de Capillani ubicada en la parte Oeste de la ciudad de Sicuani y cuyo delta converge con la zona de expansión urbana, directamente con la urbanizaciones Centenario, Primero de Mayo, San Isidro, José Galvez y la Comunidad de Chumo Uraypampa es que se han identificado como zonas que presentan alto peligro de inundación. Además por ubicarse en una zona considerada como planicie de inundación del Río Vilcanota, se han identificado las zonas adyacentes a estas urbanizaciones por contar con peligros de inundación remanente del río Capillani con el río Vilcanota los que se han identificado en el cuadro que se muestra a continuación:

CUADRO Nº 27
ZONAS URBANAS DE LA ZONA OESTE DE LA CIUDAD DE SICUANI CON RIESGODE INUNDACIÓN

Nº	CENTRO URBANO	UBICACIÓN	TIPO DE RIESGO
1	COMUNIDAD CHUMO URAYPAMPA	Media Ladera	Inundación por Río Capillani
2	CENTENARIO	Parte Baja	Inundación por Río Capillani
3	PRIMERO DE MAYO	Parte Baja	Inundación por Río Capillani
4	TAHUANTINSUYO	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
5	JOSE GALVEZ	Parte Baja	Inundación por Río Capillani
6	SAN ISIDRO	Parte Baja	Inundación por Río Capillani
7	MANUEL PRADO	Parte Baja	Inundación por Río Capillani
8	BELLAVISTA	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
9	TECHO OBRERO	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
10	SANTA ISABEL	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
11	SAN MARTÍN	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
12	MANUEL PRADO	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
13	PAMPILLA	Parte Baja	Inundación por Río Capillani
14	LA PERLA	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
15	VILCANOTA	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
16	MINISTERIO DE AGRICULTURA	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
17	ALTIPLANO	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota
18	MICAELA BASTIDAS	Parte Baja	Inundación Centenaria por Río Vilcanota

3.3.12.4. Dimensionamiento Hidráulico de la Sección de Inundación

El Dimensionamiento Hidráulico del Río Capillani se ha basado, en la información básica desarrollada de los Parámetros Climatológicos y Parámetros Hidrometeorológicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos.

Es en base a esta información desarrollada que se han definido tres tipos de periodos de Diseño de Caudales:

a) Caudales Máximos Probables (Periodos Calculados desde 1 año hasta los 50 años)

b) Caudales Centenarios (Periodos Calculados desde los 100 hasta los 500 años)

c) Caudales Milenarios (Periodos Calculados desde los 1,000 hasta los 10,000 años)

a) Caudales Máximos Probables

Los Caudales Máximos Probables Calculados son las que se presentan con mayor frecuencia en la cuenca de Capillani, por lo que su eventualidad de ocurrencia es anual en un margen de probabilidad de ocurrencia de 0 hasta 50 años.

b) Caudales Centenarios

Los Caudales Máximos Centenarios Calculados son las que se pueden presentar eventualmente en la cuenca de Capillani, por lo que su eventualidad de ocurrencia se encuentra alrededor de los cien años en un margen de probabilidad de ocurrencia de 100 hasta 500 años, por lo que esta información es analizada y evaluada para tomar como Tormenta de Diseño Hidráulico en las obras de infraestructura hidráulica de la región.

c) Caudales Milenarios

Los Caudales Milenarios se han calculado debido a los constantes cambios climáticos mundiales, las que se han manifestado inicialmente en la elevación de las temperaturas a nivel global, causando la deglaciación acelerada de los nevados generando aludes y eventos hidráulicos extraordinarios (llámese milenarios) en la región, por lo que su eventualidad de ocurrencia es milenario en un margen de probabilidad de ocurrencia de 1,000 hasta los 10,000 años.

1° Ecuación General de Diseño

La Ecuación General de Dimensionamiento Hidráulico para el Río Capillani en la ciudad de Sicuani se basa en la Ecuación de MANNING, cuya ecuación es la siguiente:

$$Q_T = R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A / n$$

2° Parámetros Hidráulicos Desarrollados

En base a la ecuación de MANNING se han desarrollado los diferentes parámetros hidráulicos de Diseño, obteniéndose los siguientes parámetros básicos de Diseño:

a) Pendiente de los Taludes : h = 0

b) Ancho Uniforme del Cauce Final : B = 3.00 m.

c) Pendiente del Lecho : S = 0.11 %

d) Coeficiente de Manning : n = 0.025

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO Nº 28
DISEÑO DE TIRANTES DE INUNDACION DEL RIO CAPILLANI
(MODELO DE MANNING)

PERIODO	CAUDAL O (M3/SEG)	TIRANTE DE DESBORDE	TIRANTE CALCULADO Y (m)	OBSERVACIONES
1.01	4.9329	2	1.498	------
2	7.2906	2	2.019	---
5	8.6943	2	2.3185	Desborde parcial
10	10.2258	2	2.6394	Desborde parcial
20	11.8609	2	3.977	Desborde parcial
50	14.1556	2	3.4445	Desborde total
100	14.7429	2	3.5632	Desborde total
200	15.3548	2	3.6865	Desborde total
500	16.4661	2	3.9097	Desborde total
1000	16.7487	2	3.9663	Desborde total
10000	22.1936	2	16.5607	Desborde total

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.13. Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Cuenca de TORCOMA

La cuenca de Torcoma se desarrolla en la parte norte de la ciudad de Sicuani, el punto de salida del cauce principal se encuentra directamente con el Cuartel de la Policía Nacional del Perú de Sicuani.

3.3.13.1. Modelo Hidrológico para la Cuenca de TORCOMA

Para el estudio Hidrológico de la cuenca de Torcoma, se ha utilizado la base de datos elaborada por el Modelo Hidrológico Sistematizado denominado Sistema de Simulación de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., el que reporta la siguiente información básica:

a) Temperatura Mínima Mensual : -1.2 °C

b) Temperatura Media Mensual : 10.85 °C

c) Temperatura Máxima Mensual : 18.47 °C

d) Humedad Relativa Media Mensual : 59.73 %

e) Evapotranspiración Potencial Media :1,007.6 m.m./año

f) Precipitación Media Mensual : 709.27 m.m./año

g) Tipo de Clima de la Cuenca : CLIMA SECO

h) Factor de Ajuste para Clima Seco : 0.70

i) Valor del Punto de Tensión : 30.98

j) Evapotranspiración Potencial Máxima Mensual : 79.459 m.m./mes

k) Evapotranspiración Real Máxima Mensual : 66.00 m.m./mes

l) Exceso de Precipitación Máxima Mensual : 84.50 m.m./mes

m) Máxima Mensual de Recarga de Humedad del Suelo : 42.20 m.m./mes

n) Máxima Mensual de Agotamiento de la Humedad : 41.10 m.m./mes

o) Máxima Mensual de Humedad Almacenada : 70.90 m.m./mes

p) Máxima Escorrentía Total Mensual : 84.50 m.m./mes

q) Máxima Deficiencia de la Precipitación Mensual : 47.00 m.m./mes

r) Máxima Relación de Precipitación Media Mensual con la
Evapotranspiración Real Media Mensual : 3.0

s) Precipitaciones Medias Máximas Anuales Generadas : 974.30 m.m./año

t) Precipitaciones Mínimas Anuales Generadas : 470.30 m.m./año

u) Caudales Medios Máximos Anuales Generados : 307.20 m.m./mes

v) Caudales Medios Mínimos Anuales Generados : 163.80 m.m./mes

w) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1.0 año: 25.500 m.m.

x) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 5.0 años: 45.949 m.m.

y) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10.0 años: 53.038 m.m.

z) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 20.0 años: 60.396 m.m.

a1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 50.0 años: 70.653 m.m.

b1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 100.0 años: 74.288 m.m.

c1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 200.0 años: 78.099 m.m.

d1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 500.0 años: 84.271 m.m.

e1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1,000 años: 87.702 m.m.

f1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10,000 años: 111.147 m.m.

3.3.13. 2. Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

Se ha considerado el estudio hidrológico e hidráulico de esta cuenca por tener características hidrogeológicas importantes.

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación de 34 años, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos utilizando el Modelo Hidrológico Racional

a) Modelo Hidrológico RACIONAL

Se basa en la siguiente ecuación:

Q = C . I . A.

b) Parámetros Hidráulicos para la Generación de Caudales

Los principales parámetros desarrollados para el estudio de Generación de Caudales del Río Torcoma son los siguientes:

a) Área de la Cuenca : 24.00 KM2

b) Longitud del Cauce Principal : 9.5 KM.

c) Cota Más Alta de la Cuenca : 4,500 m.s.n.m.

d) Cota Más Baja de la Cuenca : 3,550 m.s.n.m.

e) Pendiente Media de la Cuenca : 10.0 %

f) Precipitación Media Anual : 709.27 m.m./año

g) Déficit de Escurrimiento : 635.855099567 m.m. / año

h) Temperatura Media Anual : 6.618 °C

i) Radiación Solar : 5,264 m.m./año

j) Evapotranspiración HARGREAVES : 1,141.45109024 m.m./año

k) Coeficiente de Escorrentía : 0.367160753877

c) Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

En base al Modelo Hidrológico Sistematizado de Generación de Caudales Máximos, para Periodos de Retorno de 1.01 a 10,000 años, se han desarrollado los siguientes resultados:

CUADRO Nº 29
CAUDALES MAXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

PERIODO DE RETORNO ***T (Años)***	***CAUDAL*** ***Q (m3 / segundo)***
1.01	2.6007
2	3.9092
5	4.6862
10	5.4092
20	6.1597
50	7.2058
100	7.5765
200	7.9652
500	8.5947
1,000	8.9446
10,000	11.3357

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.13.3. Zonas Urbanas con Peligro de Inundación

Al identificar la cuenca de Torcoma ubicada en la parte Norte de la ciudad de Sicuani y cuyo delta converge con la zona norte de expansión urbana, directamente con la Asociación Santa Bárbara, Urbanizaciones Pampaphalla, Real Felipe, San Felipe, 6 de Mayo, 6 de Julio, Manzanares, Santa Rosa, Magisterial y Construcción Civil, es que se han identificado como zonas que presentan alto peligro de inundación. Además por ubicarse en una zona considerada como planicie de inundación del Río Vilcanota, se han identificado las zonas adyacentes las urbanizaciones de Construcción Civil, Magisterial, 6 de Mayo y 6 de Julio y por contar con peligros de inundación remanente del río Torcoma con el río Vilcanota los que se han identificado en el cuadro que se muestra a continuación:

CUADRO Nº 30
ZONAS URBANAS DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE SICUANI CON PELIGRO DE INUNDACIÓN

CENTRO URBANO	*UBICACIÓN*	*TIPO DE RIESGO*
Santa Bárbara	Parte Alta	Inundación por Río Torcoma
Pampaphalla	Parte Alta	Inundación por Río Torcoma
Real Felipe	Parte Alta	Inundación por Río Torcoma
San Felipe	Parte Alta	Inundación por Río Torcoma
6 de Julio	Parte Media	Inundación por Río Torcoma
6 de Mayo	Parte Media	Inundación por Río Torcoma
Manzanares	Parte Media	Inundación por Río Torcoma
Santa Rosa	Parte Baja	Inundación por Río Torcoma
Magisterial	Parte Baja	Inundación por Río Torcoma y Río Vilcanota
Construcción Civil	Parte Baja	Inundación por Río Torcoma y Río Vilcanota

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.13.4. Dimensionamiento Hidráulico de la Sección de Inundación

El Dimensionamiento Hidráulico del Río Torcoma se ha basado, en la información básica desarrollada de los Parámetros Climatológicos y Parámetros Hidrometeoro lógicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos.

Es en base a esta información desarrollada que se han definido tres tipos de periodos de Diseño de Caudales:

a) Caudales Máximos Probables (Periodos Calculados desde 1 año hasta los 50 años)

b) Caudales Centenarios (Periodos Calculados desde los 100 hasta los 500 años)

c) Caudales Milenarios (Periodos Calculados desde los 1,000 hasta los 10,000 años)

a) Caudales Máximos Probables

Los Caudales Máximos Probables Calculados son las que se presentan con mayor frecuencia en la cuenca de Torcoma, por lo que su eventualidad de ocurrencia es anual en un margen de probabilidad de ocurrencia de 0 hasta 50 años.

b) Caudales Centenarios

Los Caudales Máximos Centenarios Calculados son las que se pueden presentar eventualmente en la cuenca de Torcoma, por lo que su eventualidad de ocurrencia se encuentra alrededor de los cien años en un margen de probabilidad de ocurrencia de 100 hasta 500 años, por lo que esta información es analizada y evaluada para tomar como Tormenta de Diseño Hidráulico en las obras de infraestructura hidráulica de la región.

c) Caudales Milenarios

Los Caudales Milenarios se han calculado debido a los constantes cambios climáticos mundiales, las que se han manifestado inicialmente en la elevación de las temperaturas a nivel global, causando la de glaciación acelerada de los nevados generando aludes y eventos hidráulicos extraordinarios (llámese milenarios) en la región, por lo que su eventualidad de ocurrencia es milenario en un margen de probabilidad de ocurrencia de 1,000 hasta los 10,000 años.

1° Ecuación General de Diseño

La Ecuación General de Dimensionamiento Hidráulico para el Río Torcoma en la ciudad de Sicuani se basa en la Ecuación de MANNING, cuya ecuación es la siguiente:

$$Q_T = R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A / n$$

2° Parámetros Hidráulicos Desarrollados

En base a la ecuación de MANNING se han desarrollado los diferentes parámetros hidráulicos de Diseño, obteniéndose los siguientes parámetros básicos de Diseño:

a) Pendiente de los Taludes : h = 0
b) Ancho Uniforme del Cauce Final : B = 1.00 m.
c) Pendiente del Lecho : S = 10 %
d) Coeficiente de Manning : n = 0.025

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO Nº 31
DISEÑO DE TIRANTES DE INUNDACION DEL RIO TORCOMA
(MODELO DE MANNING)

PERIODO T (Años)	*CAUDAL Q (m3 / seg)*	*Tirante de Desborde Yd (cm.)*	*Tirante Calculado Yc (cm.)*	*Observaciones*
1.01	2.6007	**100**	**56.1911**	**---**
2	3.9092	**100**	**77.3924**	**---**
5	4.6862	**100**	**89.6152**	**---**
10	5.4092	**100**	**100.8330**	**Desborde Parcial**
20	6.1597	**100**	**112.3599**	**Desborde Total**
50	7.2058	**100**	**128.2779**	**Desborde Total**
100	7.5765	**100**	**133.8857**	**Desborde Total**
200	7.9652	**100**	**139.7503**	**Desborde Total**
500	8.5947	**100**	**149.2184**	**Desborde Total**
1,000	8.9446	**100**	**154.4671**	**Desborde Total**
10,000	11.3357	**100**	**190.1285**	**Desborde Total**

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.14. Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Cuenca TUMAPATA

La cuenca del río Tumapata converge en la zona norte de la ciudad de Sicuani, en la zona de expansión urbana de la ciudad y a lo largo de la carretera Panamericana y el Río Vilcanota, el punto de salida del cauce principal se encuentra directamente con la comunidad de Pampa Anza ubicada en la zona Norte de la ciudad de Sicuani.

3.3.14.1. Modelo Hidrológico para la Cuenca de TUMAPATA

Para el estudio Hidrológico de la cuenca de Tumapata, se ha utilizado la base de datos elaborada por el Modelo Hidrológico Sistematizado denominado Sistema de Simulación de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., el que reporta la siguiente información básica:

a) Temperatura Mínima Mensual : -2.8 °C

b) Temperatura Media Mensual : 9.58 °C

c) Temperatura Máxima Mensual : 18.80 °C

d) Humedad Relativa Media Mensual : 56.63 %

e) Evapotranspiración Potencial Media : 841.12 m.m./año

f) Precipitación Media Mensual : 761.62 m.m./año

g) Tipo de Clima de la Cuenca : CLIMA SECO

h) Factor de Ajuste para Clima Seco : 0.90

i) Valor del Punto de Tensión : 38.02

j) Evapotranspiración Potencial Máxima Mensual : 85.634 m.m./mes

k) Evapotranspiración Real Máxima Mensual : 75.70 m.m./mes

l) Exceso de Precipitación Máxima Mensual : 87.90 m.m./mes

m) Máxima Mensual de Recarga de Humedad del Suelo : 25.10 m.m./mes

n) Máxima Mensual de Agotamiento de la Humedad : 43.60 m.m./mes

o) Máxima Mensual de Humedad Almacenada : 76.10 m.m./mes

p) Máxima Escorrentía Total Mensual : 87.90 m.m./mes

q) Máxima Deficiencia de la Precipitación Mensual : 50.40 m.m./mes

r) Máxima Relación de Precipitación Media Mensual con la Evapotranspiración Real Media Mensual : 2.9

s) Precipitaciones Medias Máximas Anuales Generadas : 1,043.6 m.m./año

t) Precipitaciones Mínimas Anuales Generadas : 501.90 m.m./año

u) Caudales Medios Máximos Anuales Generados : 337.0 m.m./mes

v) Caudales Medios Mínimos Anuales Generados : 179.30 m.m./mes

w) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1.0 año : 29.206 m.m.

x) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 5.0 años : 51.476 m.m.

y) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10.0 años : 60.543 m.m.

z) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 20.0 años : 70.224 m.m.

a1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 50.0 años : 83.810 m.m.
b1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 100.0 años : 87.287 m.m.
c1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 200.0 años : 90.910 m.m.
d1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 500.0 años : 97.490 m.m.
e1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1,000 años : 99.163 m.m.

f1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10,000 años : 131.400 m.m.

3.3.14. 2. Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

Se ha considerado el estudio hidrológico e hidráulico de esta cuenca por tener características hidrogeológicas importantes.

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación de 34 años, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos utilizando el Modelo Hidrológico Racional

a) Modelo Hidrológico RACIONAL

Se basa en la siguiente ecuación:

$$Q = C \cdot I \cdot A.$$

b) Parámetros Hidráulicos para la Generación de Caudales

Los principales parámetros desarrollados para el estudio de Generación de Caudales del Río Tumapata son los siguientes:

a) Área de la Cuenca : 96.00 KM2

b) Longitud del Cauce Principal : 18 KM.

c) Cota Más Alta de la Cuenca : 4,500 m.s.n.m.

d) Cota Más Baja de la Cuenca : 3,500 m.s.n.m.

e) Pendiente Media de la Cuenca : 5.833 %

f) Precipitación Media Anual : 709.27 m.m./año

g) Déficit de Escurrimiento : 484.366511882 m.m. / año

h) Temperatura Media Anual : 6.618 °C

i) Radiación Solar : 5,264 m.m./año

j) Evapotranspiración HARGREAVES : 1,141.45 m.m./año

k) Coeficiente de Escorrentía : 0.367160753877

c) Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

En base al Modelo Hidrológico Sistematizado de Generación de Caudales Máximos, para Periodos de Retorno de 1.01 a 10,000 años, se han desarrollado los siguientes resultados:

CUADRO Nº 32
CAUDALES MAXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

PERIODO DE RETORNO ***T (Años)***	***CAUDAL*** ***Q (m3 / segundo)***
1.01	10.4028
2	15.6369
5	18.7451
10	21.6371
20	24.6389
50	28.8233
100	30.3062
200	31.8609
500	34.3788
1,000	35.7785
10,000	45.343|

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.14.3. Zonas Urbanas con Peligro de Inundación

Al identificar la cuenca de Tumapata ubicada en la zona Norte de la ciudad de Sicuani y cuyo delta converge con la zona norte de expansión urbana de la ciudad, se han identificado directamente las Urbanizaciones Ind. Luz, Finlandia, Casuarinas Norte, A.P.V. Santa Sofía, Asociación Warari, A.P.V. Panamericana Norte, A.P.V. Cruz Cunca, A.P.V. Juan Velazco Alvarado como zonas que presentan alto peligro de inundación. Además de ubicarse estos asentamientos urbanos en una zona considerada como área o planicie de inundación del Río Vilcanota, los que se muestran a continuación:

CUADRO Nº 33
ZONAS URBANAS DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE SICUANI CON RIESGO DE INUNDACIÓN

CENTRO URBANO	*UBICACIÓN*	*TIPO DE RIESGO*
Ind. Luz	Parte Alta	Inundación por Río Tumapata
Finlandia	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata y Río Vilcanota
Casuarinas Norte	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata
Santa Sofía	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata y Río Vilcanota
Warari	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata y Río Vilcanota
Panamericana Norte	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata y Río Vilcanota
Cruz Cunca	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata y Río Vilcanota
Juan Velazco Alvarado	Parte Baja	Inundación por Río Tumapata y Río Vilcanota

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.14.4. Dimensionamiento Hidráulico de la Sección de Inundación

El Dimensionamiento Hidráulico del Río Tumapata se ha basado, en la información básica desarrollada de los Parámetros Climatológicos y Parámetros Hidrometeoro lógicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos.

Es en base a esta información desarrollada que se han definido tres tipos de periodos de Diseño de Caudales:

a) Caudales Máximos Probables (Periodos Calculados desde 1 año hasta los 50 años)

b) Caudales Centenarios (Periodos Calculados desde los 100 hasta los 500 años)

c) Caudales Milenarios (Periodos Calculados desde los 1,000 hasta los 10,000 años)

a) Caudales Máximos Probables

Los Caudales Máximos Probables Calculados son las que se presentan con mayor frecuencia en la cuenca de Capillani, por lo que su eventualidad de ocurrencia es anual en un margen de probabilidad de ocurrencia de 0 hasta 50 años.

b) Caudales Centenarios

Los Caudales Máximos Centenarios Calculados son las que se pueden presentar eventualmente en la cuenca de Capillani, por lo que su eventualidad de ocurrencia se encuentra alrededor de los cien años en un margen de probabilidad de ocurrencia de 100 hasta 500 años, por lo que esta información es analizada y evaluada para tomar como Tormenta de Diseño Hidráulico en las obras de infraestructura hidráulica de la región.

c) Caudales Milenarios

Los Caudales Milenarios se han calculado debido a los constantes cambios climáticos mundiales, las que se han manifestado inicialmente en la elevación de las temperaturas a

nivel global, causando la deglaciación acelerada de los nevados generando aludes y eventos hidráulicos extraordinarios (llámese milenarios) en la región, por lo que su eventualidad de ocurrencia es milenario en un margen de probabilidad de ocurrencia de 1,000 hasta los 10,000 años.

1° Ecuación General de Diseño

La Ecuación General de Dimensionamiento Hidráulico para el Río Capillani en la ciudad de Sicuani se basa en la Ecuación de MANNING, cuya ecuación es la siguiente:

$$Q_T = R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A / n$$

2° Parámetros Hidráulicos Desarrollados

En base a la ecuación de MANNING se han desarrollado los diferentes parámetros hidráulicos de Diseño, obteniéndose los siguientes parámetros básicos de Diseño:

a) Pendiente de los Taludes : h = 0
b) Ancho Uniforme del Cauce Final : B = 3.00 m.
c) Pendiente del Lecho : S = 0.0583 %
d) Coeficiente de Manning : n = 0.025

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO Nº 34
DISEÑO DE TIRANTES DE INUNDACION DEL RIO TUMAPATA
(MODELO DE MANNING)

PERIODO T (Años)	*CAUDAL Q (m3 / seg)*	*Tirante de Desborde Yd (m.)*	*Tirante Calculado Yc (m.)*	*Observaciones*
1.01	10.4028	**2.00**	**2.0081**	**Desborde Parcial**
2	15.6369	**2.00**	**2.6568**	**Desborde Total**
5	18.7451	**2.00**	**3.0171**	**Desborde Total**
10	21.6371	**2.00**	**3.3409**	**Desborde Total**
20	24.6389	**2.00**	**3.6677**	**Desborde Total**
50	28.8233	**2.00**	**4.1108**	**Desborde Total**
100	30.3062	**2.00**	**4.2650**	**Desborde Total**
200	31.8609	**2.00**	**4.4252**	**Desborde Total**
500	34.3788	**2.00**	**4.6818**	**Desborde Total**
1,000	35.7785	**2.00**	**4.8232**	**Desborde Total**
10,000	45.3431	**2.00**	**5.7679**	**Desborde Total**

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.15. Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Comunidad de Qqehuar

La Comunidad de Qqehuar, cuenta con una cuenca de características regulares, el cauce principal de esta converge directamente a la comunidad, el punto de salida del cauce principal atraviesa directamente la comunidad.

3.3.15.1. Modelo Hidrológico para la Cuenca de Qqehuar

Para el estudio Hidrológico de la cuenca de Qqehuar, se ha utilizado la base de datos elaborada por el Modelo Hidrológico Sistematizado denominado Sistema de Simulación de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., el que reporta la siguiente información básica:

a) Temperatura Mínima Mensual	: -3.3 °C
b) Temperatura Media Mensual	: 9.25 °C
c) Temperatura Máxima Mensual	: 18.6 °C
d) Humedad Relativa Media Mensual	: 57.35 %
e) Evapotranspiración Potencial Media	: 724.38 m.m./año
f) Precipitación Media Mensual	: 846.54 m.m./año
g) Tipo de Clima de la Cuenca	: CLIMA HUMEDO
h) Factor de Ajuste para Clima Seco	: 1.16
i) Valor del Punto de Tensión	: 47.62
j) Evapotranspiración Potencial Máxima Mensual	: 96.346 m.m./mes
k) Evapotranspiración Real Máxima Mensual	: 87.7 m.m./mes
l) Exceso de Precipitación Máxima Mensual	: 97.60 m.m./mes
m) Máxima Mensual de Recarga de Humedad del Suelo	: 25.00 m.m./mes
n) Máxima Mensual de Agotamiento de la Humedad	: 45.00 m.m./mes
o) Máxima Mensual de Humedad Almacenada	: 84.60 m.m./mes
p) Máxima Escorrentía Total Mensual	: 97.60 m.m./mes
q) Máxima Deficiencia de la Precipitación Mensual	: 57.30 m.m./mes
r) Máxima Relación de Precipitación Media Mensual con la Evapotranspiración Real Media Mensual	: 2.8
s) Precipitaciones Medias Máximas Anuales Generadas	: 1,148.5 m.m./año
t) Precipitaciones Mínimas Anuales Generadas	: 549.50 m.m./año
u) Caudales Medios Máximos Anuales Generados	: 345.30 m.m./mes
v) Caudales Medios Mínimos Anuales Generados	: 184.20 m.m./mes
w) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1.0 año	: 27.533 m.m.
x) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 5.0 años	: 50.351 m.m.
y) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10.0 años	: 59.362 m.m.
z) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 20.0 años	: 68.931 m.m.
a1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 50.0 años	: 82.341 m.m.
b1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 100.0 años	: 86.553 m.m.
c1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 200.0 años	: 90.662 m.m.
d1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 500.0 años	: 97.683 m.m.
e1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 1,000 años	: 100.247 m.m.
f1) Precipitación Máxima Probable de 24 horas para 10,000 años	: 132.140 m.m.

3.3.15.2. Generación de Caudales Máximos del Río Qqehuar

En base a la Generación de Caudales Medios y teniendo como soporte el Modelo de Generación de Caudales Promedio Mensuales para un Periodo de Registros de Precipitación de 34 años de la estación hidrometeoro lógica de Sicuani, se ha desarrollado el Estudio de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos utilizando el Modelo Hidrológico Racional

a) Modelo Hidrológico Racional

Se basa en la siguiente ecuación:

Q = C . I . A.

b) Parámetros Hidráulicos para la Generación de Caudales

Los principales parámetros de desarrollados para el estudio de Generación de Caudales del Río Qqehuar son los siguientes:

a) Área de la Cuenca : 17.25 KM2
b) Longitud del Cauce Principal : 24 KM.
c) Cota Más Alta de la Cuenca : 4,600 m.s.n.m.
d) Cota Más Baja de la Cuenca : 3,400 m.s.n.m.
e) Pendiente Media de la Cuenca : 5 %
f) Precipitación Media Anual : 846.54 m.m./año
g) Déficit de Escurrimiento : 480.8640 m.m. / año
h) Temperatura Media Anual : 9.2504 °C
i) Radiación Solar : 5,264 m.m./año
j) Evapotranspiración HARGREAVES : 1,150.3748 m.m./año
k) Coeficiente de Escorrentía : 0.506415

c) Generación de Caudales Máximos para T años de retorno

Se ha desarrollado un Modelo Hidrológico Sistematizado de Generación de Caudales Máximos, para Periodos de Retorno de 1.01 a 10,000 años, cuyos resultados se muestran a continuación en el siguiente Cuadro:

CUADRO Nº 35

CAUDALES MAXIMOS PARA T AÑOS DE RETORNO

PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)	CAUSAL O (M3 /SEG)
1	2.7837
2	4.2293
5	8.0906
10	6.0019
20	6.9694
50	8.3252
100	8.7511
200	9.1665
500	9.8764
1000	10.1357
10000	13.363

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.15.3. Transporte de Material Sólido en Suspensión y por Arrastre del Río Qqehuar

Para la determinación de los Sólidos de Arrastre y Suspensión se ha utilizado el modelo matemático hidráulico de ZANKE , el cual toma en cuenta diferentes características hidráulicas y mecánicas de los ríos, con la finalidad de determinar la cantidad de material sólido que arrastra un río, basándose en los siguientes parámetros de cálculo: Las densidades líquidas y sólidas del río la aceleración de la gravedad local, la viscosidad cinemática del río, el diámetro 90 de los materiales sólidos de arrastre, el Número de FROUDE crítico del río, el tirante medio del río, la pendiente de la línea de energía, la velocidad media de la corriente, y el Riesgo de transporte de material sólido.

Para la determinación de los parámetros mencionados se realizaron las evaluaciones correspondientes así como los análisis de laboratorio de las muestras de sólidos, el cual consistió en la elaboración de la curva granulométrica.

CUADRO Nº 36
CAUDALES SÓLIDOS POR ARRASTRE Y EN SUSPENSION

MES	Qsa (Arrastre) (Toneladas/Mes)	Qss (Suspensión) (Toneladas/Mes)	Qst (Total) (Toneladas/Mes)
Enero	1,3632	15,9835	17,3467
Febrero	1,0220	11,9831	13,0051
Marzo	1,1375	13,0848	14,2223
Abril	0,4685	5,4398	5,9623
Mayo	0,1278	1,4985	1,6263
Junio	0,8951	1,0495	1,9446
Julio	0,1097	1,2863	1,3960
Agosto	0,1271	1,4904	1,6175
Septiembre	0,2093	2,4538	2,6631
Octubre	0,5026	5,8930	6,3956
Noviembre	0,6436	7,5461	8,1897
Diciembre	1,1704	13,7231	14,8935
TOTAL	**7,7768**	**81,4859**	**89,2627**

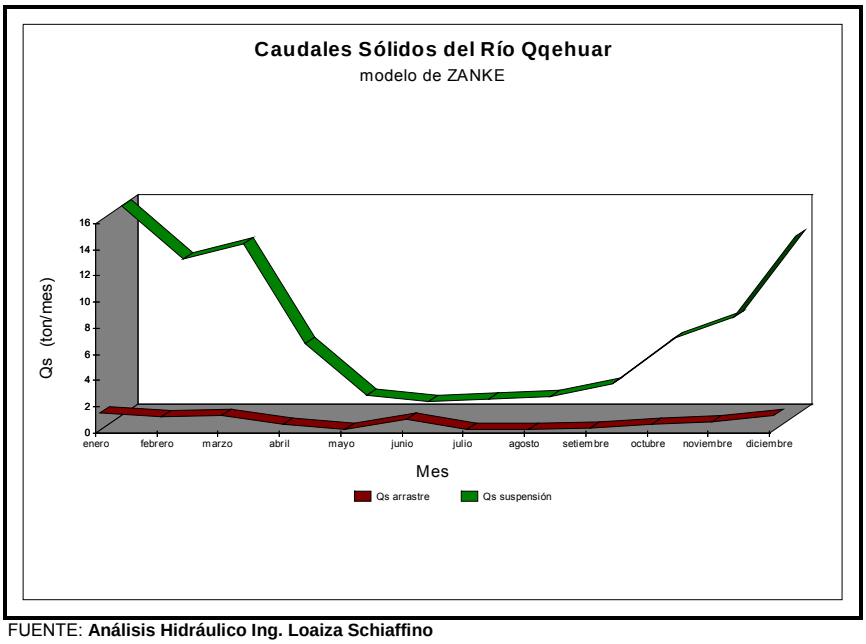
FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

Se estima que el Total del Material Sólido que transporta el Río Qqehuar es de 89.2627 toneladas por año.

El transporte de material sólido se inicia en gran escala a partir de la micro cuenca de Sucho y la cuenca de Ccanccahua, para luego depositarse masivamente en el cauce del río Qqehuar en una longitud de aproximadamente 500 metros a partir de la quebrada de Sucho hasta el puente Cocha Pata Kcucho a pesar de la gran pendiente existente en esta zona debido a los aluviones generados por estas dos cuencas.

El transporte de material sólido en suspensión representa el 9 % del transporte de material sólido total, correspondiendo el 91% al transporte de material sólido por arrastre, presentando una característica muy particular debido a la inestabilidad de taludes y al deslizamiento masivo que se generan en la micro cuenca de Sucho y la cuenca de Ccanccahua anualmente producto de las precipitaciones pluviales.

GRÁFICO Nº 13



FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

3.3.15.4. Turbulencia Hidráulica del Río Qqehuar

La Turbulencia hidráulica del Río Qqehuar se ha evaluado en función al número de Reynolds, el cual es un parámetro hidráulico adimensional, que permite evaluar la turbulencia de un curso de agua, se basa en los siguientes parámetros: velocidades, tirantes y viscosidad cinemática del agua.

CUADRO Nº 37
TURBULENCIA DEL RIO QQEHUAR

FECHA DE EVALUACION	LUGAR	RIO	CAUDAL (M3/SEG)	NUMERO DE REYNOLDS (Re)	TIPO DE REGIMEN
15-10-2004	Puente	Qqehuar	0.1518	23576.64	Turbulento

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

De acuerdo al valor mínimo del Número de Reynolds para establecer la turbulencia a partir del parámetro 4,000, se ha observado, que la turbulencia registrada en el río Qqehuar para un caudal de 0.5118 m3/seg. (caudal de aforamiento) es de 23,576.64
(Turbulencia baja) registrada en la estación del Puente en la Carretera Cusco Sicuani, lo cual demuestra la alta turbulencia del río Qqehuar.

3.3.15.5. Régimen Hidráulico del Río Qqehuar

El Régimen Hidráulico del Río Qqehuar se ha evaluado en función al número de FROUDE, el cual es un parámetro hidráulico adimensional, que permite evaluar el tipo de régimen hidráulico de un curso de agua, se basa en los siguientes parámetros: velocidad, constante gravitacional, sección hidráulica y ancho del curso de agua.

CUADRO Nº 38
REGIMEN HIDRAÚLICO DEL RIO QQEHUAR
(MODELO DE FROUDE)

FECHA DE EVALUACION	LUGAR	RIO	CAUDAL (M3/SEG)	NUMERO DE FROUDE (Fr)	TIPO DE REGIMEN
15-10-2004	Puente	Qqehuar	0.1518	0.09427	Sub crítico

FUENTE: **Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino**

De acuerdo al valor mínimo del Número de Reynolds para el régimen de flujo del río Qqehuar, se ha observado, que para un caudal de 0.1518 m3/seg (el cual es un caudal bajo) el Número de Froude es de 0.09427 (muy bajo), correspondiente a un Régimen Subcrítico en periodos de estiaje.

3.3.15.6. Dimensionamiento Hidráulico de la Sección de Inundación

El Dimensionamiento Hidráulico del Río Qqehuar se ha basado, en la información básica desarrollada de los Parámetros Climatológicos y Parámetros Hidrometeorológicos, que sirvieron de fuente para desarrollar los Modelos Hidrológicos de Parámetros Naturales, el Modelo Hidráulico de Generación de Caudales Promedios Mensuales, los Modelos de Generación de Caudales Máximos para Periodos Extendidos.

Es en base a esta información desarrollada que se han definido tres tipos de periodos de Diseño de Caudales:

a) Caudales Máximos Probables (Periodos Calculados desde 1 año hasta los 50 años)

b) Caudales Centenarios (Periodos Calculados desde los 100 hasta los 500 años)

c) Caudales Milenarios (Periodos Calculados desde los 1,000 hasta los 10,000 años)

a) Caudales Máximos Probables

Los Caudales Máximos Probables Calculados son las que se presentan con mayor frecuencia en la cuenca de Capillani, por lo que su eventualidad de ocurrencia es anual en un margen de probabilidad de ocurrencia de 0 hasta 50 años.

b) Caudales Centenarios

Los Caudales Máximos Centenarios Calculados son las que se pueden presentar eventualmente en la cuenca de Capillani, por lo que su eventualidad de ocurrencia se encuentra alrededor de los cien años en un margen de probabilidad de ocurrencia de 100 hasta 500 años, por lo que esta información es analizada y evaluada para tomar como Tormenta de Diseño Hidráulico en las obras de infraestructura hidráulica de la región.

c) Caudales Milenarios

Los Caudales Milenarios se han calculado debido a los constantes cambios climáticos mundiales, las que se han manifestado inicialmente en la elevación de las temperaturas a nivel global, causando la de glaciación acelerada de los nevados generando aludes y eventos hidráulicos extraordinarios (llámese milenarios) en la región, por lo que su eventualidad de ocurrencia es milenario en un margen de probabilidad de ocurrencia de 1,000 hasta los 10,000 años.

1° Ecuación General de Diseño

La Ecuación General de Dimensionamiento Hidráulico del Río Qqehuar se basa en la Ecuación de MANNING, cuya fórmula es la siguiente:

$$Q_T = R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A / n$$

2° Parámetros Hidráulicos Desarrollados

En base a la ecuación de MANNING se han desarrollado los diferentes parámetros hidráulicos de Diseño, obteniéndose los siguientes parámetros básicos de Diseño:

a) Pendiente de los Taludes : h = 1

b) Ancho Uniforme del Cauce Final : B = 4.00 m.

c) Pendiente del Lecho : S = 0.28 %

d) Coeficiente de Manning : n = 0.025

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO Nº 39
DISEÑO DE TIRANTES DE INUNDACION DEL RIO QQEHUAR
(MODELO DE MANNING)

PERIODO	CAUDAL O (M3/SEG)	TIRANTE DE DESBORDE	TIRANTE CALCULADO Y (m)	OBSERVACIONES
1.01	4.9329	1.1	0.5658	------
2	4.2293	1.1	0.7474	---
5	5.0908	1.1	0.8474	Desborde parcial
10	6.0019	1.1	0.9485	Desborde parcial
20	11.8609	1.1	3.977	Desborde parcial
50	6.9694	1.1	1.0519	Desborde total
100	8.7511	1.1	1.2342	Desborde total
200	9.1665	1.1	1.2755	Desborde total
500	9.8164	1.1	4.4133	Desborde total
1000	10.1357	1.1	1.3703	Desborde total
10000	13.3603	1.1	16.742	Desborde total

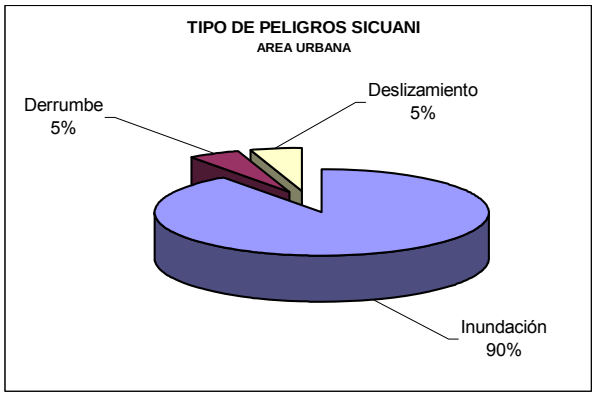
FUENTE: Análisis Hidráulico Ing. Loaiza Schiaffino

CAPITULO IV: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y LA LOCALIDAD DE QQUEHUAR

4.1 EVALUACION DE PELIGROS DEL AREA URBANA Y ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE SICUANI

De lo observado y recogido la información histórica se puede concluir que el agente que provoca los peligros son las aguas que se generan durante las precipitaciones pluviales máximas, cuya intensidad se produce entre los meses de Diciembre a Marzo. Estos confluyen e incrementan los caudales del Río Vilcanota y sus tributarios produciéndose inundaciones en áreas bajas de baja pendiente. La saturación de suelos con agua desestabiliza los taludes de quebradas donde se emplazan los asentamientos humanos con viviendas construidas sin planificación poniendo en riesgo la seguridad física y provocan la destrucción de viviendas e infraestructuras viales y básicas de la zona.

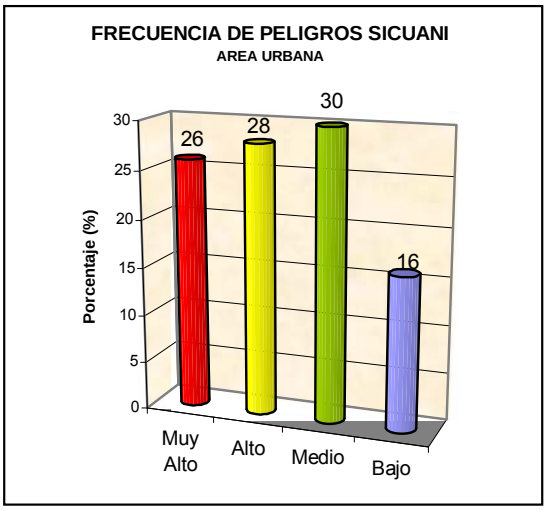
El fenómeno frecuente registrado en la zona con mayor frecuencia son las inundaciones con aguas de tormenta, sin embargo estas vienen asociadas a la erosión y transporte de sólidos que colmatan paulatinamente los cauces de las quebradas al no existir un adecuado y oportuno intervención en la limpieza de estos cauces. Además también complica el panorama la ocupación urbana de estos cauces que actuaban como áreas de sedimentación. Actualmente éstas ya no existen siendo remplazados por canalizaciones ó calles pavimentadas que reducen la tasa de infiltración y se incrementan los caudales generados en las micro cuencas.



El emplazamiento de asentamientos humanos sobre las riberas inundables, cauces antiguos del río, llanuras de inundación, no haber tomado en cuenta el drenaje de las aguas pluviales de las quebradas en la estructura urbana, no planificar vías carrozables a las urbanizaciones, la generación de residuos sólidos y desmonte a las quebradas siendo vulnerables estas áreas a los peligros de inundaciones e inestabilidad de los taludes de las laderas y cárcavas.

En función a los grados de peligros que representan las áreas con problemas geodinámicos se han clasificado en función de su Peligrosidad, habiendo registrado que un 26 % de las áreas evaluadas, representan un peligro muy alto y merecen una atención de emergencia,

entre estos tenemos a; Tiacolla, Pampa Anza y Qquehuar, estas zonas tienen problemas geodinámicos frecuentes, soportando inundaciones de viviendas anuales. Sin embargo un 28 % indican que el peligro es Alto, entre estas tenemos a las micro cuencas de Melgar. Misquiri, Sacuyo, Buena Vista., estas deben ser atendidas de forma inmediata, para ello se debe formular proyectos de intervención consistente en canalización entregando hasta el río Vilcanota, descolmatando los cauces, y otros construyendo sistemas de tratamiento en sus cuencas de aporte.

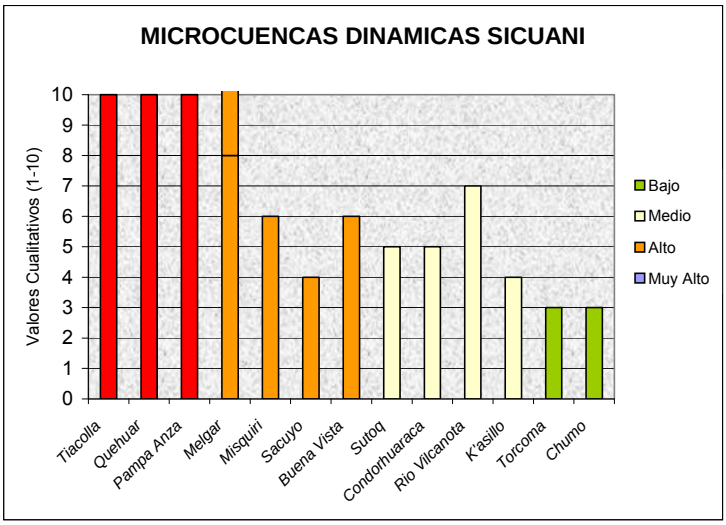


INVENTARIO DE ZONAS INESTABLES DE SICUANI Y QQUEHUAR.

Se han realizado un inventario detallado de las áreas inestables con problemas geodinámicos, acompañado de encuestas para recoger la información a cerca de los fenómenos mas frecuentes y algunas características destructivas y niveles de peligros, habiendo logrado encuestar a 58 personas, distribuidos según el total de los puntos de muestreo en número de cinco encuestas por lugar afectado, los que muestran resultados que se muestran en la figura siguiente.

Se ha contado con el apoyo de los brigadistas de INDECI Sicuani para la aplicación de las encuestas, quienes han participado activamente en el recojo y análisis de la información obtenida.

Así mismo se han visitado estas áreas activas y se han seleccionado cuidadosamente para la distribución de las encuestas y además se han estudiado las características geomorfológicos, geológicas, geodinámicas, hidrogeológicas, y los niveles de peligro que representa para los pobladores de la zona así como el período de recurrencias y la, intensidad del fenómeno, a partir de entrevistas focales a pobladores que han soportado estos embates de la naturaleza y/o provocados. (Plano Nº 16).



Para un mejor estudio se ha descrito todas las quebradas con actividad geodinámica, por cuanto el peligro se produce en mayor frecuencia por fenómenos hídricos, es así se tiene las micro cuencas siguientes:

RESUMEN DE ZONA DE PELIGRO SEGÚN ENCUESTAS REALIZADAS

QUEBRADA / SECTOR	N° ENC.	GRADO	PELIGRO	ORIGEN	%	%
Tiacolla	5	Muy Alto	Inundación	Deslizamiento	8.6%	
Pampa Anza	5	Muy Alto	Inundación	Precipitación	8.6%	25.9%
Quehuar (*)	5	Muy Alto	Inundación	Deslizamiento	8.6%	
Melgar	5	Alto	Inundación	Deslizamiento	8.6%	
Misquiri	6	Alto	Inundación	Erosión	10.3%	
Sacuyo	4	Alto	Inundación	Erosión	6.9%	29.3%
Buena Vista	2	Alto	Derrumbe	Precipitación	3.4%	
Sutoq	5	Medio	Inundación	Deslizamiento	8.6%	
Condorhuaraca	5	Medio	Inundación	Deslizamiento	8.6%	
Rio Vilcanota	5	Medio	Inundación	Precipitación	8.6%	29.3%
K'asillo	2	Medio	Inundación	Erosión	3.4%	
Torcoma	5	Bajo	Inundación	Baja pendiente	8.6%	15.5%
Tintaya	4	Bajo	Inundación	Precipitación	6.9%	
	58				100.0%	100%

FENÓMENOS DE ORIGEN GEOLÓGICOS – CLIMÁTICOS.

Los fenómenos de este origen en la ciudad de Sicuani se manifiestan en la sub-unidad geomorfológico denominada “Vertientes muy Empinados” que se localizan en la margen derecha del río Vilcanota, específicamente sobre el talud de las cárcavas de mayor a 75% de pendiente correspondiendo a escarpados. Estos sectores se constituyen los sectores más inestables.

Estos fenómenos se localizan en su gran mayoría en la margen derecha del río Vilcanota, emplazados en la quebrada K´asillo y Sacuyo, donde afloran estratos de rocas frágiles muy foliados de tipo esquistos, esquistos micáceos, lutitas, pizarras, etc que tienen una gran susceptibilidad a la erosión y a la remoción en masa, tanto como erosión en sus distintos grados y por deslizamientos o reptación de suelos especialmente en las cárcavas profundas y también se produce sobre suelos cuaternarios como depósitos Fluvioglaciares que se emplaza al Oeste de la ciudad de Sicuani, encima de la zona céntrica del pueblo como la Plaza de Armas y Mercados de abastos, siendo un estrato potente emplazado en toda la ladera del cerro Jururo. Estos eventos geodinámicos afectan a la parte Oeste de la ciudad provocando el transporte de sólidos hacia la parte baja que ocasiona la colmatación de las alcantarillas de la ciudad, reduciendo la capacidad de transporte de aguas pluviales.

Estos eventos se hallan asociados al incremento de la humedad del suelo y en la zona en los delgados estratos de cuarcitas y areniscas ocasionales se presentan descargas de agua subterráneas, los cuales han sido captados para el consumo humano de los habitantes del sector. Esta condición también satura el suelo y asociado a la temporada de lluvias incrementa la saturación de agua en el suelo reduciendo la capacidad de resistencia de los suelos al esfuerzo cortante. En el cuadro siguiente se resume las cualidades de las quebradas más dinámicas y el grado de riesgo que presenta y la alternativa posible de ser intervenida para su mitigación del peligro. (Plano Nº 24 , y Plano Nº 25).

CUADRO RESUMEN DE FENÓMENOS GEOLÓGICOS CLIMATICOS

AREAS INESTABLES	FENÓMENO	RIESGO
Sector Qqehuar	Deslizamiento de rocas y suelos, Erosión.	Muy alto
Quebrada Tiacolla	Deslizamiento de suelos y rocas	Muy Alto
Quebrada Melgar	Deslizamiento de suelos y rocas	Alto
Quebrada Misquiri	Deslizamiento de rocas, Erosión.	Alto
Quebrada Sacuyoc	Erosión y deslizamiento de suelos.	Alto
Alto Rosaspata – Calvario	Derrumbe de rocas, rocas sueltas.	Alto
Quebrada Sutoq	Deslizamiento de suelos, taludes de carcasas.	Medio
Quebrada Condorhuaraca	Deslizamiento de suelos, taludes de cárcavas	Medio
Quebrada K'asillo	Erosión, deslizamiento de suelos.	Medio
Río Vilcanota	Erosión parte alta, Sedimentación parte baja.	Medio

Las alternativas en el sector de Qqehuar serán a base de un manejo de cuencas y la construcción de cortinas a base de gaviones y reforestación con especies nativas. En las áreas inestables de la ciudad de Sicuani requieren una canalización y reforestación con especies nativas.

4.1.1 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS – CLIMÁTICOS.

Los fenómenos de remoción en masa si bien es cierto no amenazan directamente las áreas pobladas ni terrenos de cultivo ó infraestructuras importantes, porque la mayoría son de pequeña magnitud sobre taludes de 30 a 50 m. de altura, se producen dentro de los taludes de las quebrada profundas de las quebradas de; Tiacolla, Misquiri, Sacuyo y K'asillo; los cuales intenta formar su ángulo de equilibrio, sin embargo al producirse las aguas de escorrentía esta es erosionada y transportada aguas abajo, trasladando el problema a la zona urbana.

DESLIZAMIENTOS RECIENTES.

Zona de Sicuani.

Los deslizamientos recientes se muestran en mapa de Peligros Geológico Climáticos Planos Nº 24 y Nº 25 ubicando en la quebrada de; Qquehuar, Tiacolla, Melgar, Misquiri, entre los de mayor importancia en la zona, como se muestra en el cuadro N° 08 éstos se producen sobre suelos fluvioglaciarios en su gran mayoría, ya que estos no presentan una estructura en su contenido y se saturan con facilidad al contacto con el agua pluvial y al erosionarse la base, ya que estas micro cuencas tiene una alta pendiente superior a 75% se produce el colapso de los taludes altos hacia el eje de las quebradas secas.

Ocasionalmente en las quebradas de Sacuyoc que tiene gran cuenca de recepción es posible observar reptación de suelos ó pequeños deslizamientos en actividad, ya que los suelos de esta zona en su mayoría tienen una alta plasticidad y presenta una foliación importante sobre esquistos micáceos saturados por aguas subterráneas sobre lentes de cuarcita ó por la saturación de lluvias en la superficie del terreno.

Son fenómenos muy localizados y no ocasionan mayores estragos que el de acumular material en el fondo del cauce de las quebradas secas y ríos.

Zona de Qquehuar.

En la localidad de Qquehuar en el sector de Suchoq en el cerro Chuñomocco, y otra zona muy activa con deslizamientos es Quishuari, de las micro cuencas Ccancahua y Callahuari.

En estas dos micro cuenca localizadas al Norte de la población de Qquehuar son activas, los pobladores indican que es activo desde hace 90 años, lo cual indica una larga actividad geodinámica, cuyos sedimentos se observan en forma de cono aluvial que aportan directamente al riachuelo Cancahua, los cuales al llegar al cauce se convierten en un flujo de tipo aluvión trasladando los sedimentos hacia el cauce del riachuelo Qquehuar

Los deslizamientos que ocurren en estas dos micro cuencas activas, son deslizamientos trasnacionales y reptación de suelos, provocados por la presencia de rocas calcáreas y evaporitas (yesos) sobra pendientes muy empinados en su cuenca de tributaria, asociados a la descarga de aguas subterráneas sobre acuíferos de calizas y areniscas fisuradas, incrementando la presión intersticial contribuido por las agua pluviales que ocurre en la época de lluvias se hace bastante activo. Al pie de estas dos micro cuencas se observa abundante material coluvial dentro del cauce de río, que al aumentar la densidad del río provoca una mayor capacidad erosiva y transporte de sedimentos aguas abajo.

Esta cuenca requiere de una atención permanente ya que desde hace siete años se ha intensificado su actividad, por lo la población de Ccancahua ha construido últimamente un puente carrozable recientemente inaugurado, habiendo mejorado el acceso a esta micro cuenca. Anteriormente esta interrumpía el paso y provocaba zozobra para el acceso a las poblaciones de la parte alta.

Se ha observado que tiene un nivel freático alto en toda la planicie, asociado a la recarga de las aguas del río Qquehuar que se encuentra encima del nivel del pueblo al colmatarse permanentemente, la humedad en la zona poblada y aledaños es permanente lo cual provoca una serie de problemas en la cimentación de las viviendas y la salud de la

población. Esta requiere una observación durante la época de lluvias para evaluar el comportamiento de los niveles y establecer un sistema de drenaje para implementar un sistema de drenaje de las aguas.

DESLIZAMIENTOS POTENCIALES.

Todos los cortes y taludes empinados muy empinado de las quebradas como se muestra en el mapa de pendientes, ya sean producidos por quebradas o por carreteras en material suelto de cobertura, sobre todo los que tienen alto grado de inclinación, están sujetos a deslizamiento, o sea que se les puede considerar potencialmente deslizables. Los factores que pueden ser incrementarlos son: material de baja consistencia, taludes pronunciados, lluvias que producen socavamiento y erosión, viento, etc.

SOCAVAMIENTO Y EROSIÓN SEVERA EN CÁRCAVAS

Este proceso es frecuente en laderas de alta pendiente, sobre suelos cuaternarios poco consolidados, donde la erosión en las épocas de lluvias es la mas incidente, especialmente en taludes constituidos por material de cobertura y en menor grado en rocas de baja a mediana consistencia, sobre todo de origen metamórfico y sedimentario, como esquistos micáceos, pizarras y lutitas.

Las quebradas más dinámicas que acarrean sedimentos de la parte alta como producto de la susceptibilidad de erosión se encuentran en las faldas del Cerro entre estas tenemos: Sacuyo, Misquiri, Condorhuaraca, Suttoc, Tiacolla (Alto Vigil) y Trapiche, construidas sin la debida autorización.

Se han construido viviendas en los cauces de las quebradas modificando el curso del cauce de quebrada, modificando el área de sedimentación e infiltración de las aguas pluviales en el suelo. En condiciones naturales las quebradas según lo observado divagaban en su curso en función del arrastre de sólidos, sin embargo al urbanizarse esta sedimentación ya no ocurre, si no se realiza en las vías de acceso de la zona y colmata las alcantarillas construidas.

La población para asentar sus viviendas en el cauce de la estrecha franja de desembocadura, ha realizado excavaciones en tierra y roca y al no contar con vías de acceso la eliminación de sus desmontes lo han realizado en el cauce de la quebrada, lo cual acrecienta la acumulación de sólidos en el cauce, para luego ser arrastrado aguas abajo.

DESPRENDIMIENTO DE ROCAS Y DERRUMBE DE SUELOS

En la zona de Sicuani este tipo de fenómeno es poco frecuente, se produce muy esporádicamente en la zona de Calvario y Alto Rosapata, es estos barrios existe afloramiento de rocas de tipo areniscas muy fracturadas sobre esquistos localizados en ladera de fuerte pendiente, y con la presencia de la temporada de lluvias se desprenden los bloques de roca afectando la seguridad física de los pobladores del pie de ladera.

Otro factor que contribuye a la inestabilidad de estas zonas rocosas son la extracción de materiales y la explanación de taludes para efectos de vivienda, lo cual desestabiliza los suelos de estas áreas.

4.1.2 ZONIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICO – CLIMATICOS.

En base a la zonificación desde el punto de vista de las condiciones geológicas de los suelos y rocas, además de los parámetros geomecánicos, factores estáticos y dinámicos analizados que condicionan el movimiento de los suelos, se obtiene el mapa de Peligros Geológico Climáticos.

La zonificación de peligros de origen geológico climático para la ciudad de Sicuani, se presenta en el Planos Nº 24 y 25 En las que se establece 04 zonas de peligro de acuerdo a la descripción siguiente:

ZONA DE PELIGRO BAJO.

Son aquellas donde el terreno es de pendiente suave y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades mecánicas adecuadas. Comprende además áreas de pendiente moderada en las formaciones geológicas son de origen Sedimentario Clástico y zonas de escasa pendiente y una morfología llana, en esta zona no ocurren fenómenos geológico –Climáticos, por lo que se le considera de una Peligro Bajo.

Está zona esta referida a la amplia llanura que se emplaza en el valle que se extiende en ambas márgenes del río Vilcanota, desde la confluencia del río Hercca por el Sureste, hasta la desembocadura en la curva del puente de la vía de evitamiento que se encuentra a una cota promedio de 2,700 m.s.n.m. Son zonas donde aflora suelos granulares producto de arrastre de suelos aluviales de las micro cuencas cercanas y limo arcillosos por decantación de agua estancada, localizados en todo lo largo de las márgenes del río.

Dentro de estas zonas se pueden establecer las áreas de expansión urbana, pero con adecuados niveles de drenajes de las aguas pluviales ya que presentan morfologías planas.

ZONA DE PELIGRO MEDIO

Son aquellas áreas donde el terreno es de pendiente moderada y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente entre ellos son suelos Coluviales gravo arcillosos de granos angulares presentan propiedades geomecánicas adecuadas. En esta zona ocurren pequeños problemas de erosión y formación de cárcavas de la acción hídrica en la época de lluvias, por lo que se le considera de un Peligro medio.

Se hallan ubicadas en las faldas de los cerros de la margen derecha, en cuya zona se viene realizando la extracción de áridos para el lastrado de las vías. Otra zona importante se ubica en la margen derecha zona de Patapata, Ccollpampa, Mojónpata, Pampa Anza, estas áreas no muy empinadas presentan suelos granulares.

Estas áreas también pueden ser usadas para la expansión urbana con restricciones de acondicionamiento de cárcavas y cursos fluviales, protegiendo los taludes de cauce empinados.

ZONA DE PELIGRO ALTO

Son aquellas áreas donde el terreno es de fuerte pendiente y sus formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente, como en el caso de los depósitos morrénicos sobre la superficie de la ladera que presentan propiedades geomecánicas medias. En esta zona ocurren intensos problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en

la época de lluvias, pequeños problemas de derrumbes y deslizamientos de suelos activados en épocas de lluvias y desprendimiento de rocas, agrietamientos y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica; por lo que se le considera Peligrosa.

Zonificada en las quebradas del cerro Jururo como la quebrada Misquiri abarcando toda la Urb. Edgar Gonzales Medina hasta el Jr. Venezuela y 20 de Noviembre, la quebrada Condorhuaraca y Sutoq, abarcando todo el barrio de Pampacucho, la quebrada Melgar hasta el Mercado Central, también incluye el sector de Calvario y Alto Rosaspata, la quebrada de San Francisco, Trapiche. El río Vilcanota en las zonas de borde en ambas márgenes, empezando a la altura de la quebrada Trapiche hasta el puente Enrique P. Mejía, a la altura de la urbanización La Victoria. Otra franja se localiza en las márgenes del río Tintaya, sector pampa de Chumo empezando desde Suyo hasta la confluencia con el río Vilcanota.

El área de Pampa Anza a ambas márgenes del riachuelo Huasamayo parte Nor- Oeste del poblado de Sicuani, se producen constantes problemas de desborde de las aguas del riachuelo, producto de la colmatación de sedimentos que arrastra de la cuenca alta de Millimayo y Uyurmiri asociando a la baja pendiente de la parte baja.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO.

Son aquellas áreas de cárcavas, fondo de cauce de ríos y quebradas, terrenos con pendiente muy fuerte, laderas muy empinadas, rellenos de cauces antiguos, cuyas formaciones geológicas de origen sedimentario antiguo y reciente presentan propiedades geomecánicas bajas y con la presencia de una alta humedad en la temporada de lluvias hay una gran probabilidad de deslizamiento de taludes o desprendimiento de rocas. En esta zona ocurren intensos problemas de erosión y formación de cárcavas por acción hídrica en la época de lluvias, intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos y rocas, activados por la sobresaturación de agua y desprendimiento de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y acción sísmica; por lo que se le considera Altamente Peligrosa.

Esta áreas de alto riesgo se localizan en las quebradas de las faldas del cerro Jururo, en cuyos pie de monte se hallan localizadas las quebradas K`asillo, Sacuyo y Lanlacucho y todo el área de desembocadura del río Torcoma, abarcando las zonas de Pampa Phalla, Urb Fe y Esperanza, Real Felipe, Santa Rosa, 3 De Mayo y Magisterial, la quebrada Tiacolla y todo el Jr. Vigil llegando hasta el Jr. Dos de Mayo.

El cauce del río Vilcanota también representa peligro, esto por transporte de sedimentos, el río al perder energía deposita sedimentos y colmata paulatinamente la sección del cauce, provocando constantes desbordes desde el Puente Enrique P. Mejía hasta el sector de Uraypampa.

4.2 MAPA DE PELIGROS ANTROPICOS

4.2.1 EVALUACION DE PELIGROS ANTROPICOS

El interés mundial por el medio ambiente y por su acelerado deterioro intensificado en las últimas décadas por la actividad del hombre, el aumento y concentración de la población, generan la ocurrencia cada vez mayor de desastres, a consecuencia de estas actividades (PELIGROS ANTRÓPICOS).

Los postulados del Desarrollo Sostenible acogidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), plantean la interrelación de una serie de factores que implican el replanteamiento de sistemas políticos, económicos, sociales, productivos, tecnológicos, administrativos, y un nuevo orden en las relaciones internacionales (Blanco-Alarcón 1989).

Por otra parte, como consecuencia de esta situación, que ha venido afectando con mayor severidad a los países en desarrollo y en particular a áreas deprimidas, el PNUD mediante su programa de Ciudades Sostenibles y el INDECI con el fin de promover la mitigación de los riesgos mediante la incorporación de la prevención de los desastres en el desarrollo económico y social de estas ciudades (Sicuani), incorpora a las peligros naturales la Evaluación de los Peligros Antrópicos. Con el propósito de sumar la variable actividad humana en la determinación del Mapa de Peligros.

PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL

Un estudio de Peligros antrópicos tiene por objetivo la clasificación de las zonas expuestas y la estimación de los daños que puedan producirse en función de la probabilidad o expectación de destrucción o deterioro de los elementos del sistema urbano de la ciudad de Sicuani. Todo ello como consecuencia de la actividad del hombre, en las áreas de la economía, industria o tecnológica.

El Peligro se refiere a la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias de un desastre, generalmente de carácter sorpresivo, de evolución rápida y de relativa severidad, que se concentra durante un determinado período de tiempo y en un lugar, afectando a un componente o a la totalidad del sistema territorial expuesto.

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO: MODELAMIENTO DEL PELIGRO ANTROPICO

El estudio de peligros antrópicos y su modelamiento cartográfico (Plano Nº 25), constituye una simulación que permite la evaluación y prognosis de las consecuencias de un peligro de este tipo, es decir, una representación grafica de datos analizados que permite identificar, clasificar y valorar (cuantitativa y cualitativa) las áreas potencialmente expuestas a dicho peligro.

Este modelamiento requiriese de una metodología lógica, secuencial y articulada; así, en primer lugar, se va a identificar, analizar y cartografiar por separado los dos elementos que definen el Peligro Antrópico y la condición de exposición del sistema urbano para posteriormente combinarlos con el fin de obtener el mapa de peligro antrópico que por su naturaleza es fundamentalmente urbano. Entendido como un producto final, integral y de síntesis de la calificación de dicho peligro. Esta metodología contempla las etapas:

- EVALUACION DE LA ESTRUCTURA URBANA
- ETAPA DE INVENTARIO
- ELABORACIÓN DEL MAPA DE USOS
- MAPA DE PELIGROS ANTROPICOS

EVALUACION DE LA ESTRUCTURA URBANA

El acelerado deterioro del medio ambiente en las últimas décadas por la actividad del hombre, el aumento y concentración de la población, generan la ocurrencia cada vez mayor de desastres, a consecuencia de estas actividades (PELIGROS ANTRÓPICOS).

Por este motivo y con el propósito de sumar la variable actividad humana en la determinación del Mapa de Peligros, el presente estudio evalúa la naturaleza antrópica de estos, con el objetivo de clasificar de las zonas expuestas y la estimación de los daños que puedan producirse en función de la probabilidad o expectación de destrucción o deterioro de los elementos del sistema urbano de la ciudad de Sicuani. Desde esta perspectiva, el riesgo antrópico puede ser identificable.

Estos Peligros se caracterizan generalmente por ser de carácter sorpresivo, de evolución rápida y de relativa severidad, que se concentra durante un determinado período de tiempo y en un lugar especifico, afectando a un componente o a la totalidad del sistema territorial expuesto. Estos peligros de orden tecnológico presentes e identificados en el área de estudio (Fuente:PNUD) son:

- Incendio Forestal
- Incendio Urbano
- Contaminación Ambiental

En función al sistema de ocupación del suelo de la cuenca de la ciudad de Sicuani, áreas de cultivos y poblamiento se definen las superficies susceptibles de incendios rurales y urbanos para la valoración de los peligros antrópicos.

INCENDIO FORESTAL

Combustión natural y/o fundamentalmente inducida de vegetales naturales que luego se propaga a través del campo y que puede afectar la estructura urbana básicamente en épocas de estío (mayo – octubre). Incrementándose por la presencia de aire seco en esta temporada Este peligro se caracteriza por ser de superficie o suelos; Ocurren a ras del suelo, a una altura de más o menos 50 cm., quemando hierba, pastos, arbustos y demás vegetación que en este piso altitudinal se encuentra.

En la zona en estudio es de escasa consideración por la presencia de la napa freática a muy poca profundidad (menor a 60 cm. En algunas zonas) y fundamentalmente la falta de cobertura vegetal en las zonas altas de la ciudad.

INCENDIO URBANO

Con recurrencia en áreas de concentración de elementos flamables como mercados, expendio de gas, combustibles, que por su concentración o volumen concentrado representan un peligro. Se manifiesta mediante explosiones con la consiguiente deflagración del área trayendo como resultado el Incendio Urbano.

En la ciudad de Sicuani se presenta básicamente dos elementos de peligro de incendio urbano: El Mercado Central, por la obsolescencia y degradación de los sistemas eléctricos; y la presencia de grifos surtidores de combustibles que en un buen porcentaje son ilegales (53% sin licencia de funcionamiento, Plan Director 2000), los que ubicados en áreas de concentración humana como colegios, institutos, terminales y población representan el potencial mayor de incendio urbano.

LAS ESTACIONES DE VENTA DE COMBUSTIBLE

El auge económico de la ciudad ha determinado el incremento de la venta de combustibles y por lo tanto el de las estaciones de venta de combustibles, tanto dentro de la ciudad como en el radio urbano, aumenta las tiendas de comercialización de de gas domestico.

Son los grifos, los que por la naturaleza de los combustibles que expenden representan un factor de peligro antrópico porque en gran medida violan los reglamentos de seguridad y zonificaciones establecidas para este tipo de establecimientos. El 75% de los grifos están en zona residencial urbana o pre urbanas cuando por norma solo deben licenciar en zonas industriales y/o comerciales[1] violando incluso las áreas mínimas para estos establecimientos. Estos grifos están ubicados mayoritariamente a lo largo de las vías y calles del eje Cusco-Puno

CONSECUENCIAS PROBABLES:

De acuerdo al Reglamento de Seguridad, áreas de ocupación urbanas están expuestas a los rangos de radios de seguridad para estos establecimientos:

- Distancia Mínima de exposición de fuego abierto 50 m.
- Distancia Mínima a estaciones y S/E eléctricas 100m.
- Distancia Mínima a edificios comunitarios y/o públicos 200 m.
- Distancia Mínima a otras estaciones de servicio 1000m.

Por lo tanto la ocurrencia de un siniestro en inminente, máxime si es habitual cocinar con combustibles vegetales (leña)

Por otro lado la concentración de estos establecimientos por encima de las distancias mínimas, predispone al siniestro no solo por mala manipulación sino por la propia concentración misma.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

En consocia de la actividad económica y tecnológica humana, la que en condiciones de volumen y manipulación inadecuada, tiende a degradar el entorno urbano y habitad local. Circunstancias que representan a nivel de disposición de desechos sólidos y líquidos cuya falta de tratamiento contribuyen a prefigurar un peligro no solo urbano sino también regional.

En la ciudad de Sicuani, estos factores se encuentran presentes e inciden en como factor de peligro antrópico, ya que según el Plan Director antes indicado la ciudad produce 14 Ton/día de basura a nivel de desechos sólidos.

En relación a la disposición de los desechos líquidos consecuencia de la actividad industrial en la ciudad, aunque incipiente genera contaminación química cuya falta de tratamiento y derrame directo al río Vilcanota conduce a su degradación y por lo tanto factor de peligro en la ciudad. Auque la contaminación del río empieza nítidamente el la localidad de Maranganí, misma que afecta a toda la cabecera sur de la cuenca del río Vilcanota. En resumen las causas de la contaminación son:

- Desechos sólidos domésticos e industriales (Fabrica de Marangani).
- Desagües de aguas negras o contaminadas al río.
- La Basura.

[1] REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA ESTABLECIMIENTOS DE VENTA DE COMBUSTIBLES, DS. Nº 054-93-EM

CONTAMINACIÓN DEL RÍO VILCANOTA

Las aguas del río Vilcanota, se caracteriza por el alto contenido de materia orgánica, esto es muy importante para mejorar la textura de los suelos; sin embargo esta cualidad se ve alterada por la presencia en exceso de sales, detergentes, cloruros y otros que alteran los procesos físicos y químicos de los suelos, estos efectos causan diversos problemas de tipo erosivo en los suelos.

Por otro lado, el constante arrojo de materiales sólidos (basura y desmonte) y liquidas (desagües) al río Vilcanota, causan afecciones a la salud de la población de todo la cuenca. Casi todos los centros poblados vierten sus desagües directamente al río, dando como consecuencia la exagerada cantidad de coliformes fecales, Echerichia coli, Vibrium cholerae, salmonella y otros agentes que ponen en riesgo la salud de las personas habitantes de la cuenca sur del río Vilcanota, además de los residuos de la industria peletera cuyos desechos tóxicos son también evacuados directamente al rió. Respecto a esta dificultad, las autoridades del Ministerio de Agricultura y Salud han prohibido el uso de estas aguas en el riego de cultivos de tallo corto.

MOSAICO AEROFOTOGRÁFICO

EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

- Atenta contra la vida de plantas, animales y personas que son los elementos del ecosistema de la cuenca de la ciudad de Sicuani.
- A largo plazo, genera daños físicos e inestabilidad química en los individuos.
- Convierte en un elemento no consumible al río, fuente de agua de la cabecera sur del valle del Vilcanota.
- En los suelos contaminados no es posible la siembra y por lo tanto no sostenible el ecosistema local.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- no quemar ni talar plantas en las zonas ribereñas
- controlar el uso de fertilizantes y pesticidas en la cuenca del río

- no botar basura en las áreas ribereñas del río
- regular el servicio de aseo urbano
- crear conciencia ciudadana
- crear vías de desagües para las industrias que no lleguen al ríos utilizado para el servicio o consumo del hombre ni animales

En relación a los desechos sólidos estos se realizan con triciclos y se centralizan en los siguientes centros de acopio, los que constituyen focos de contaminación ambiental en:

- Norte : Mercado Central
- Sur : Ex Cementerio
- Este : Puente Colgante
- Oeste : Urb. Matías Velarde

El destino final de estos desechos es el botadero de Munaypata y/o en la zona de Pampansa al norte de la ciudad. Por el escurrimiento natural de este sector, humedad, nata freática y lluvias, este relleno tiende a contaminar el río Vilcanota en su parte baja y por lo tanto los centros urbanos aguas abajo.

En lo referente a los desechos líquidos que básicamente son canalizaciones, alcantarillados y el sistema de aguas servidas de la ciudad, estos también tienen destino el río Vilcanota a la altura también de Pampansa. Lo que genera contaminación ambiental en el sector y es un factor de peligro antrópico a ser tomado en cuenta para futuras habilitaciones urbanas. (Plano Nº 24).

En relación a la localización de los grifos y en aplicación a las distancias mínimas reglamentadas, se debe indicar que estos prefiguran un peligro inminente, razón por la que para el saneamiento de una CIUDAD SOSTENIBLE estos servicios deben relocalizarce para minimizar la ocurrencia de estos peligros. Estos grifos son:

Nº	GRIFO	ZONA DE OCUP
1	GRIMALDO	PRE-URBANA
2	SANTA CRUZ	PRE-URBANA
3	SAN JUAN	URBANA
4	SANTA MONICA	URBANA
5	VILCANOTA	URBANA
6	EDUARDO	URBANA
7	HNOS CORIMANYA	URBANA
8	SAN JOSE	URBANA

FUENTE: Inspección y elaboración Propia

.

4.3 MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS

4.3.1 ZONIFICACION GEOTECNICA

En base a los resultados de los trabajos de campo, resultados de laboratorio se ha desarrollado la zonificación geotécnica para el área de estudio (Sicuani-Qqehuar) para el caso de la Ciudad de Sicuani se ha identificado tres tipos de suelos los que son los mas representativos las cuales se presentan en el Planos Nº 13 y15 la que esta constituido por:

SUELO DE TIPO 1

Constituido por gravas pobremente graduadas, mezclas de grava arena poco o nada de finos con presencias de boleos sub-redondeados de 3," 4" de compacidad de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.56 kg/cm^2 a 2.60 kg/cm^2 este tipo de suelos se encuentran en ambas márgenes del Río Vilcanota.

SUELO TIPO 2

Constituido por arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de consistencia media de color marrón rojizo. Este tipo de suelos tienen una capacidad de carga admisible que varían de 1.13 kg/cm^2 a 1.31 kg/cm^2 dichos suelos se encuentran en el extremo derecho de la carretera asfaltada en dirección Cusco–Sicuani-Puno (zona desvío), en el sector de Chumo. Además, los asentamientos diferidos alcanzan valores de 6.42 cm para el centro del área cargada uniformemente y para la esquina del área cargada uniformemente 5.24cm.

SUELO DE TIPO 3

Constituido por arenas limosas, mezclas pobremente graduadas de arena-limo y gravas limosas, mezclas pobremente graduadas, de grava - arena – limo de compacidad de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.09 kg/cm^2 a 1.80 kg/cm^2 este tipo de suelos se encuentran por las zonas de Trapiche, Pampacucho.

4.3.2 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LOS SUELOS

El tipo de suelo detectado por debajo de la profundidad efectiva de las cimentaciones de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar, son básicamente suelos granulares (gravas mal graduadas, arenas limosas y gravas limosas, arcillas limosas) de granos subredondeados de compacidad relativa de suelta a media y suelo finos de consistencia media correspondiendo al perfil de tipo S3 en su comportamiento sísmico. Cabe indicar que el departamento del Cusco y la ciudad Sicuani están ubicadas en la zona 2 de Sismicidad media, factor de zona Z = 0.30 al Tipo de suelo S3 periodo predominante Ts=0.9 y un factor de suelo S = 1.4.

Para la ciudad de Sicuani en base a los datos del ensayo SPT se estableció una correlación para determinar las ondas de corte Vs y el modulo de corte G0 en base a un trabajo desarrollado por el profesor M. Maugeri profesor de geotecnia de la Universidad de Catania Italia. En la que correlacionar mediante la siguiente expresión:

$$V_s = 48\ N_{SPT}^{0.55}\ (m/s)$$
$$G_O = 4.58 N_{SPT}^{1.1}\ (MPa)$$

Con base a esta expresión se ha determinado que los valores de Vs alcanzan desde 170.31m/s hasta 328.48 m/s y un modulo de corte G0 desde 57.66 Mpa hasta 214.40 Mpa.

4.3.3 ZONAS DE PELIGROS GEOTECNICOS.

Las zonas de peligros geotécnicos para la ciudad de Sicuani se han establecido cuatro zonas (Plano Nº 22) que se describen a continuación:

Zona de Peligro Bajo.-

Son zonas donde el terreno tiene una pendiente suave sin nivel freático, la capacidad portante (carga admisible) es 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 perdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efectos sísmicos es baja y la amplificación de las ondas sísmicas es baja a media. En esta zona no ocurre fenómenos geotécnicos de gran magnitud por lo que se considera de un peligro bajo.

Zona de Peligro Medio

Son zonas 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 perdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efectos sísmicos 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 considera de un peligro medio.

Zona de Peligro Alto

Son zonas donde el terreno es de pendiente suave a fuerte sin nivel freático y cauces de ríos, cárcavas, quebradas, y áreas adyacentes donde se tiene nivel freático la capacidad portante del terreno es 1.00 kg/ cm^2, no hay variación importante de volumen por cambios en el contenido de humedades en los suelos granulares, pero en los suelos finos (MH) este efecto es moderado el suelo no es agresivo al concreto y no hay perdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efectos sísmicos es alta y la amplificación de las ondas sísmicas es alta. En esta zona ocurren fenómenos geotécnicos de media magnitud por lo que se considera peligrosa

Zona de Peligro Muy Alto

Son aquellas zonas 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 (MH) este efecto es importante, el suelo es agresivo al concreto y hay perdida de resistencia mecánica por lixiviación. En estos suelos la disminución de la capacidad portante por efectos sísmicos 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 considera altamente peligrosa.

Con base a la zonificación de peligros geotécnicos considerados en el Planos Nº 22 Y 23 se obtiene el resultado siguiente:

De acuerdo al tipo de suelo la localidad de Sicuani tiene las características siguientes:

El Suelo Tipo 1, Constituido por gravas pobremente graduadas, mezclas de grava arena poco o nada de finos con presencias de boleos sub-redondeados de 3," 4" de compacidad de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible

que varían de 1.56 kg/cm^2 a 2.60 kg/cm^2 este tipo de suelos se encuentran en ambas márgenes del Río Vilcanota, considerado como zona de Peligro Bajo.

Suelo Tipo 2, constituido por arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de consistencia media de color marrón rojizo. Este tipo de suelos tienen una capacidad de carga admisible que varían de 1.13 kg/cm^2 a 1.31 kg/cm^2 dichos suelos se encuentran en el extremo derecho de la carretera asfaltada en dirección Cusco – Sicuani-Puno (zona desvío), en el sector de Chumo. Además, los asentamientos diferidos alcanzan valores de 6.42 cm. para el centro del área cargada uniformemente y para la esquina del área cargada uniformemente 5.24 cm. Considerado como zona de Peligro Alto, por efectos de inundación y alteración de las características del subsuelo, por tratarse estas de suelos finos.

Suelo Tipo 3, constituido por arenas limosas, mezclas pobremente graduadas de arena-limo y gravas limosas, mezclas pobremente graduadas, de grava - arena – limo de compacidad de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.09 kg/cm^2 a 1.80 kg/cm^2 este tipo de suelos se encuentran por las zonas de Trapiche, Pampacucho, considerado como zona de Peligro Medio.

En la localidad de Qqehuar se presenta en el Plano Nº 23, esta constituido por el Suelo Tipo 2, caracterizado básicamente por capas de arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, de consistencia media, y arenas limosas pobremente graduadas, arenas con gravas finas de formas de partículas subredondeadas correspondiendo al perfil S3, en su comportamiento sísmico, Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.05 kg/cm^2 a 1.40 kg/cm^2, este tipo de suelos se encuentran en la localidad y su entorno de la población , considerado como zona de Peligro Medio y Alto.

4.4 MAPA DE PELIGROS HIDROLOGICO – CLIMATICO PARA LA CIUDAD DE SICUANI (PLANO Nº 24)

Como resultado final del estudio Climático, Hidrológico e Hidráulico realizado para la ciudad de Sicuani se ha elaborado un estudio analítico de identificación y de diseño de tormentas que han comprendido los siguientes estudios:

1) Estudio de Identificación de Cauces Naturales de la Ciudad de Sicuani.

2) Estudio de Identificación de Zonas con Peligros de Inundación.

3) Estudio de Identificación de Áreas de Influencia de Inundación.

4) Estudio de Peligro Climático Bajo Caudales Máximos Probables.

5) Estudio de Peligro Climático Bajo Caudales Centenarios.

6) Estudio de Peligro Climático Bajo Caudales Milenarios.

En función a los estudios hidrológico e hidráulico es que se ha desarrollado el Mapa de Peligros Climáticos bajo la ocurrencia de Caudales Máximos Probables, considerando la Generación de Caudales Máximos Probables del Río Vilcanota, Río Capillani, Río Torcoma, Río Tumapata y Cauces Naturales en la ciudad de Sicuani, para periodos de retorno de 0 hasta 50 años. (Plano Nº 24).

En síntesis se han identificado las siguientes zonas como áreas de peligros geológico-climáticos alto:

CUADRO Nº 40

ZONAS CON PELIGRO CLIMÁTICO DE LA CIUDAD DE SICUANI

NUMERO DE CLASIFICACION	ZONA
01	Trapiche
02	Ñanpolcay
03	San Francisco
04	Tiacolla
05	Melgar
06	Sutoc
07	Condorhuaraca
08	Misquies
09	Lanlacucho
10	Sacuyo
11	Kasillo
12	Pata Pata
13	Rio Torcoma
13ª	Santa Bárbara
13b	Pampaphalla
13c	Real Felipe
13d	San Felipe
13e	6 de Julio
13f	6 de Mayo
13g	Manzanares
13h	Santa Rosa
13i	Magisterial
13j	Construcción Civil
14	Rio Capillani
14ª	Comunidad De Chumo Uraypampa
14b	Centenario
14c	Primero de Mayo
14d	Tahuantinsuyo
14e	José Galvez
14f	San Isidro
14g	Manuel Prado
14h	Bellavista
14i	Techo Obrero
14k	Santa Isabel
14l	San Martín
14m	Manuel Prado
14m	Pampilla
14n	La Perla
14º	Vilcanota
14p	Ministerio de agricultura
14q	Altiplano
14r	Micaela Bastidas
15	Canal Irrigación Hercca
16	Cementerio
17	Casuarinas Sur
18	San Andres
19	Rio Hercca
20	Rio Vilcanota Alto
21	Rio Vilcanota
22	Rio Tumapata
22ª	Ind. Luz
22b	Finlandia
22c	Casuarinas Norte
22d	Santa Sofía
22e	Warari
22f	Panamericana Norte
22g	Cruz Cunca
22h	Juan Velazco Alvarado

4.4.1 Mapa de Proyectos de Mitigación para la Ciudad de Sicuani (Plano Nº 28)

Como resultado final del estudio Climático, Hidrológico e Hidráulico, realizado para la Comunidad de Qqehuar se ha elaborado un análisis de identificación y riesgos, que han contemplado los siguientes estudios:

1) Estudio de Zonas con Peligros de Inundación.

2) Estudio de Identificación de Áreas de Influencia de Inundación.

3) Estudio de Peligros Climáticos Bajo Caudales Máximos Probables.

4) Estudio de Peligros Climáticos Bajo Caudales Centenarios.

5) Estudio de Peligros Climáticos Bajo Caudales Milenarios.

Geológicamente la Comunidad de Qqehuar se desarrolla en un Cono Aluvial, desarrollándose el 100 % de la comunidad en la zona de desfogue del cauce principal de la cuenca.

La comunidad se ubica en una zona con pendiente suave a moderada, por lo que el primer estudio ha sido el de Identificación de las zonas principales en peligro por inundación, habiéndose identificado cinco zonas principales con peligro de inundación:

1) Carretera a Ccanccahua.

2) Comunidad de Qqehuar

3) Defensa Ribereña del Río Qqehuar

4) Puente Panamericana

5) Puente Ccocha Pata Kcucho

6) Carretera Panamericana

7) Vía Férrea

En base a los estudios de Generación de Caudales Máximos es que se han desarrollado el mapa, considerando la Generación de Caudales Máximos Probables del Río Vilcanota y Río Qqehuar en la Comunidad de Qqehuar, para periodos de retorno de 0 hasta 50 años.

La ocurrencia conjunta de estos fenómenos naturales, ha sido tomada en cuenta en función a que la influencia mayor sobre la Comunidad de Qqehuar es básicamente por la ocurrencia de los Caudales Máximos Extraordinarios del Río Qqehuar.

La influencia de un fenómeno conjunto con el Río Vilcanota en similares características de ocurrencia sería menor sobre la Comunidad de Qqehuar, por lo que se ha considerado la ocurrencia de éstos fenómenos de manera conjunta.

El área de influencia del Río Vilcanota a la ocurrencia de estos fenómenos extraordinarios sería de Mediano Riesgo por cuanto el cauce natural del río presenta un margen bastante

extenso, área que asimilaría los desbordes extraordinarios, con consecuencias básicamente para el pastoreo de ganado, que sin embargo afectaría a la carretera Panamericana y la Vía Férrea.

4,5. EVALUACION Y SINTESIS DEL MAPA DE PELIGROS.

Considerando la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos de manera simultanea desde un punto de vista del área geológico, geológico climático, antrópìco, geotécnico, e hidrológico en las áreas de estudio de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar que ha permitido elaborar la síntesis del mapa de peligros de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qqehuar, los que se demuestra en los Planos Nº 26 y 27, LOS CUALES SE DIVIDEN EN CUATRO SECTORES de acuerdo a la evaluación de peligros, que se describen a continuación:

Peligro bajo

Las características de esta zona de peligro son las precipitaciones intensas que solo producen repentinas inundaciones superficiales , en grado leve, poco frecuentes y de corta duración en puntos críticos, los sedimentos se transportan de manera leve, no presentándose peligros asociados a los fenómenos de origen geotécnico debido a que la capacidad portante es alta (> 3.0 kg/ cm^2). Asimismo no ocurren fenómenos geológicos, climáticos debido a la amplificación sísmica local considerado como peligro bajo. En estas zonas se recomienda el uso urbano de alta densidad, como la ubicación de edificios indispensables tales como construcciones de instituciones públicas y privadas.

Peligro medio.

Las características de esta zona de peligro son las precipitaciones intensas que producen repentinas inundaciones superficiales a medias y de corta duración en zonas críticas, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentinos y moderados, flujo de lodo, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidad de formación de surcos y cárcavas en diversos puntos de la zona. La capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.00kg/cm2 a 1.50kg/cm^2 y la amplificación de las ondas sísmicas es media, debido a ello, se le considera de un peligro medio. En esta zona se recomienda el uso urbano de media a alta densidad, incluida la investigación geotécnica del área de estudio.

Peligro alto.

Las características de esta zona de peligro las precipitaciones intensas repentinas se producen inundaciones medias repentinas y de corta duración en puntos críticos, que producen flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentinos de moderado a intenso, flujo de lodo, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión, leve y formación de cárcavas en diversos puntos de la zona. Se dan problemas de derrumbes, agrietamientos, deslizamientos de suelos y desprendimientos de rocas por acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de 1.00kg/cm^2, existe variación de volumen del suelo por cambios en su contenido de humedad y la amplificación de las ondas sísmicas es alta, debido a ello se le considera Zona Peligrosa. En esta zona se recomienda el uso urbano de baja densidad, considerando previamente estudios realizados por especialistas con experiencia para evaluar el grado de peligro.

Peligro muy alto.

Las características de esta zona de peligro las precipitaciones intensas se producen inundaciones medias a profundas repentinas, frecuentes y de corta duración, flujo de escorrentía y transporte de sedimentos repentino e intenso, frecuentes flujos de lodo, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión y formación de cárcavas en diversos puntos de la zona. Se dan intensos problemas de derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en épocas de lluvia y desprendimientos de rocas y derrumbes de suelos por acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es menor a 1.00kg/cm^2, y la amplificación de las ondas sísmicas es muy alta, debido a ello, se le considera Zona de Peligro muy Alto. En esta zona no se permite el uso para fines urbanos. Se recomienda su uso como reservas ecológicas, recreación abierta o como fines agrícolas.

De acuerdo a la zonificación de la síntesis del mapa de peligros presentado en el Plano Nº 26 y 27 se considera lo siguiente:

En base a la síntesis de zonificación del mapa de peligros (Plano 26 y 27), de la ciudad de Sicuani y localidad de Qqehuar, se describe a continuación:

Zona de Sicuani, se presenta en el Plano Nº 26.

En las zonas de la ciudad de Sicuani, considerando la expansión urbanística, la mayoría de las zonas se encuentran en peligro de los fenómenos de inundación, sin embargo cabe detallar, que la quebrada de Sutoq , quebrada Condorhuaracca y la quebrada de K´asilla, se encuentra en peligro de deslizamientos de suelos, inundación y erosión; el río Vilcanota, se encuentra en peligro de inundación y erosión en la parte alta y sedimentación en la parte baja; la quebrada de Trapiche, se encuentra en peligro de ocasionar inundación y huaycos, por estas características se encuentra en una zona de peligro medio (Tipo II)

Asimismo la quebrada de Melgar, se encuentra en peligro de inundación, deslizamiento de suelos y rocas, la quebrada Misquiri y la quebrada de de Sacuyoc, tiene problemas de erosiones, deslizamiento de rocas y suelos, erosión e inundación.

Las zonas de Alto Rosaspata –Calvario, se encuentra en peligro de derrumbe de rocas, por estas características de mayor peligro, se encuentra considerada como zona de peligro alto (Tipo III).

La quebrada Tiacolla, se encuentra en peligro de deslizamiento de suelos y rocas y ocasionar inundación, por estas características de mayor peligro se encuentra considerado como zona de peligro muy alto (Tipo IV).

La zona de Carcoma – Circunvalación y la zona de Tintaya, se encuentra considerado como zona de peligro bajo (Tipo I).

Localidad de Qqehuar, se presenta en el Plano Nº 27.

La zona de Qqehuar, se encuentra en peligro de deslizamiento de rocas y suelos, erosión, inundación, huaycos, tiene nivel freático alto, por tales características se encuentra considerado como zona de peligro muy alto (Tipo IV).

4.5.1 Proyectos de Mitigación de los Peligros Climáticos para la Ciudad de Sicuani

Los proyectos de mitigación que se plantean en el presente estudio son el resultado inmediato al análisis climático, hidrológico e hidráulico, desarrollado en la ciudad de Sicuani, con la finalidad de solucionar a corto, mediano y largo plazo los problemas generados por los efectos de fenómenos de origen Climático como son en este caso específico la erosión, sedimentación e inundaciones de los cauces naturales de las zonas en estudio.

Se ha desarrollado para la ciudad de Sicuani propuestas de Proyectos a Corto, Mediano y Largo plazo donde se han elaborado propuestas de Proyectos de Mitigación de Erosión e Inundaciones, los que se desarrollan en general para las diferentes fases que se puedan considerar y que se han identificado en función a su extensión.

A continuación se describen los proyectos de Mitigación de los Peligros Climáticos que se proponen a corto, mediano y largo alcance para la ciudad de Sicuani.

4.5.1.1 Proyectos de Mitigación a Corto Plazo para la ciudad de Sicuani

Para la ciudad de Sicuani se plantean los siguientes proyectos:

1) Evaluación Hidráulica del Puente “Nuevo”

2) Reubicación de los Reservorios de Sutoq y A. Vigil, fuera del área de influencia de los cauces naturales.

3) Reubicación del Horno de Tejas y Ladrillos asentado en el encuentro de dos cauces en la parte superior de la urbanización San Andrés.

4) Construcción de canales matrices de drenaje pluvial desde los cauces principales hacia el río Vilcanota en las zonas identificadas en los mapas de peligros.

5) Construcción de Canalizaciones para los ríos Capillani, Torcoma y Tumapata en las zonas urbanas que atraviesan estos cauces en la ciudad de Sicuani.

6) Limpieza y Nivelación del lecho del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani.

7) Reforzamiento de los muros de encauzamiento fallados con enrocado grande.

8) Elaboración de un Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable, Alcantarillado y Drenaje Pluvial para la ciudad de Sicuani que debe desarrollar los siguientes proyectos:

a) Proyecto de Abastecimiento de Agua Potable para la ciudad de Sicuani, que contemplaría los siguientes sistemas:

- Sistema de Captación

- Sistema de Conducción

-Sistema de Tratamiento de Aguas Naturales

- Sistema de Almacenamiento y Regulación

- Sistema de Distribución de Agua Potable

b) Proyecto de Aguas Servidas para la ciudad de Sicuani, que contemplaría los siguientes sistemas:

- Sistema de Alcantarillado (Sistema de Recolección de Aguas Servidas)

- Sistema Matriz de Recolección de Aguas Servidas

- Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas (ubicándola en los terrenos de propiedad de la Comunidad Pampa Ansa)

c) Proyecto de Drenaje Pluvial para la ciudad de Sicuani, que debe definirse como sistema separativo al de alcantarillado y que contemplaría los siguientes sistemas:

- Sistema de Recolección de Aguas Pluviales

- Sistema Matriz de Drenaje Pluvial

d) Elaboración de un proyecto integral de encauzamiento del río Vilcanota en la ciudad de Sicuani, contemplando su inicio en el puente Hercca y culminando en el puente panamericana.

10) Elaboración de un Plan Maestro de Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos que debe desarrollar los siguientes proyectos:

a) Proyecto del Sistema de Recolección de Desechos Sólidos

b) Proyecto del Relleno Sanitario.

11) Elaboración de un plan maestro de reforestación del micro cuencas de la ciudad de Sicuani.

4.5.1.2 Proyectos de Mitigación a Mediano Plazo para la ciudad de Sicuani

Para la ciudad de Sicuani se plantean los siguientes Proyectos a Mediano Plazo:

1) Construcción del plan maestro de abastecimiento de agua potable en cinco etapas:

a) Construcción del Sistema de Captación

b) Construcción del Sistema de Conducción

c) Construcción del Sistema de Tratamiento de Aguas Naturales

d) Construcción del Sistema de Almacenamiento y Regulación

e) Construcción del Sistema de Distribución de Agua Potable

2) Construcción del Plan Maestro de Aguas Servidas en tres etapas:

a) Construcción del Sistema de Recolección de Aguas Servidas

b) Construcción del Sistema Matriz de Interceptores de Aguas Servidas

c) Construcción de la Planta de Tratamiento de Tratamiento de Aguas Servidas.

3) Construcción del plan maestro de drenaje pluvial para la ciudad de Sicuani, que debe definirse como sistema separativo al de alcantarillado en dos sistemas

a) Construcción del Sistema de Recolección de Aguas Pluviales

b) Construcción del Sistema Matriz de Drenaje Pluvial

4) Construcción Integral del Encauzamiento del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani, contemplando su inicio en el Puente Hercca y culminando en el Puente Panamericana.

5) Construcción del plan maestro de recolección y tratamiento de desechos sólidos en dos fases:

a) Construcción del Sistema de Recolección

b) Construcción del Relleno Sanitario.

6) Reforestación de las micro cuencas de la ciudad de Sicuani.

4.5.1.3 Proyectos de Mitigación a Largo Plazo para la ciudad de Sicuani

De contarse con financiamiento externo que pueda asumir la construcción de Proyectos Integrales, se recomienda la Construcción Integral de los siguientes proyectos:

1) Construcción del Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable.

2) Construcción del Plan Maestro de Alcantarillado

3) Construcción del Plan Maestro de Drenaje Pluvial.

4) Construcción del Plan Maestro de Aguas Servidas.

5) Construcción del Proyecto Integral de Encauzamiento del Río Vilcanota en la ciudad de Sicuani.

6) Construcción del Plan Maestro de Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos

7) Construcción del Plan Maestro de Reforestación de las micro cuencas de la ciudad de Sicuani.

4.5.2 Proyectos de Mitigación de Peligros Climáticos para la Comunidad de Qqehuar

Los proyectos de mitigación que se plantean en el presente estudio son el resultado inmediato al análisis climático, hidrológico e hidráulico desarrollados en la Comunidad de Qqehuar, con la finalidad de solucionar a corto, mediano y largo plazo los problemas generados por los efectos de fenómenos de origen climático como son en este caso específico la erosión, sedimentación e inundaciones de los cauces naturales de las zonas en estudio.

En base a los Proyectos Propuestos para la comunidad de Qqehuar es que se ha elaborado un Estudio de Mitigación de los Peligros Climáticos, el que se desarrolla en general para las diferentes fases de los proyectos que se puedan considerar y que se han identificado en función a su extensión.

A continuación se describen los proyectos de Mitigación de los Peligros Climáticos que se proponen a corto, mediano y largo alcance para la Comunidad de Qqehuar.

4.5.2.1 Proyectos de Mitigación a Corto Plazo para la Comunidad de Qqehuar

Para la Comunidad de Qqehuar se plantean los siguientes Proyectos a Corto Plazo:

1) Evaluación Hidráulica del Puente sobre la carretera Panamericana

2) Evaluación Hidráulica del Puente Cocha Pata Kcucho

3) Construcción de un Canal Matriz de Drenaje Pluvial de la comunidad de Qqehuar hacia el Río Vilcanota.

4) Reforzamiento de las defensas ribereñas del río Qqehuar con enrocado grande.

5) Elaboración de un plan maestro de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial para la comunidad de Qqehuar que debe desarrollar los siguientes proyectos:

a) Proyecto de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Qqehuar, que debe contemplar los siguientes sistemas:

   - Sistema de Captación

   - Sistema de Conducción

   -Sistema de Tratamiento de Aguas Naturales

   - Sistema de Almacenamiento y Regulación

   - Sistema de Distribución de Agua Potable

b) Proyecto de alcantarillado para la comunidad de Qqehuar, que debe contemplar los siguientes sistemas:

   - Sistema de Alcantarillado (Sistema de Recolección de Aguas Servidas)

   - Sistema Matriz de Recolección de Aguas Servidas

   - Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas

c) Proyecto de drenaje pluvial para la comunidad de Qqehuar, que debe definirse como sistema separativo al de alcantarillado y que contemplaría los siguientes sistemas:

- Sistema de Recolección de Aguas Pluviales

-Sistema Matriz de Drenaje Pluvial

6) Elaboración de un proyecto integral de encauzamiento del río Qqehuar en la comunidad de Qqehuar, contemplando su inicio en el puente Ccocha pata Kcuchi y culminando en el río Vilcanota.

7) Elaboración de un plan maestro de recolección y tratamiento de desechos sólidos que debe desarrollar los siguientes proyectos:

a) Proyecto del Sistema de Recolección de desechos Sólidos

b) Proyecto del Relleno Sanitario.

8) Elaboración de un plan maestro de tratamiento y manejo integral de la cuenca de Qqehuar que debe desarrollar los siguientes proyectos:

a) Proyecto de Estabilización de Taludes de la Micro cuenca de Sucho

b) Proyecto de Estabilización de Taludes de la Micro cuenca de Ccanccahua

c) Proyecto de Estabilización de Taludes de la Cuenca de Qqehuar

d) Proyecto de Control de Erosión y Sedimentación del Cauce Principal del Río Qqehuar

e) Proyecto de Manejo Forestal de la Micro cuenca de Ccanccahua

f) Proyecto de Manejo Forestal de la Micro cuenca de Sucho

g) Proyecto de Manejo Forestal de la Cuenca de Qqehuar

h) Elaboración de un Proyecto de Encauzamiento del Río Vilcanota en la zona de la Comunidad de Qqehuar.

4.5.2.2 Proyectos de Mitigación a Mediano Plazo para la Comunidad de Qqehuar

Para la Comunidad de Qqehuar se plantean los siguientes Proyectos a Mediano Plazo:

1) Construcción del Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable en cinco etapas:

a) Construcción del Sistema de Captación

b) Construcción del Sistema de Conducción

c) Construcción del Sistema de Tratamiento de Aguas Naturales

d) Construcción del Sistema de Almacenamiento y Regulación

e) Construcción del Sistema de Distribución de Agua Potable

2) Construcción del plan maestro de aguas servidas en tres etapas:

a) Construcción del Sistema de Recolección de Aguas Servidas

b) Construcción del Sistema Matriz de Interceptores de Aguas Servidas

c) Construcción de la Planta de Tratamiento de Tratamiento de Aguas Servidas.

3) Construcción del plan maestro de drenaje pluvial para la comunidad de Qqehuar, que debe definirse como sistema separativo al de alcantarillado en dos sistemas:

a) Construcción del Sistema de Recolección de Aguas Pluviales

b) Construcción del Sistema Matriz de Drenaje Pluvial

4) Construcción integral del proyecto integral de encauzamiento del río Qqehuar en la comunidad de Qqehuar, contemplando su inicio en el puente Ccocha pata kcuchi y culminando en el río Vilcanota.

5) Construcción del plan maestro de recolección y tratamiento de desechos sólidos en dos sistemas:

a) Construcción del Sistema de Recolección

b) Construcción del Relleno Sanitario.

6) Construcción del plan maestro de tratamiento y manejo integral de la cuenca de Qqehuar en siete fases:

a) Construcción de Sistemas de Estabilización de Taludes en la Micro cuenca de Sucho

b) Construcción de Sistemas de Estabilización de Taludes de la Micro cuenca de Ccanccahua

c) Construcción de Sistemas de Estabilización de Taludes de la Cuenca de Qqehuar

d) Construcción de Sistemas de Control de Erosión y Sedimentación del Cauce Principal del Río Qqehuar

e) Ejecución del Proyecto de Manejo Forestal de la Micro cuenca de Ccanccahua

f) Ejecución del Manejo Forestal de la Micro cuenca de Sucho

g) Ejecución del Manejo Forestal de la Cuenca de Qqehuar

7) Construcción de un sistema de defensa ribereña en la margen derecha del río Vilcanota en la zona de la comunidad de Querrá.

4.5.2.3 Proyectos de Mitigación a Largo Plazo para la Comunidad de Qqehuar

De contarse con financiamiento externo que pueda asumir la construcción de Proyectos Integrales, se recomienda la Construcción Integral de estos de manera conjunta, que son considerados proyectos a largo plazo y que son:

1) Construcción del Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable.

2) Construcción del Plan Maestro de Alcantarillado

3) Construcción del Plan Maestro de Drenaje Pluvial.

4) Construcción del Plan Maestro de Aguas Servidas.

5) Construcción del proyecto integral de encauzamiento del Río Qqehuar en la comunidad de Qqehuar.

6) Construcción del Plan Maestro de Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos

7) Construcción del Plan Maestro de Tratamiento y Manejo Integral de la Cuenca de Qqehuar.

8) Construcción del Proyecto de Encauzamiento del Río Vilcanota en la zona de Comunidad de Qqehuar.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio se ha llegado a las conclusiones siguientes:

- La zona presenta dos unidades geomofológicas dominantes muy marcadas, la primera es de una planicie desde aluvial a tipo lacustre muy plana que constituye las áreas inundables por su baja pendiente y la otra son montañas que limitan por el norte y sur de la cuenca, entre estas cadena de montañas se encuentra el valle del Vilcanota.
- Las características del valle de Sicuani muestra que se halla en una zona geomorfogenéticamente "madura" con valles más o menos anchos y planos rodeado de montañas medianamente altos, algunos geodinámicamente mas activos que otros, como el caso de Sutoq, K'asillo, por que en su cuenca presentan rocas erosionables muy fracturados y/o foliados, como las lutitas, esquistos, pizarras, susceptibles a la erosión.

- Entre los fenómenos geodinámicos externos más dominantes en la zona las que se presentan con mayor frecuencia son las inundaciones y muy esporádicamente los aluviones, cuyo origen es el transporte de sólidos de las quebradas altas producto del deslizamiento de taludes y erosión de suelos en algunas cuencas más dinámicas como: Melgar, Tiacolla, Condorhuaraca, Sutoq, K'asillo, Sacuyo, Trapiche y Qquehuar.

- El río Vilcanota dado su gran área tributaria ante las máximas avenidas, ocasiona problemas de socavación en los puntos de cambio dirección y flujo cauce de río y también aguas abajo posterior al puente Camello por perdida de energía el río produciendo sedimentación la que colmata el cauce. Esto origina los desbordes y las inundaciones de zonas urbanas y campos agrícolas en Construcción Civil, Matías Velarde, L. B. Gonzáles Trab. Ministerio de Agricultura, Andrés Avelino Cáceres y al sector Uraypamapa.

- En la micro cuenca de Qquehuar es especialmente dinámica por tener la presencia de micro cuencas activas como; Suchoq, Quishuari y Canccahua, en la que se produce anualmente deslizamientos en las partes altas, aluviones en el pie del abanico aluvial y en el río Qquehuar sedimentación, produciendo aguas abajo inundación de manera muy frecuente. La zona requiere atención inmediata.

- En los últimos 10 años viene soportando un proceso de intervención acelerado, como consecuencia del asfaltado de la carretera Cusco-Puno, el que se a transformado en un eje turístico - comercial y de flujo económico concentrado, en el que la ciudad de Sicuani ocupa el punto medio; motivo por el cual viene soportando constantes transformaciones, no solo en la forma de ocupación del territorio, sino y fundamentalmente en la forma en que se utiliza el suelo urbano.

- En concordancia a la alta actividad económica y de ocupación que caracteriza a la ciudad, se están presentando peligros tanto naturales como antrópicos, los que están registrados y evaluados en este estudio. Estas amenazas naturales e inducidas producen impactos negativos en su desarrollo económico y social, que exponen a peligro a la población frente a eventos físico-naturales tanto como antrópicos.

- En relación a la cartografía básica, cuenta con la información grafica y cartográfica de la ciudad de Sicuani en su totalidad, tanto para la comunidad de Qquehuar, así como para la información local y regional, información sistematizada y georeferenciada.

- De la evaluación de peligros antrópicos, el registro gráfico de estas incidencias que exponen a peligro a la población urbana de la ciudad frente a eventos

tecnológicos y/o de actividad humana; permite la zonificación mediante un Mapa de Peligros de las áreas expuestas a peligro y aquellas que son susceptibles de ocupación en la ciudad y su entorno inmediato. Así, la interacción de estos peligros con los de geodinámica interna y externa permiten prefigurar el nivel de compromiso o de seguridad de la estructura urbana de la cuidad de Sicuani.

- El mapa de Peligros Antrópicos demuestra no solo los peligros a los que la ciudad de Sicuani esta expuesta sino también sus potencialidades, , que deben ser tomadas en cuenta para la formulación de los planes de emergencias y de desarrollo. Con el propósito de ser el documento base para el diseño de medidas de prevención en dicha ciudad y su entorno inmediato.

- Las características del sub suelo en la ciudad de Sicuani están definidas por tres tipos de suelos (1, 2 y 3)

- Suelo tipo 1: constituidos por gravas pobremente graduadas, mezclas de grava arena poco o nada de finos con presencias de boleos sub-redondeados de 3," 4" de diámetro de compacidad que varia de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.56 kg/cm2 a 2.60 kg/cm2 este tipo de suelos se encuentran en ambas márgenes del Río Vilcanota, correspondiéndole al perfil de tipo S3, en su comportamiento sísmico.

- Suelo tipo 2: Constituido por arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de consistencia media de color marrón rojizo. Este tipo de suelos tienen una capacidad de carga admisible que varían de 1.13 kg/cm2 a 1.31 kg/cm2 dichos suelos se encuentran en el extremo derecho de la carretera asfaltada en dirección Cusco–Sicuani-Puno (zona desvío), en el sector de Chumo. Además los asentamientos diferidos alcanzan valores de 6.42 cm para el centro del área cargada uniformemente y para la esquina del área cargada uniformemente 5.24cm., correspondiéndole al perfil de tipo S3, en su comportamiento sísmico.

- Suelo tipo 3: Constituido por arenas limosas, mezclas pobremente graduadas de arena-limo y gravas limosas, mezclas pobremente graduadas, de grava arena – limo de compacidad de suelta a media. Considerado este tipo de suelos con una capacidad de carga admisible que varían de 1.09 kg/cm2 a 1.80 kg/cm2 este tipo de suelos se encuentran por las zonas de Trapiche, Pampacucho, correspondiéndole al perfil de tipo S3, en su comportamiento sísmico.

- El nivel de agua freática NAF en la ciudad de Sicuani, se detectaron en el PCA-3 en la zona de Trapiche a una profundidad de 2.00m en el PCA-10 se detecto a 3.00m (barrio Janacpampa) en el resto de los pozos no se detectaron el NAF al momento de realizar el estudio.

- El tipo de suelo en la localidad de Qqehuar esta constituido básicamente por capas de arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad de consistencia media y arenas limosas pobremente graduadas, arenas con gravas finas de formas de partículas subredondeadas, correspondiéndole al perfil de tipo S3, en su comportamiento sísmico.

- La posición del nivel de agua freática en la localidad de Qqehuar NAF, dentro de las profundidades que se estudiaron se detectaron en el PCA-1 al PCA-5 en profundidades comprendidas de 0.8m a 1.50m.

- De los sondeos con cono de Peck (SC-1 a SC5), en la ciudad de Sicuani se observan que existe una variación en relación al numero de golpes/30cm, cuyos valores varían de 7 para una profundidad de –1.50m y para 33 golpes para una profundidad de -11.15m para suelos de gravas pobremente graduadas en la que presenta una compacidad relativa de suelta a media.

- En el sondeo (SC-6) sector de Chumo el numero de golpes /30cm varían 5 a 10 para una cota de –0.90m y -4.80m en base a este numero de golpes se puede inferir que el subsuelo se tratan de suelos finos cuya consistencia varia de media a compacta.

- En la localidad de Qqehuar los sondeos (SC-1 a SC-4) presentan una variación en relación al numero de golpes/30cm, cuyos valores varían de 2 golpes para una profundidad de –0.30m y para 28 golpes para una profundidad de –3.10m. Tomando en cuenta que los estratos comprendidos entre dichas profundidades se trata de arenas limosas de compacidad relativa de suelta a media.

- La capacidad de carga admisible para el tipo de suelo 1 varían de 1.23 kg/cm2 a 2.60 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m

- La capacidad de carga admisible para el tipo de suelo 2 varían de 1.13 kg/cm2 a 1.31 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m

- La capacidad de carga admisible para el tipo de suelo 3 varían de 1.09kg/cm2 a 1.80 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m

- En Qqehuar la capacidad de carga admisible para el tipo de suelo varían de 1.05kg/cm2 a 1.40 kg/cm2 para profundidades que varían de 1.20 m a 2.00m y un ancho de cimentación (zapata) mínimo de 1.50m

- El asentamientos inmediato para la ciudad de Sicuani considerando el esfuerzo critico (capacidad de carga admisible) y considerando el factor de influencia de deformación alcanza un valor de 39.27 mm (hoja de calculo).

- El asentamiento inmediato para la localidad de Qqehuar considerando el esfuerzo critico (capacidad de carga admisible) y considerando el factor de influencia de deformación alcanza un valor de 24.89 mm (hoja de calculo).

- El asentamiento diferido para la Ciudad de Sicuani – sector Chumo considerando el esfuerzo crítico (capacidad de carga admisible). El valor del asentamiento para el centro del área cargada uniformemente alcanza un valor de 6.42 cm y para la esquina del área cargada uniformemente alcanza un valor de 5.24 cm.

- En relación a las características geotécnicas para el tipo de suelo 1, el peligro que se puede tener es en relación ante una eventualidad de sismo dada que estas generarían una densificación ocasionando asentamientos.

- En relación al peligro geotécnico (tipo de suelo 2) en la ciudad de Sicuani se puede determinar que el sector de Trapiche y Chumo, cuando el material de estos llegue a saturarse pueden generarse asentamientos de consideración (tomando en cuanta que gran porcentaje son viviendas construidas a base de adobe).

- En relación al peligro geotécnico (tipo de suelo 3) en la ciudad de Sicuani se puede determinar que el sector de (Pampacucho), es cuando el material de estos llegue a saturarse por efectos de inundación pueden generarse asentamientos de consideración (tomando en cuenta que gran porcentaje son viviendas de adobe).

- En la localidad de Qqehuar en relación a las características geotécnicas el peligro que corre es debido a la elevación del nivel del río Qqehuar estas se transmiten hacia los terrenos de cimentación las cuales se ven afectado por la presencia de estos niveles ocasionando disminución de su capacidad de carga admisible.

- Las viviendas de la localidad de Qqehuar el 100% de son de material de adobe una causa de inundación daría lugar a que el material de la cimentación se sature y las viviendas lleguen a colapsar.

- En el departamento del Cusco y la ciudad de Sicuani están ubicadas en la zona 2 de Sismicidad media, factor de zona Z = 0.30 al Tipo de suelo S3 periodo predominante Ts = 0.9 y un factor de suelo S = 1.4

- Para determinar las ondas de corte Vs y el modulo de corte G0 en base a los ensayos de penetración estándar y tomando como criterio los trabajos desarrollados por M. Maugeri profesor de geotecnia de la Universidad de Catania Italia, se ha determinado que los valores de Vs alcanzan desde 170.31m/s hasta 328.48 m/s y un modulo de corte G0 desde 57.66 Mpa hasta 214.40 Mpa.

- El Área de la cuenca del río Vilcanota es de 1,116.15 KM2, y se encuentra delimitada en dos cuencas básicas de aporte, las cuales son: Vilcanota Alto y Hercca. La Altura Media del cauce principal es del 2.04%. La Longitud del cauce principal es de 37 kilómetros. La Cota más alta del cauce principal de la Cuenca del Río Vilcanota es de 4,326 m.s.n.m. y la Cota más baja es de 3,570 m.s.n.m., que son las que corresponden a la cuenca del Río Vilcanota Alto.

- La Climatología de la cuenca del Vilcanota, base treinta y dos estaciones hidrometeorológicas de la región, regionalizando las Precipitaciones estableciéndose como las influyentes en la cuenca las estaciones con más registros de información, se ha elaborado un modelo hidrológico, que proporciona los caudales medios mensuales para 22 años base, a partir de los cuales se han generado Caudales Máximos para cada una de las dos cuencas para Periodos Extendidos de 1.01 hasta 10,000 años, observándose los siguientes resultados.

- El Cauce del río Vilcanota es aluvial, presenta un Caudal Medio de 13.476 m3 / seg, un Caudal Mínimo Promedio de 8,868 m3 / seg. El Caudal Mínimo para 10,000 años es de 0.377 m3/seg. El Caudal Máximo Promedio es de 16.358 m3 / seg. El Caudal Máximo para 10,000 años es de 1,070.60 m3/seg.

- El arrastre de sedimentos del río Vilcanota, en base al Modelo Hidráulico de Zanke, estimándose una cantidad promedio de 333,821.16 toneladas de material sólido por año.

- Se ha desarrollado el Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para las doce Micro cuencas de la ciudad de Sicuani, utilizando el Modelo Hidrológico Sistematizado de Parámetros Naturales S.I.P.A.N., generándose caudales máximos para diferentes periodos de retorno (T = 0 hasta 10,000 años).

- Se ha determinado el Dimensionamiento Hidráulico de los Caudales Aluviales para la ciudad de Sicuani, analizándose los tirantes de inundación.

- Se ha realizado el Diseño Hidráulico de la Cuenca de Capillani, usándose el Modelo Hidrológico de S.I.P.A.N., en base a este estudio se ha desarrollado el estudio de Generación de Caudales, analizándose las zonas urbanas con riesgo de inundación por el incremento máximo de las aguas del río Capillani.

- En relación al Diseño Hidráulico de Peligros de Inundación para la Comunidad de Qqehuar, en base al modelo hidrológico S.I.P.A.N., es que se han generado los caudales máximos del río Qqehuar para Periodos de Retorno de 0 a 10,000 años, se ha calculado el transporte de material sólido y realizado el Dimensionamiento Hidráulico de la Sección de Inundación, analizándose los tirantes de inundación.

- Se han elaborado Seis Mapas de Peligros Climáticos para la ciudad de Sicuani, Cinco Mapas de Peligros Climáticos para la Localidad de Qqehuar, Un Mapa de Proyectos de Mitigación de Peligros Climáticos para la ciudad de Sicuani y Un Mapa de Proyectos de Mitigación de Peligros Climáticos para la Comunidad de Qqehuar.

- Es necesario establecer un programa de sistemas de evacuación de aguas pluviales en la mayoría de las quebradas de la margen derecha de Sicuani, pero con prioridad en; Tiacolla, Melgar, Condorhuaraca, Sacuyo, Lanlacucho, K'asillo y Qquehuar, haciendo la entrega del canal hasta el río Vilcanota.

- Continuar con la construcción de sistemas de tratamiento de cauce y tratamiento de laderas de manera que se pueda evitar la profundización de las quebradas reduciendo el colapso de los taludes y erosión de suelos de ladera en las micro cuencas más dinámicas.

- En la cuenca Qquehuar, establecer un sistema de Tratamiento y estabilización de laderas, de manera que pueda disminuir la actividad geodinámica de esta ladera que genera sedimentos todos los años.

- En relación a la cartografía de la zona el presente estudio alcanza los mapas digitalizados y georefenciados, recomienda que la base para la obtención de la cartografía completa de la Región. Esta información no fue de fácil acceso y su elaboración y consolidación en un documento público es de vital importancia.

- Se recomienda la formación de un centro de documentación cartográfica y catastral de la Región con base en el INDECI – Cusco.

- La razón principal de este análisis es lograr la sensibilización y la toma de conciencia de la gravedad del peligro antrópico por parte de la opinión publica así como de las autoridades. Así se debe considerado como objetivo estratégico la recuperación del río Vilcanota y la preservación de las áreas ribereñas para la vida y mejoramiento ecológico de la ciudad de Sicuani y su entorno.

- Los centros urbanos regionales que desarrollen sus planes directores deben tomar en cuenta el estudio de peligros de estos, plantear sus propias potencialidades urbanas.

- En el caso de la Ciudad de Sicuani, se recomienda realizar un nuevo Plan Director de Desarrollo Urbano que incorpore los alcances realizados en el presente estudio

- El Área de la cuenca del río Capillani en la ciudad de Sicuani desde su nacimiento hasta la ciudad de Sicuani de 42 KM2. (Tres veces más grande que la cuenca de Qqehuar)

- La Longitud del cauce principal es de 14 kilómetros (longitud relativamente corta).

- La Pendiente Media del Río Capillani es de 4.64 % (Pendiente Muy Fuerte), la que implica una alta zona de velocidad y transporte de material sólido masivo muy rápido, la Pendiente baja del Río Capillani en la ciudad de Sicuani es de 0.11%, indica claramente una zona de deposición de material sólido (sedimentación).

- La Cota más alta del cauce principal de la Cuenca del Río Capillani es de 4,200 m.s.n.m., la Cota más baja es de 3,550 m.s.n.m.

- El cauce del río Capillani es aluvial, además de ser una cuenca de forma rectangular.

- El Caudal Medio Mensual del Río Capillani es de 352.4336 litros / seg.

- El Caudal Mínimo Promedio Mensual es de 55.1179 litros / seg. y el Caudal Máximo Promedio Mensual es de 824.2362 m3 / seg.

- El Caudal Máximo Probable Anual es de 4.9329 m3 / seg. Y el Caudal Máximo para 10,000 años es de 22.1936 m3/seg.

- El Clima de la Cuenca del Río Capillani es Seco.

- Por las características geomorfológicas e hidrodinámicas del río Capillani, se ha verificado que este desfoga en la zona Suroccidental de la ciudad, formando un delta, que en condiciones de descargas críticas máximas afectaría directamente a la Comunidad de Churo Uraypampa y a las urbanizaciones de Centenario, Primero de Mayo, José Galvez, Tahuantinsuyo, San Isidro, Manuel Prado, Santa Isabel, Techo Obrero y Bellavista, debido a que estas concentraciones urbanas se han asentado en la zona de salida del cauce natural del río Capillani, cortando su encuentro con el río Vilcanota, además de ser interrumpido en la actualidad por la carretera Panamericana, constatándose la no presencia de sistemas de drenaje pluvial que encaucen directamente sus drenajes al río Vilcanota.

- En la actualidad el desfogue del río Capillani, se encuentra forzado a cambiar de curso por la carretera Panamericana, obligando a que el cauce principal gire noventa grados para atravesar una alcantarilla y desfogar en una ciénaga donde se encuentran asentadas las urbanizaciones Ministerio de Agricultura, La Pampilla, Manuel Prado y La Perla Vilcanota.

- La zona de encuentro del Río Capillani, y el Río Vilcanota es una ciénaga que en caso de generarse una máxima avenida, inundaría la zona afectando directamente a las urbanizaciones de Ministerio de Agricultura, La Pampilla y Manuel Prado

- En caso de generarse una Precipitación Máxima Local en la ciudad de Sicuani la zona conformada por las urbanizaciones de Ministerio de Agricultura, La Pampilla

y Manuel Prado se inundarían y solamente por desbordamiento sus aguas serían drenadas por el cauce del río Capillani.

- La síntesis de zonificación del mapa de peligros (Plano 26), de la ciudad de Sicuani, las zonas de peligro se encuentran ubicadas como::

  Zona de peligro medio (Tipo II), considerando la expansión urbanística, la mayoría de las zonas se encuentran en peligro de inundación. En efecto, la quebrada Sutoq , quebrada Condorhuaraca y la quebrada de K´asilla, se encuentran en peligro de deslizamientos de suelos, inundación y erosión. El Río Vilcanota, se encuentra en peligro de inundación y erosión en la parte alta y sedimentación en la parte baja; la quebrada de Trapiche, se encuentra en peligro de ocasionar inundación y huaycos.

  Zona de Peligro Alto (Tipo III), se encuentra la quebrada de Melgar, por la presencia del peligro de inundación, deslizamiento de suelos y rocas; la quebrada Misquiri y la quebrada de sacuyoc, presenta peligro de erosión, deslizamiento de rocas y suelos, e inundación. Asimismo Alto Rosaspata –Calvario, presenta peligro de derrumbe de rocas.

  Zona de Peligro Muy Alto (Tipo IV), se encuentra la quebrada Tiacolla, presenta peligro de deslizamiento de suelos y rocas y ocasionar inundación

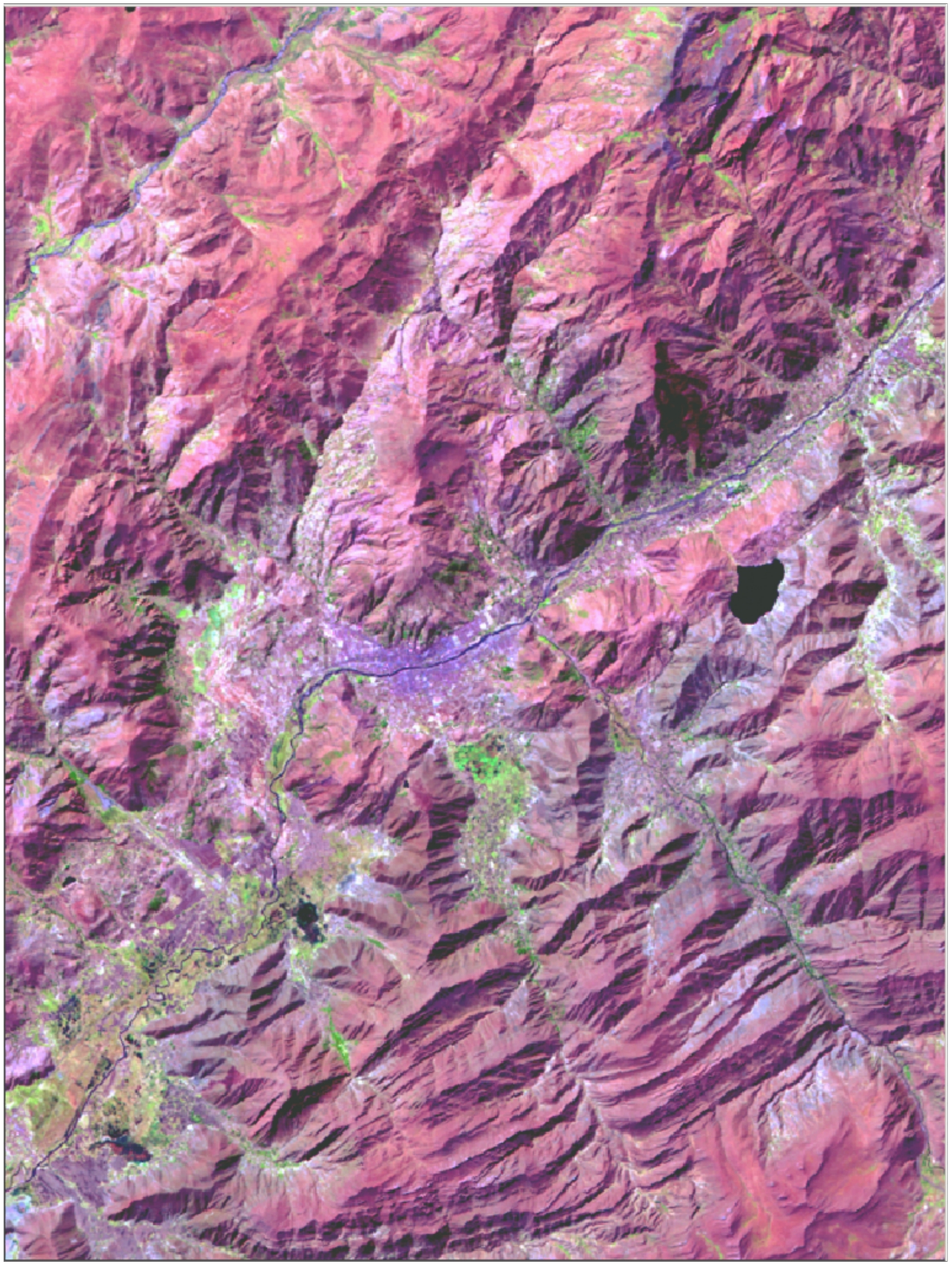
  Zona de Peligro Bajo (Tipo I), se encuentra la zona de Carcoma – Circunvalación y la zona de Tintaya.

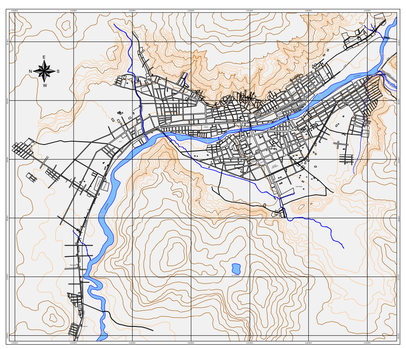
  Localidad de Qqehuar (Plano Nº 27) se encuentra en una Zona de Peligro Muy Alto debido al peligro de deslizamiento de rocas y suelos, erosión, inundación, huaycos, con un nivel freático alto.

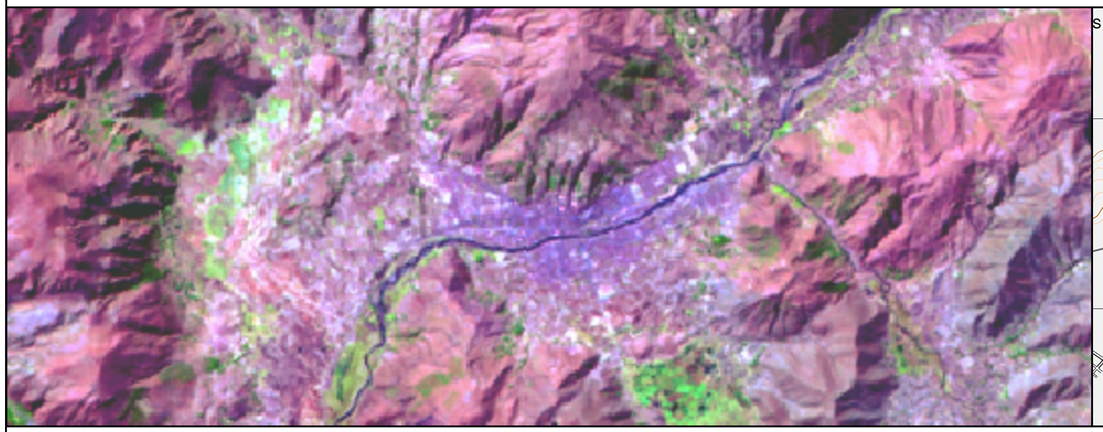
  Las zonas de expansión recomendadas para la Ciudad de Sicuani desde el punto de vista de la seguridad física son las zonas de la parte sur entre Pampanza y el sector de Chumo.

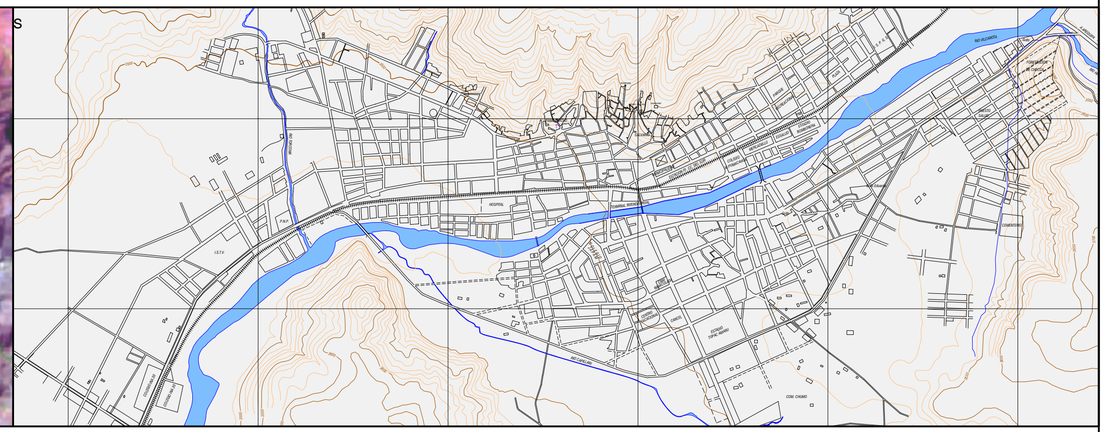
  Teniendo en consideración la posibilidad de inundación, efectos sísmicos se recomienda que las viviendas sean a base de concreto armado. En caso de emplearse adobe en construcción de viviendas la cimentación y el sobre cimentación deben ser de concreto ciclópeo.

ANEXOS









RELACION DE PLANOS

NUMERO	CODIGO	TITULO
01	CB-01	MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO
02	CB-02	MAPA BASE DE CONJUNTO SICUANI - QQUEHUAR
03	CB-03	MAPA BASICO URBANO DE SICUANI
04	CB-04	MAPA BASICO URBANO DE QQUEHUAR
05	GE-01	MAPA DE PENDIENTES DE SICUANI
06	GE-02	MAPA GEOMORFOLOGICO DE SICUANI
07	GE-03	MAPA LITOLOGICO DE SICUANI
08	GE-04	MAPA DE SECCIONES ESTRUCTURALES DE SICUANI
09	GE-05	MAPA DE PENDIENTES DE QQUEHUAR
10	GE-06	MAPA GEOMORFOLOGICO DE QQUEHUAR
11	GE-07	MAPA LITOLOGICO DE QQUEHUAR
12	GT-01	MAPA DE UBICACION DE CALICATAS Y TIPOS DE SUELOS DE SICUANI
13	GT-02	MAPA DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE SICUANI
14	GT-03	MAPA DE UBICACION DE CALICATAS Y TIPOS DE SUELOS DE QQUEHUAR
15	GT-04	MAPA DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE QQUEHUAR
16	GE-08	MAPA DE AREAS INESTABLES DE SICUANI
17	GE-09	MAPA DE PELIGROS GEOLOGICOS DE SICUANI
18	GE-10	MAPA DE PELIGROS GEOLOGICOS DE QQUEHUAR
19	GE-11	MAPA DE PIEZOMETRIA DE QQUEHUAR
20	AN-01	MAPA DE INVENTARIO DE PELIGROS ANTROPICOS DE SICUANI
21	AN-02	MAPA DE PELIGROS ANTROPICOS DE SICUANI
22	GT-05	MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS DE SICUANI
23	GT-06	MAPA DE PELIGROS GEOTECNICOS DE QQUEHUAR
24	HI-01	MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS DE SICUANI
25	HI-02	MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS DE QQUEHUAR
26	SI-01	MAPA SINTESIS DE PELIGROS DE SICUANI
27	SI-02	MAPA SINTESIS DE PELIGROS DE QQUEHUAR
28	SI-03	MAPA DE LOCALIZACION DE PROYECTOS DE MITIGACION DE SICUANI
29	SI-04	MAPA DE LOCALIZACION DE PROYECTOS DE MITIGACION DE QQUEHUAR

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE

SICUANI - QQUEHUAR

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

CARPETA DE PLANOS

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : INDICADAS

FECHA : MARZO - 2005

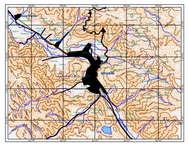
PLANO N° : 00

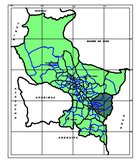
GEOLOGIA : ING. DIMAS APAZA I.

GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.

HIDROLOGIA : ING. CARLOS LOAYZA S.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

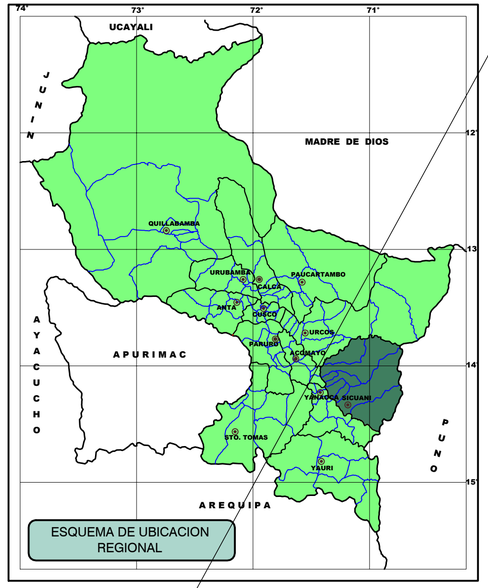




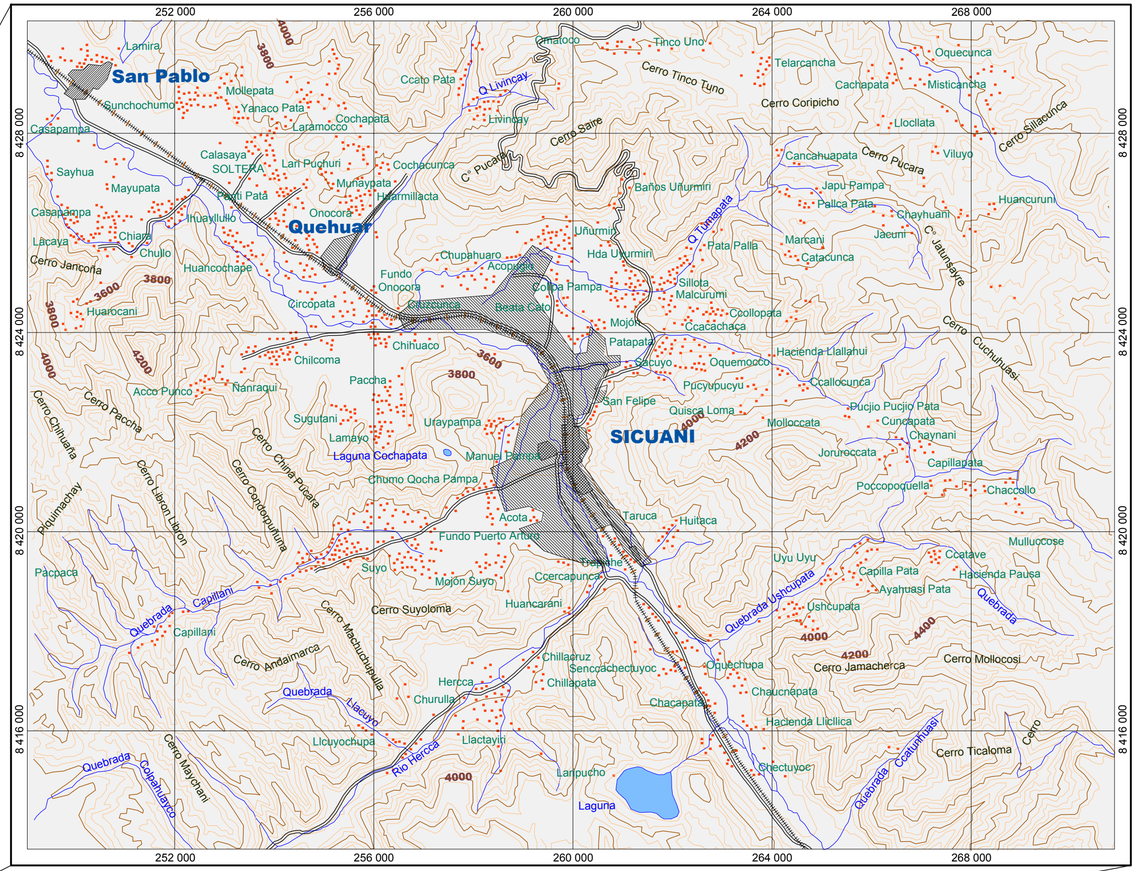
MAPA POLÍTICO DE LA PROVINCIA DE CANCHIS

LIMITE DEPARTAMENTAL	
LIMITE PROVINCIAL	
LIMITE DISTRITAL	
CAPITAL DE PROVINCIA	
CAPITAL DE DISTRITO	
CARRETERA ASFALTADA	
TROCHA CARRETERA	
CAMINO Y/O SENDERO	
VÍA FERREA	
RÍO	
LAGUNA	

ESQUEMA DE UBICACION NACIONAL



ESQUEMA DE UBICACION REGIONAL



CARTOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO

ESCALA : 1 : 100 000

PLANO DE UBICACION PROVINCIAL

ESCALA : 1 : 500 000

MAPA POLÍTICO DE LA PROVINCIA DE CANCHIS

- LIMITE DEPARTAMENTAL
- LIMITE PROVINCIAL
- LIMITE DISTRITAL
- CAPITAL DE PROVINCIA
- CAPITAL DE DISTRITO
- CARRETERA ASFALTADA
- TROCHA CARRETERA
- CAMINO Y/O SENDERO
- VÍA FERREA
- RÍO
- LAGUNA

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

CB-01 : MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : INDICADAS

FECHA : MARZO - 2005

LAMINA N° : 01

CARTOGRAFIA : ARQ. HUGO FARFAN A.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

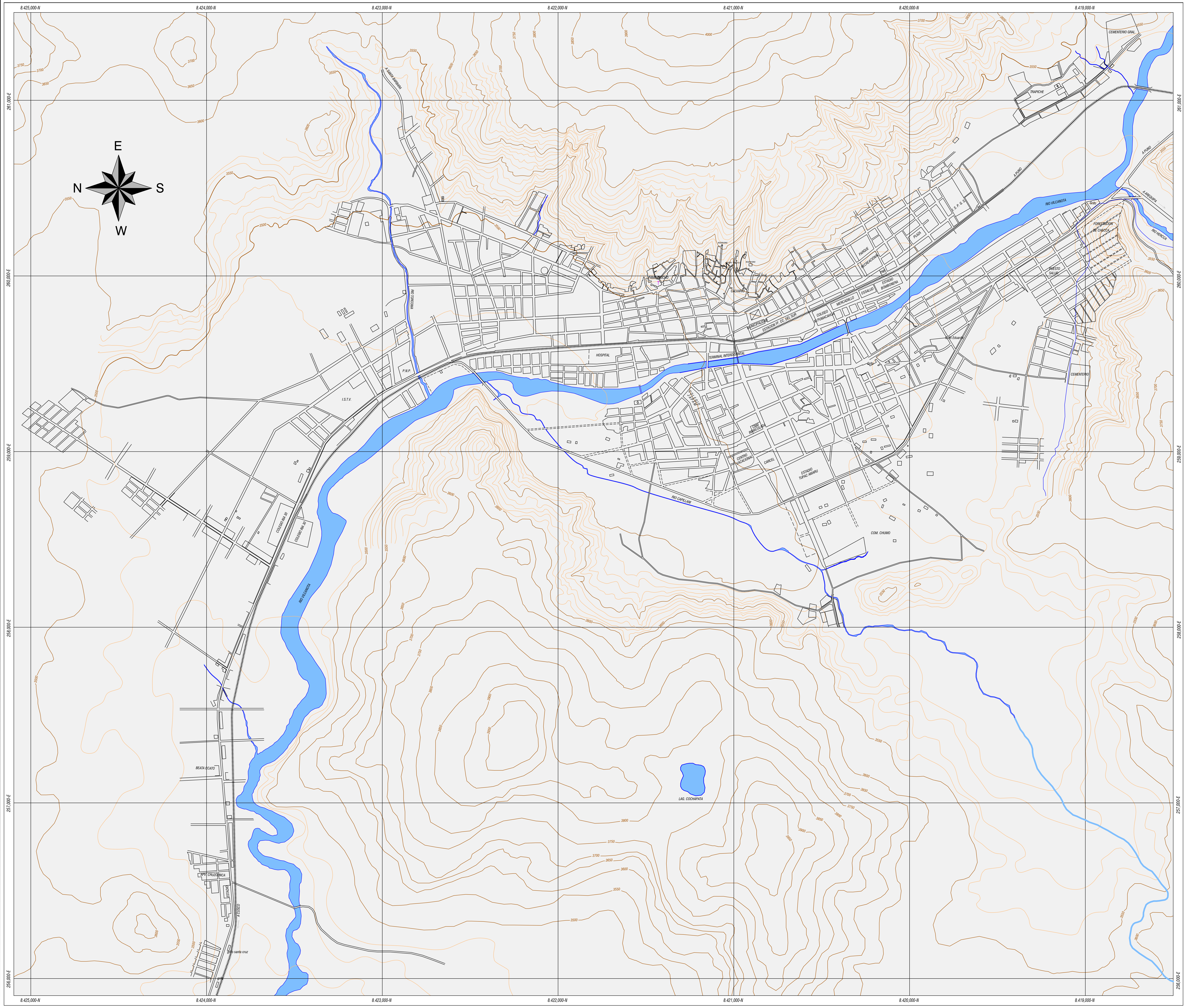
VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.

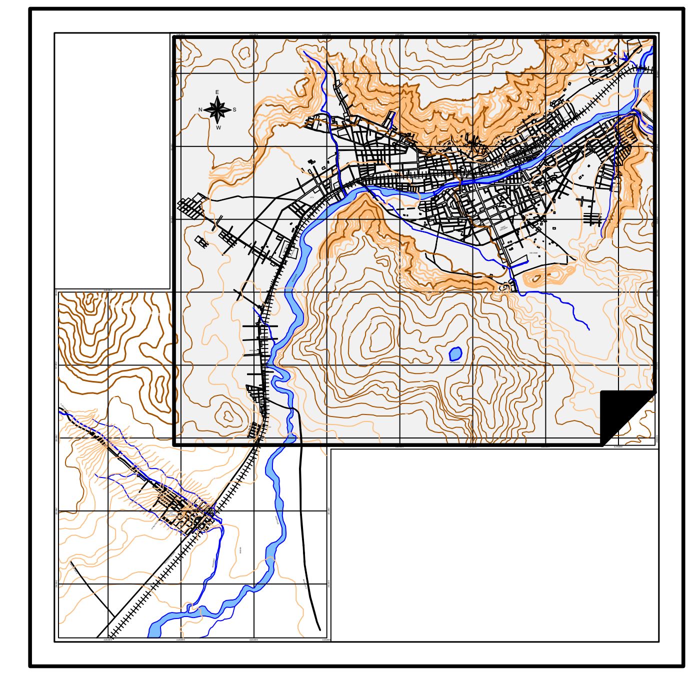
8.425,000-N | 8.424,000-N | 8.423,000-N | 8.422,000-N | 8.421,000-N | 8.420,000-N | 8.419,000-N

261,000-E | 260,000-E | 259,000-E | 258,000-E | 257,000-E | 256,000-E

E
N S
W

A SAN AUGUSTIN
IRIGACIÓN
CALVARIO
PARROQUIA
MUNICIPIO
POLICIA NACIONAL
PARQUE RECREACION
PLAZA
S. P. O. S.
A HUARI
TAMBO
ESTADIO WANKAWASI
COLEGIO JA POMACHUPA
MERCEDITAS
EDUCACION FF. CC. REL SUR
MERCADILLO
ESSALUD
HOSPITAL
TERMINAL INTERDEPARTAL
P.N.P.
I.S.T.V.
CENTRO INICIAL 434
CENTRO HISTORICO
CARCEL
ESTADIO TUPAC AMARU
RIO CARHUANI
COM. CHUMO
CEMENTERIO GRAL
TRAPICHE
A PUMO
RIO VILCANOTA
A HUARI
A ANQUIPA
RIO APACHETA
FORESTACION DE CHACCA
PUESTO SALUD
Río Ccapi
CEMENTERIO
RIO CCAPI
COLEGIO PNP 30
COLEGIO PNP 30
RIO ACCHEQUTA
REATA CCATO
LAG. COCHAPATA
APV. CHUCCHINCA
CATAPA
A CCOCCO
Sitio santa cruz





CROQUIS DE UBICACION

PROYECTO :

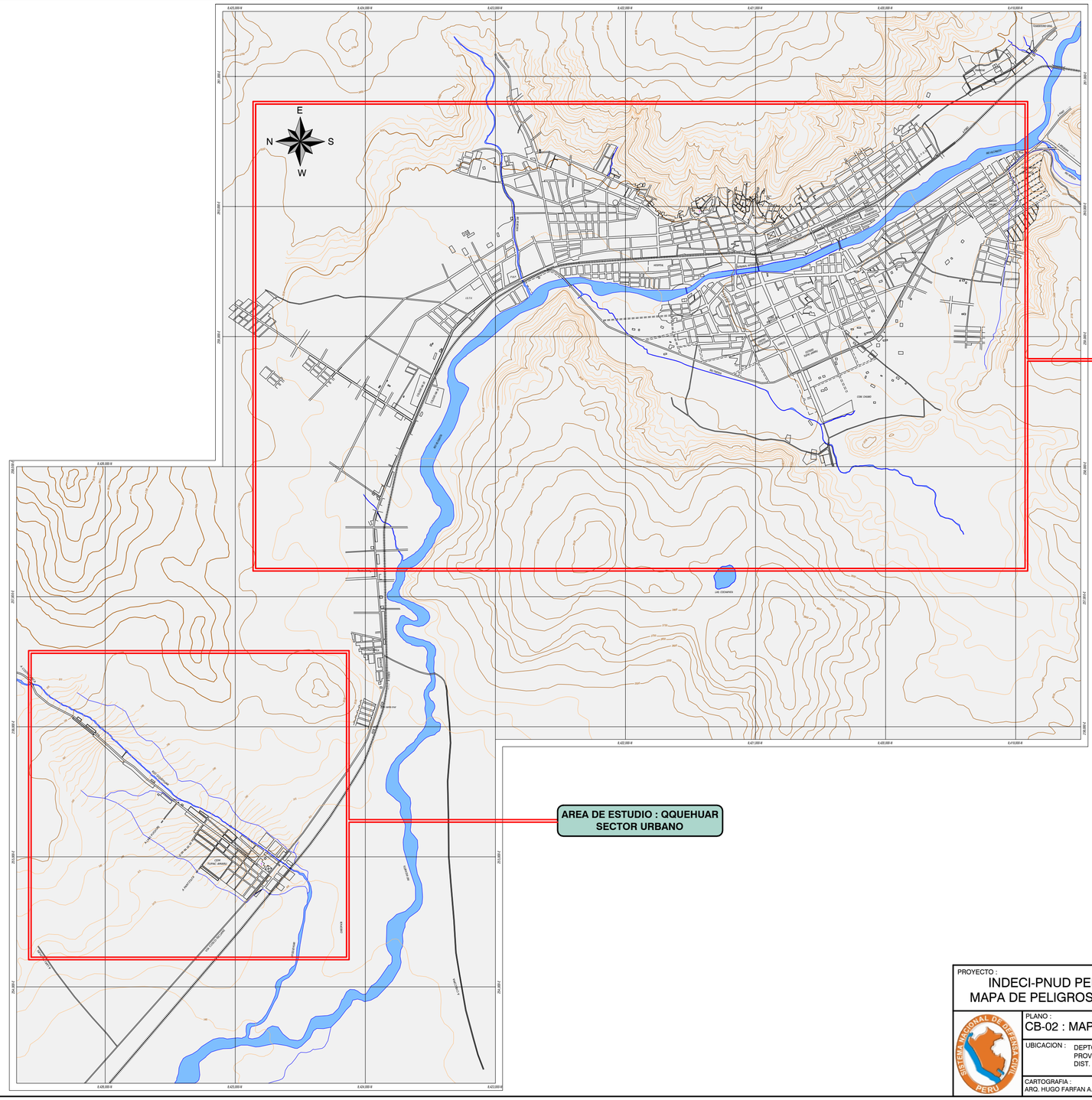
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

CB-03 : MAPA BASICO URBANO DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI		ESCALA : 1:15 000 FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 03
GEOLOGIA : ARQ. HUGO FARFAN A.	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
PERU



PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

CB-02 : MAPA BASE DE CONJUNTO SICUANI - QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:20 000

FECHA : MARZO - 2005

LAMINA N° : 02

CARTOGRAFIA : ARQ. HUGO FARFAN A.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

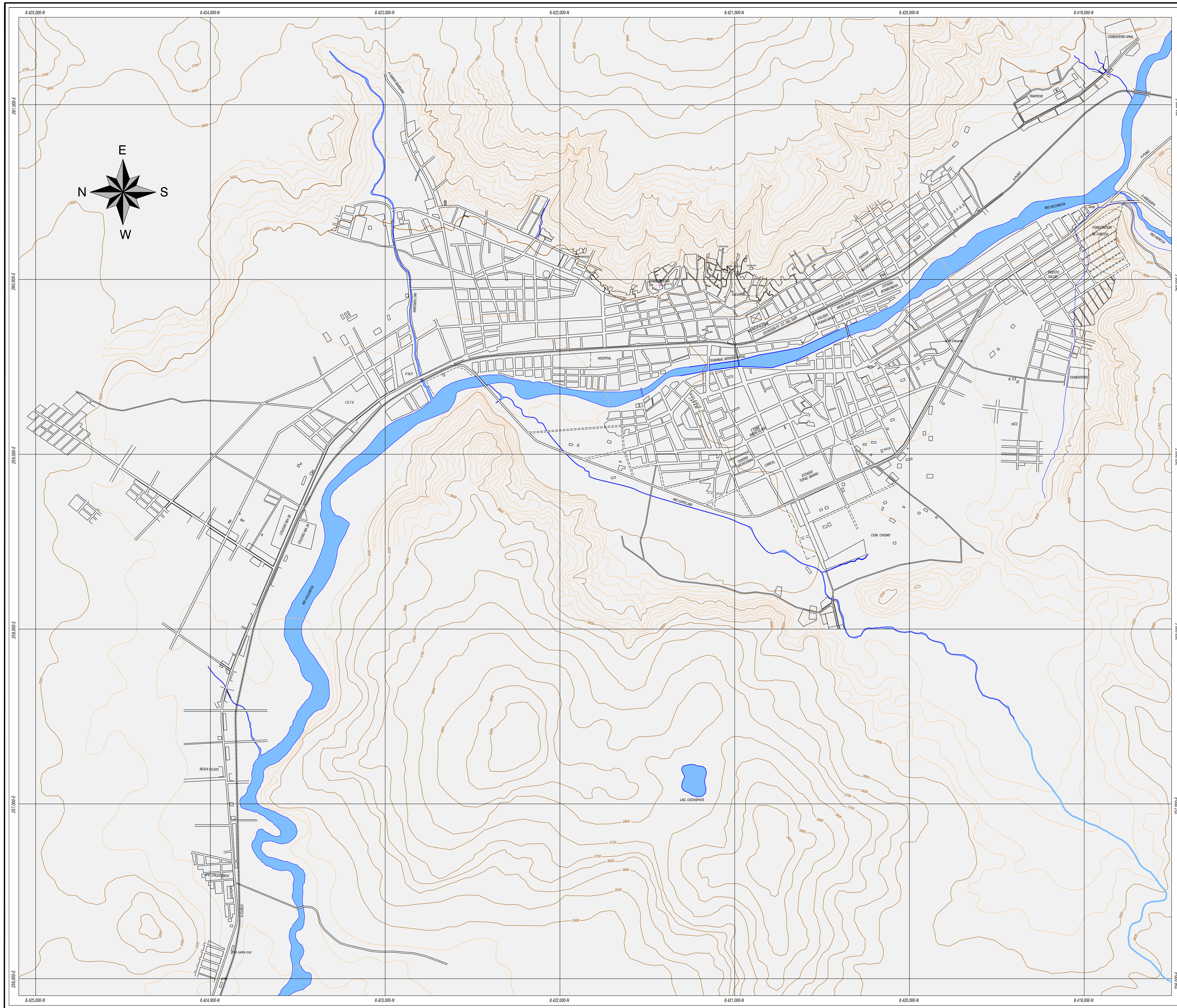
VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.

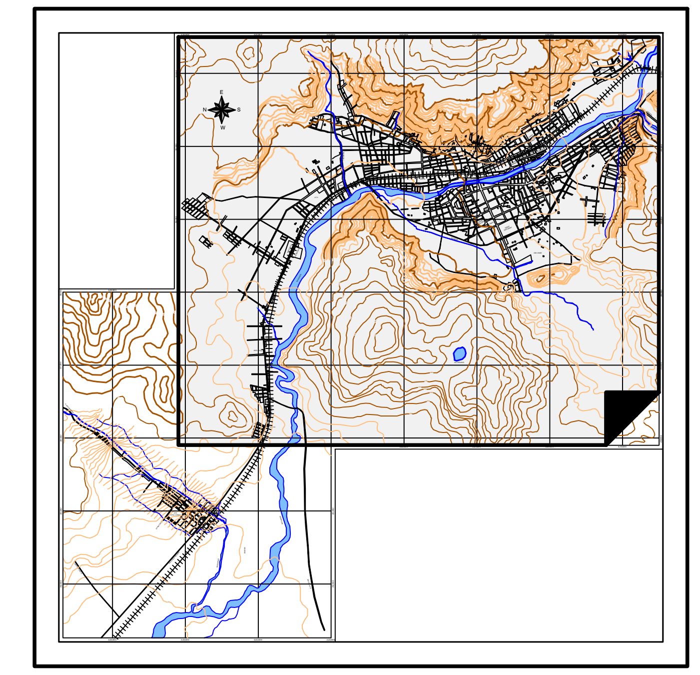
8.425,000-N | 8.424,000-N | 8.423,000-N | 8.422,000-N | 8.421,000-N | 8.420,000-N | 8.419,000-N

261,000-E | 260,000-E | 259,000-E | 258,000-E | 257,000-E | 256,000-E

E
N S
W

A SAN AUGUSTIN
IRIGACIÓN
CALVARIO
PARROQUIA
MUNICIPIO
POLICIA NACIONAL
PARQUE RECREACION
PLAZA
S. P. O. S.
A HUARI
TAMBO
ESTADIO WANKAWASI
COLEGIO JA POMACHUPA
MERCEDITAS
EDUCACION FF. CC. REL SUR
MERCADILLO
ESSALUD
HOSPITAL
TERMINAL INTERDEPARTAL
P.N.P.
I.S.T.V.
CENTRO INICIAL 434
CENTRO HISTORICO
CARCEL
ESTADIO TUPAC AMARU
RIO CARHUANI
COM. CHUMO
CEMENTERIO GRAL
TRAPICHE
A PUMO
RIO VILCANOTA
A HUARI
A ANQUIPA
RIO APACHETA
FORESTACION DE CHACCA
PUESTO SALUD
Río Ccapi
CEMENTERIO
RIO CCAPI
COLEGIO PNP 30
COLEGIO PNP 30
RIO ACCHEQUTA
REATA CCATO
LAG. COCHAPATA
APV. CHUCCHINCA
CATAPA
A CCOCCO
Sitio santa cruz





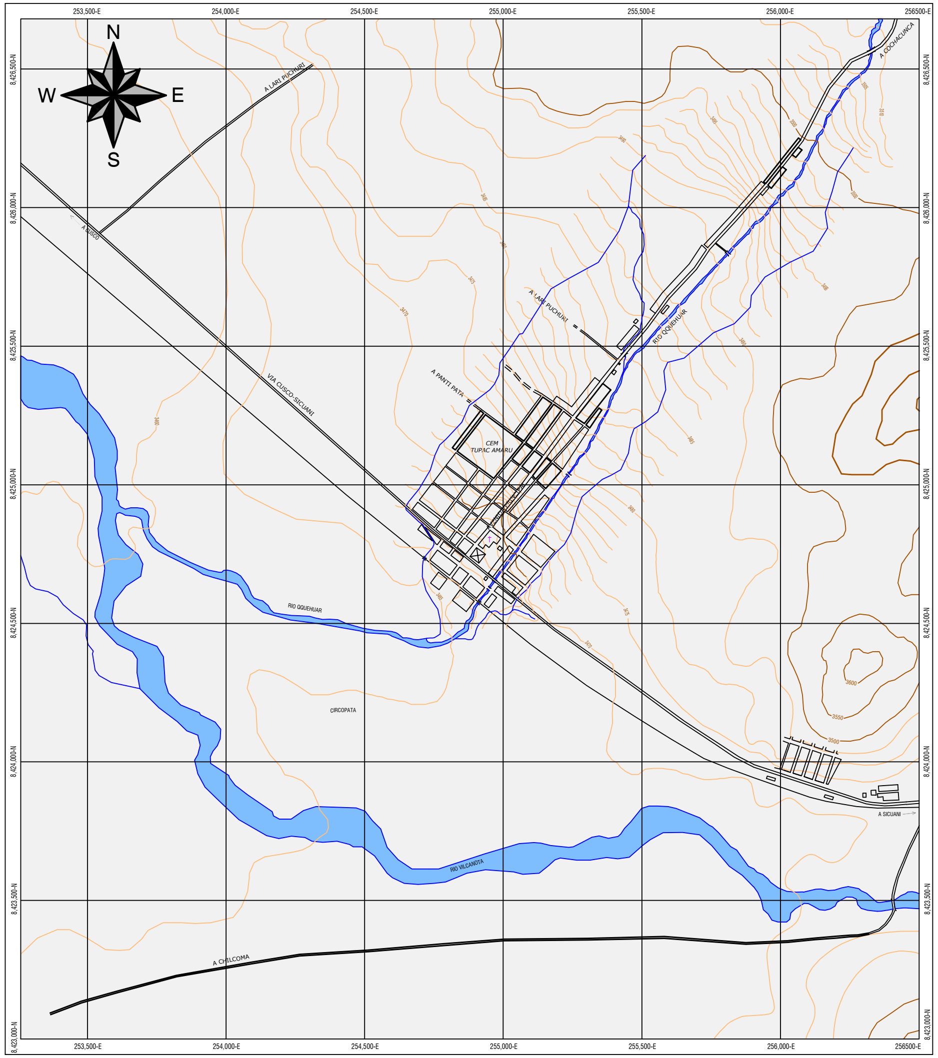
CROQUIS DE UBICACION

PROYECTO :

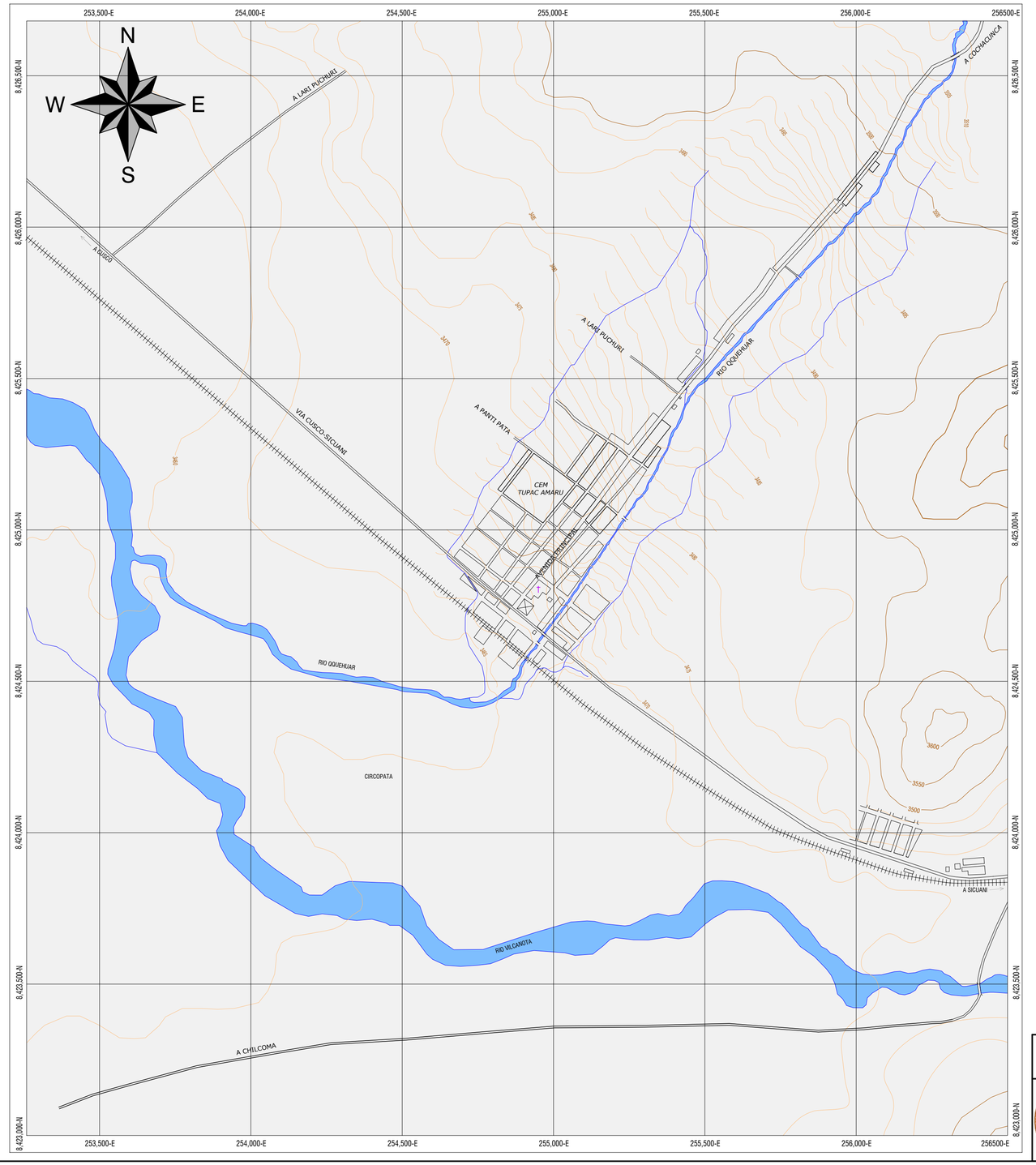
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

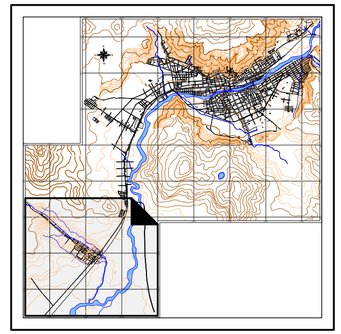
PLANO :
CB-03 : MAPA BASICO URBANO DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO; PROV. : CANCHIS; DIST. : SICUANI		ESCALA : 1:15 000 / FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 03
GEOLOGIA : ARQ. HUGO FARFAN A.	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	



N
S
E
W
253,500-E
254,000-E
254,500-E
255,000-E
255,500-E
256,000-E
256500-E
8,426,500-N
8,426,000-N
8,425,500-N
8,425,000-N
8,424,500-N
8,424,000-N
8,423,500-N
8,423,000-N
A LARI PUCHURI
VIA CUSCO SICUANI
A LARI PUCHURI
A PANTI PATA
CEM
TUPAC AMARU
RIO QQUEHUAR
RIO QQUEHUAR
CIRCOPATA
RIO VILCANOTA
A CHILCOMA
A SICUANI





CROQUIS DE UBICACION

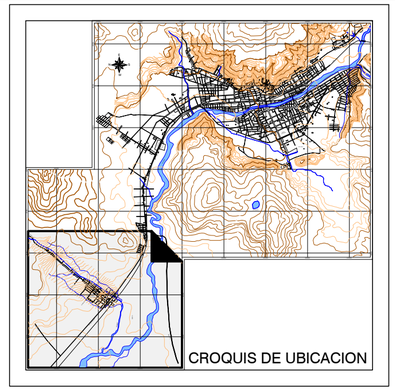
PROYECTO :

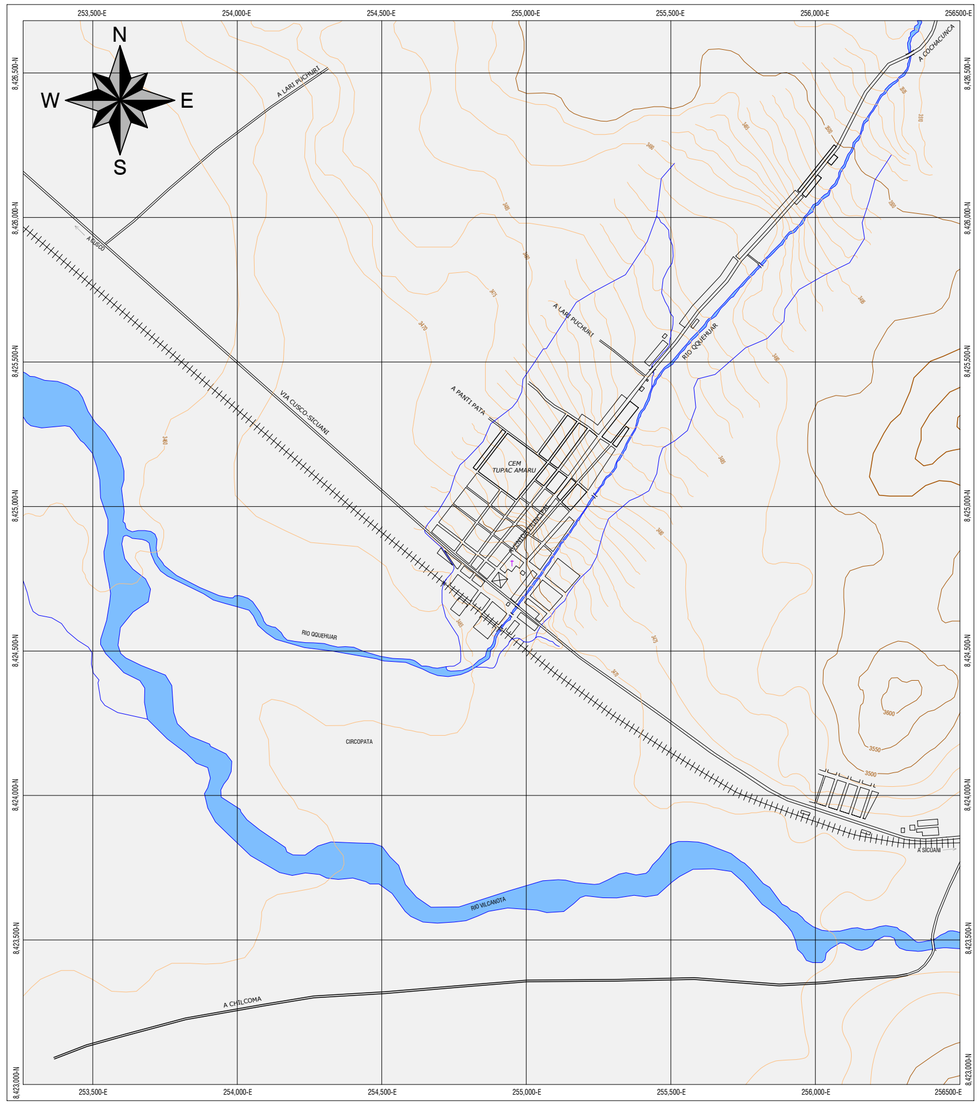
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

CB-04 : MAPA BASICO URBANO DE QQUEHUAR

UBICACION :	DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI		ESCALA : 1:10 000	PLANO N° : 04
CARTOGRAFIA : ARQ. HUGO FARFAN A.		DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	FECHA : MARZO - 2005	
			VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	



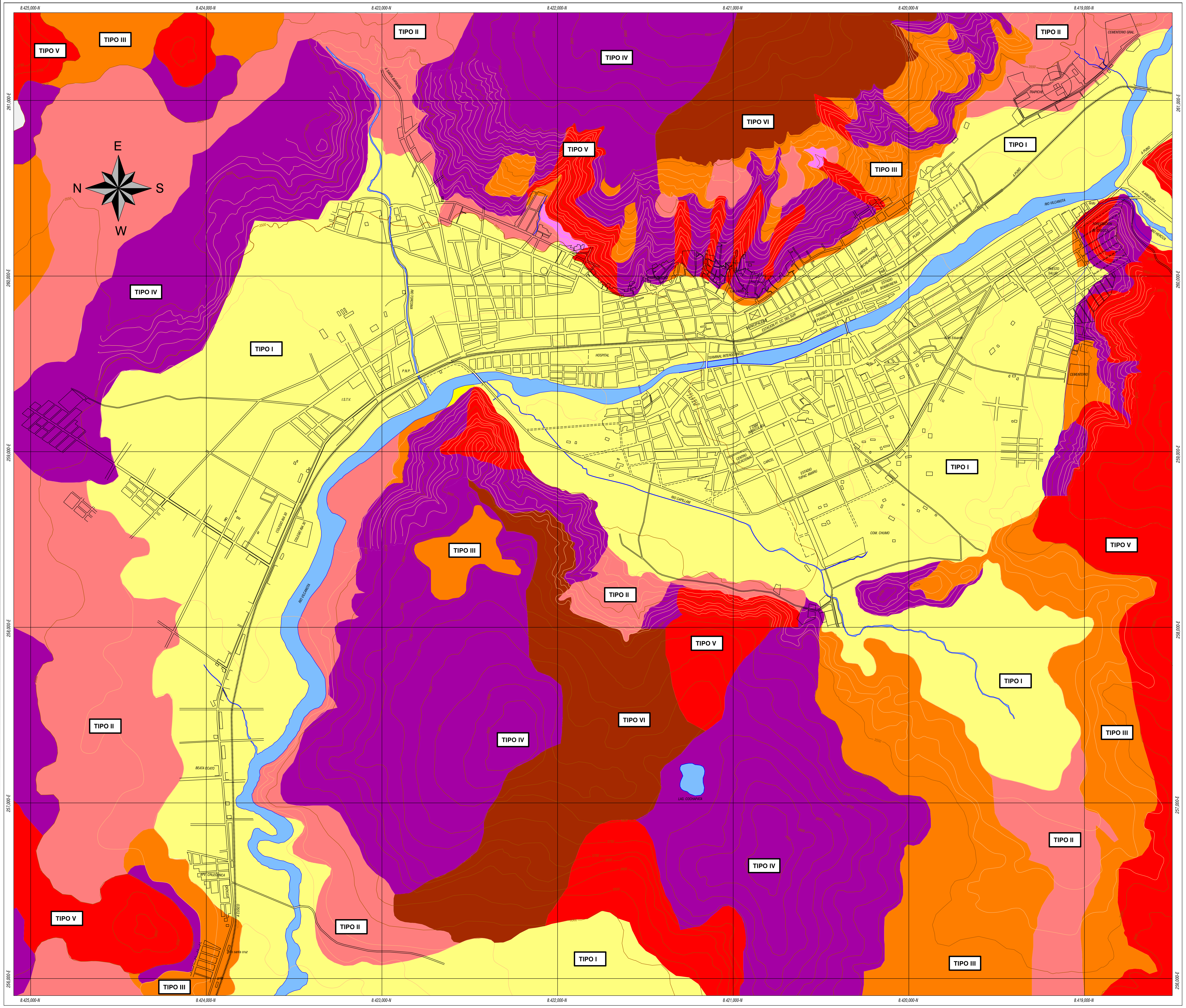


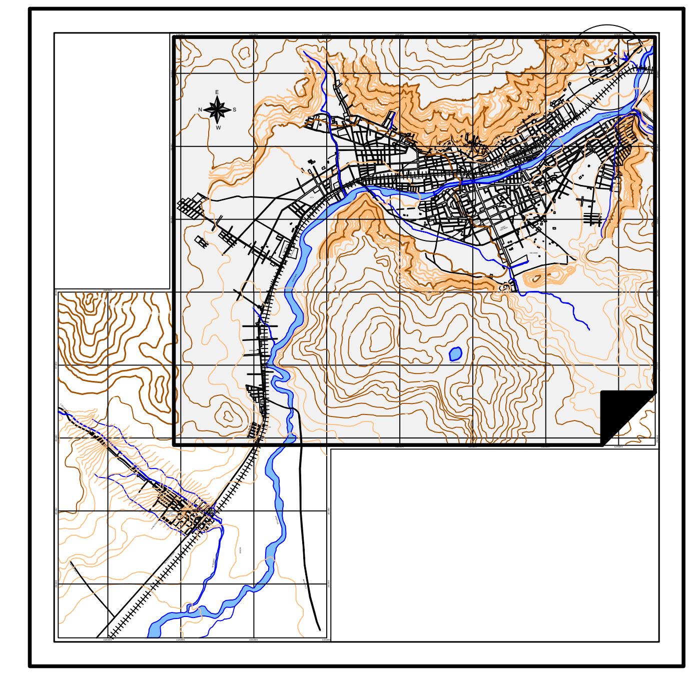
PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
CB-04 : PLANO BASICO URBANO - QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI			ESCALA : 1:15 000 FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 04
CARTOGRAFIA : ARQ. HUGO FARFAN A.	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.		

8.425,000-N
8.424,000-N
8.423,000-N
8.422,000-N
8.421,000-N
8.420,000-N
8.419,000-N
261,000-E
260,000-E
259,000-E
258,000-E
257,000-E
256,000-E
E
N
S
W
A SAN ALBERTO
CEMENTERIO GRAL
TRAPICHE
A PUNO
A HUARO
RIO VILCANOTA
A AYAVIRI
3 P & S
PLAZA
PARQUE RECREACION
ESTADIO MUNICIPAL
CALVARIO
MERCADO CBB
MERCADILLO
ESCALAO
ESTADIO MUNICIPAL
COLEGIO N°70004 "A. PUMACAHUA"
EDUCACION FF. CC. DEL SUR
PUESTO SALUD
HOSPITAL
TERMINAL INTERDEPARTAL
P.N.P.
I.S.T.V.
CEMENTERIO
CENTRO EDUCACIONAL
CENTRO EDUCACIONAL
CARCEL
ESTADIO TUPAC AMARU
RIO CAPILUNI
COM. CHUMO
COLEGIO N°70004
COLEGIO N°70004
RIO CCOMBAYA
REATA CCATO
LAG. CCOMBAYA
APV. CHACCRANCA
ESCUELA
A CUSCO
Gmo santa cruz
APV.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

CLASIFICACION DE PENDIENTES

TIPO	COLOR	PENDIENTE %	DESCRIPCION
TIPO I		00 - 04	MUY SUAVE
TIPO II		04 - 08	SUAVE
TIPO III		08 - 15	MEDIA
TIPO IV		15 - 25	MODERADA
TIPO V		25 - 50	POCO EMPINADA
TIPO VI		50 - 75	EMPINADA

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL PERU

PLANO :
GE-01 : MAPA DE PENDIENTES DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

FECHA : MARZO - 2005

PLANO N° : 05

GEOLOGIA : ING. DIMAS APAZA I.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

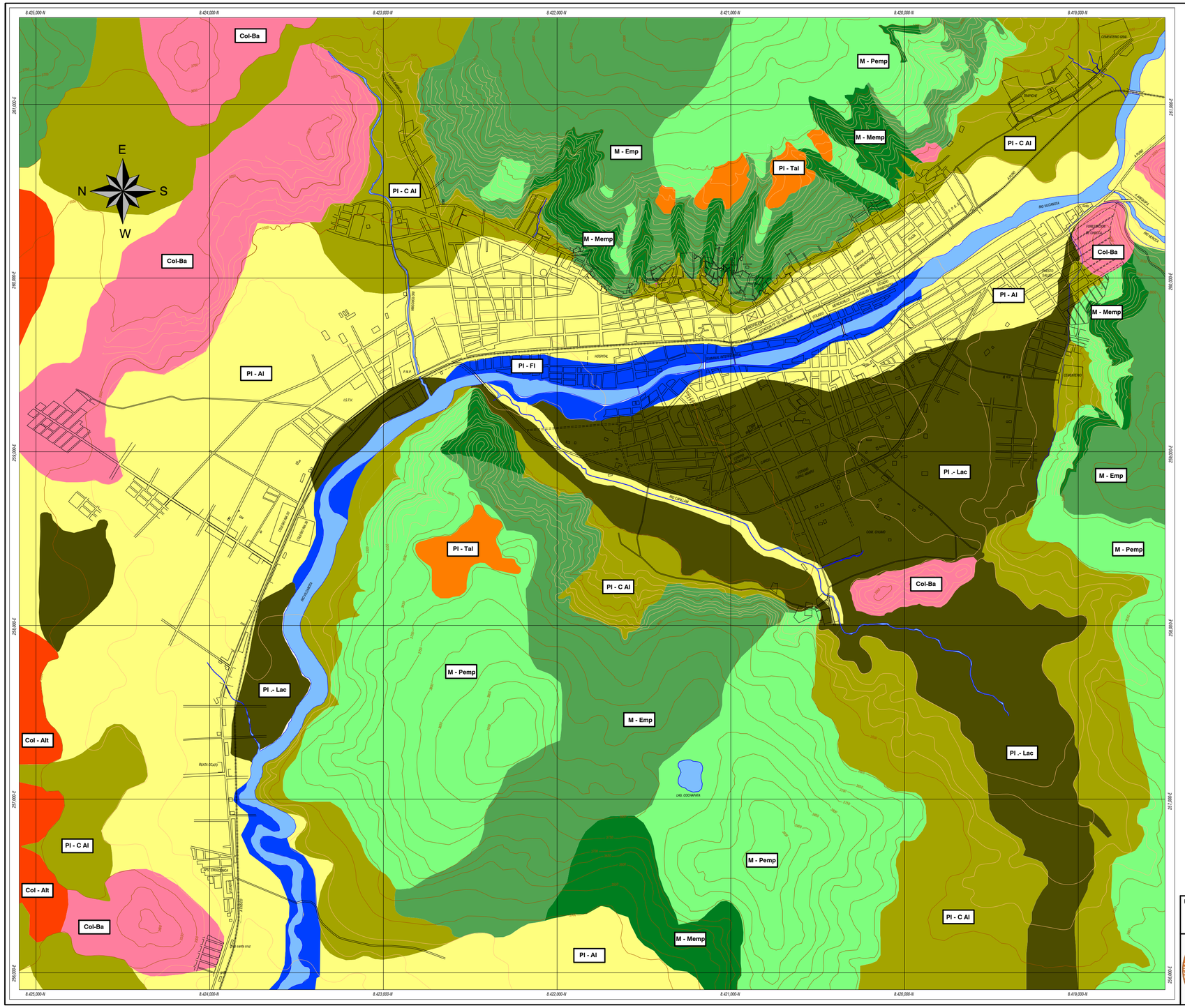
VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.

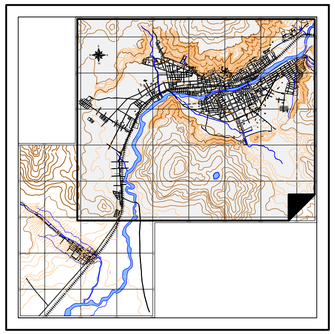
8.425,000-N
8.424,000-N
8.423,000-N
8.422,000-N
8.421,000-N
8.420,000-N
8.419,000-N

261,000-E
260,000-E
259,000-E
258,000-E
257,000-E
256,000-E

E
N
S
W

CEMENTERIO GRAL.
TRAPICHE
A PUNO
A AREQUIPA
RIO VILCANOTA
RIO HUANCU
AYAVIRI
S. P. E. S.
FORESTACION EX CHACCA
PUENTE SALAVERRY
PLAZA
PARQUE RECREACIONAL
PARQUE
CALVARIO
ESTADIO MUNICIPAL
ESCALERAS
MERCADILLO
COLEGIO
MERCADERIAS
EDUCACION FF. CC. DEL SUR
HOSPITAL
P.N.P.
I.S.T.V.
TERMINAL INTERCONECTIVO
CEMENTERIO
AV. EJERCITO
AV. CIRCUNVALACION
CERRO HUAYNACAPAC
CERRO HUAYNACAPAC
CARCEL
ESTADIO TUPAC AMARU
RIO CAPELLANI
COM. CHUMO
COLEGIO PNP
COLEGIO PNP
RIO CUZMINA
REGATA CCATO
AV. CIRCUNVALACION
AV. CUSCO
Grifo santa cruz
LAG. COCHAPATA





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

GEOMORFOLOGIA LOCAL

Pl - Fl		CAUCE FLUVIAL	TERRAZAS BAJAS	PLANICIES
Pl - Al		LLANURA ALUVIAL		
Pl - C Al		CONOS ALUVIALES		
Pl .- Lac		LLANURA LACUSTRE		
Pl - Tal		TERRAZAS ALTAS		
Col-Ba		COLINAS BAJAS	COLINAS	MONTAÑAS
Col - Alt		COLINAS ALTAS		
M - Pemp		VERTIENTE POCO EMPINADA	MONTAÑAS	
M - Emp		VERTIENTE EMPINADA		
M - Memp		VERTIENTE MUY EMPINADA		

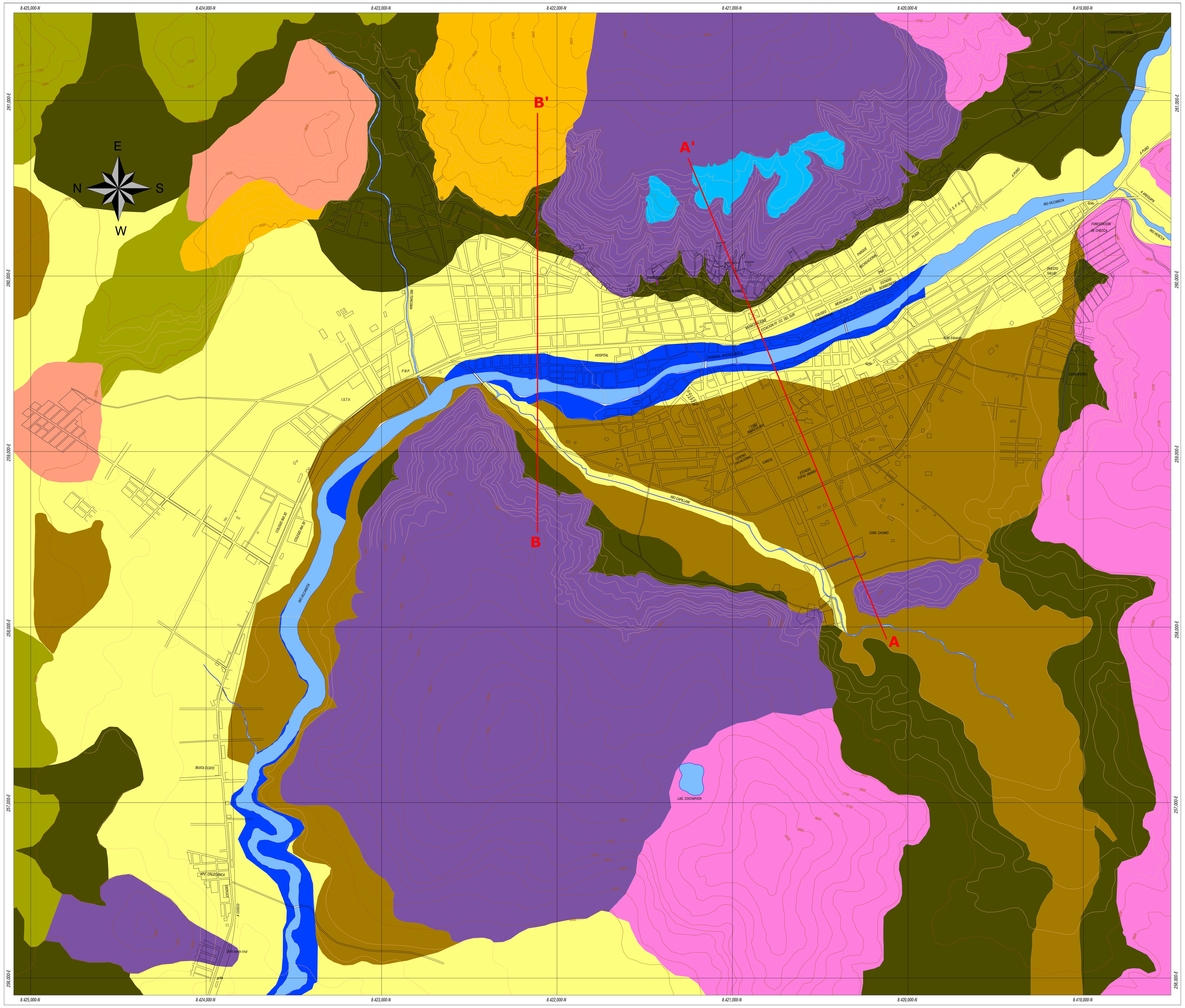
PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

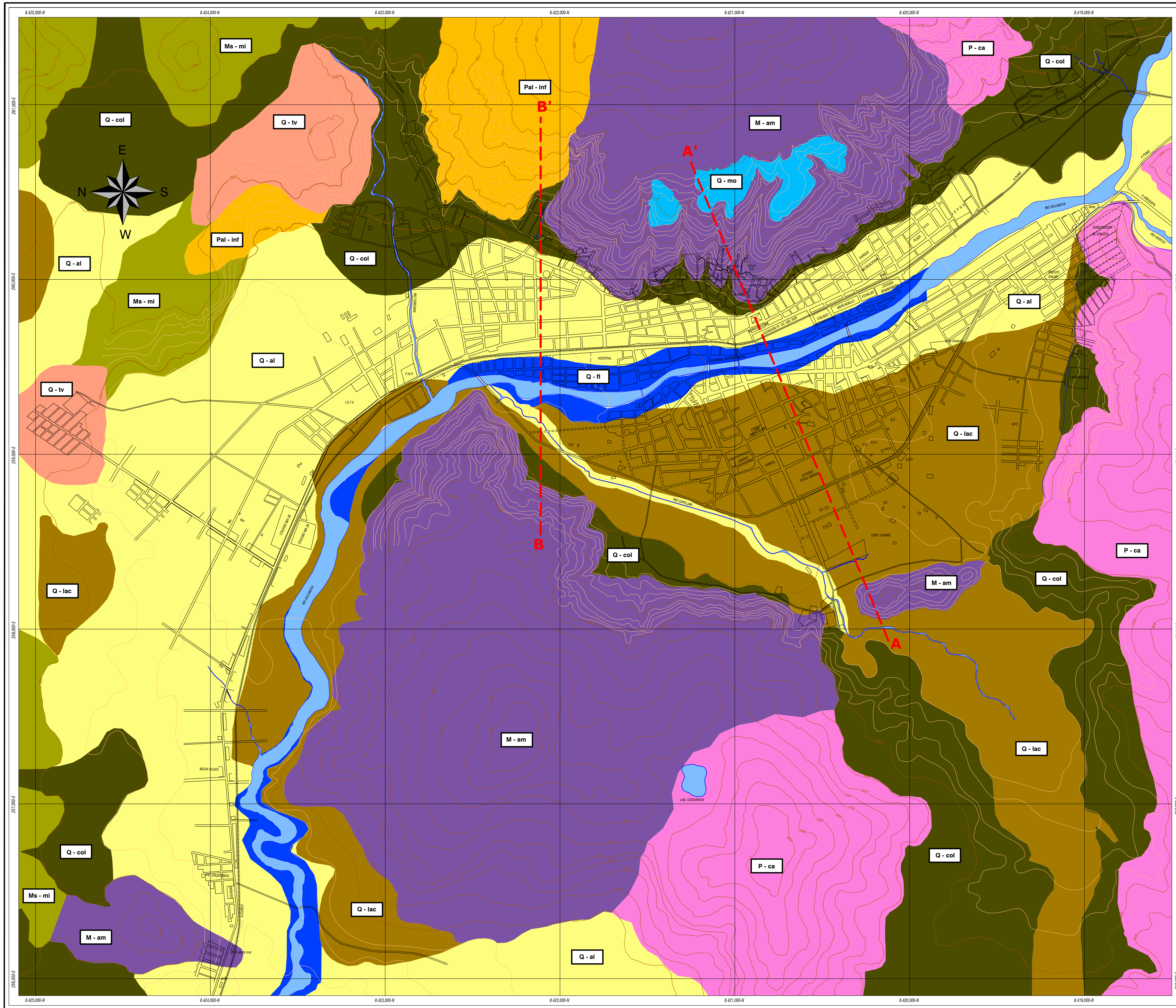
GE- 02 : MAPA GEOMORFOLOGICO DE SICUANI

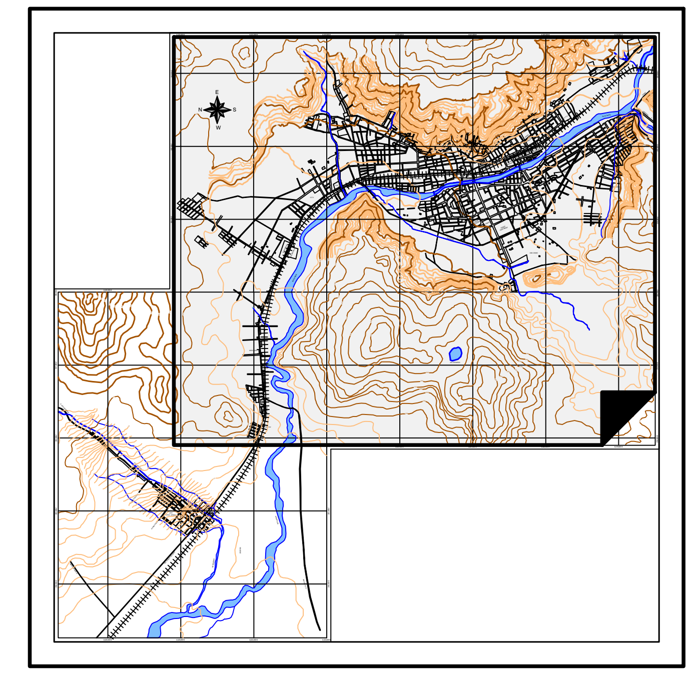
UBICACION : DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI	ESCALA : 1:15 000	PLANO N° : 06
	FECHA : MARZO - 2005	
ELABORADO : ING. DIMAS APAZA I. / DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	



Q- fl

LEYENDA		
Q- fl		Cuaternario Fluvial
Q - al		Cuaternario Aluvial
Q- lac		Cuaternario Lacustre
Q- col		Cuaternario Coluvial
Q - mo		Cuaternario Morrenico
Q - Tv		Cuaternario Travertino
Ms - mi		Volcanico Sedimentarios
P - ca		Areniscas cuarzosas, Lutitas
M - am		Areniscas, Esquistos y Conglom
Pal - inf		Esquistos y cuarcitas





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

LITOLOGIA LOCAL

Q - fl	CUATERNARIO FLUVIAL
Q - al	CUATERNARIO ALUVIAL
Q - lac	CUATERNARIO LACUSTRE
Q - col	CUATERNARIO COLUVIAL
Q - mo	CUATERNARIO MORRENICO
Q - tv	QUATERNARIO TRAVERTINO
Ms - mi	VOLCANICOS SEDIMENTARIOS
P - ca	ARENAS CUARZOSAS, LUTITAS
M - am	ARENISCAS, ESQUISTOS Y CONGLOMERADOS
Pal - inf	ESQUISTOS Y CUARCITAS

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – PERU

PLANO :
GE-03 : MAPA LITOLOGICO DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO; PROV. : CANCHIS; DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

FECHA : MARZO - 2005

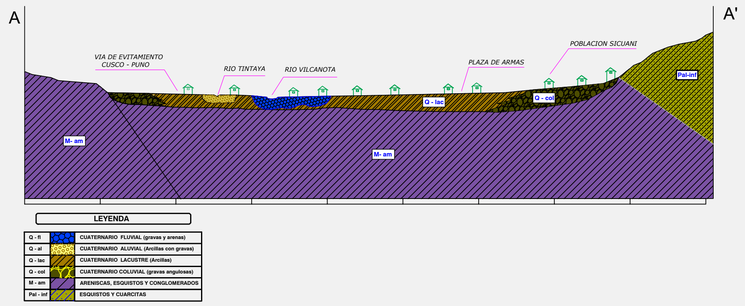
PLANO N° : 07

ELABORADO: ING. DIMAS APAZA I.

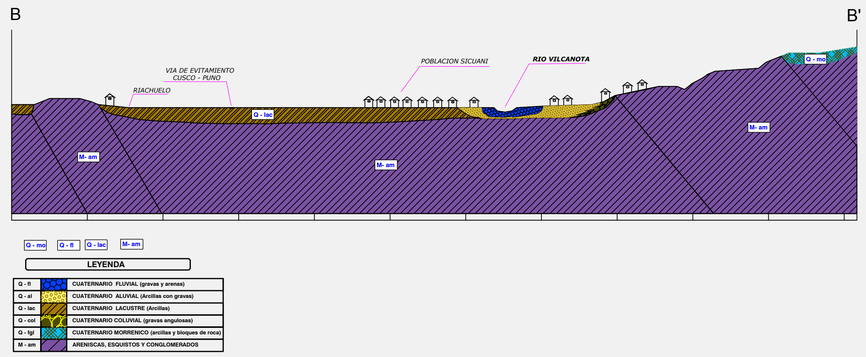
DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.

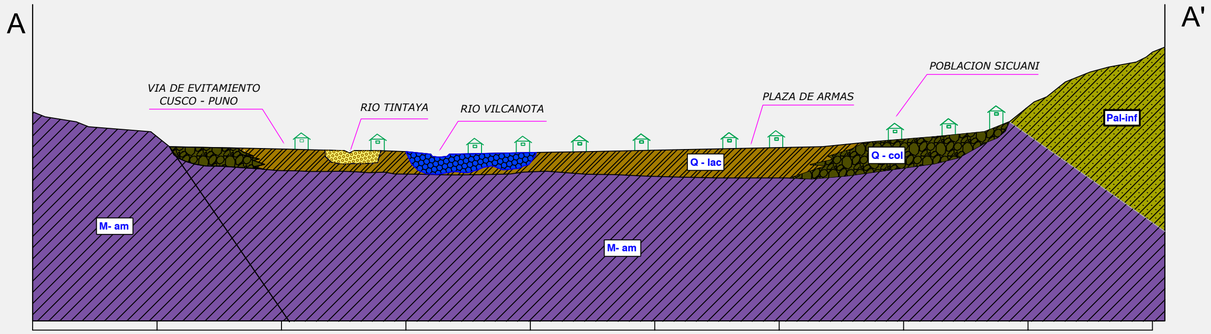
SECCION ESTRUCTURAL A - A'



SECCION ESTRUCTURAL B -B'



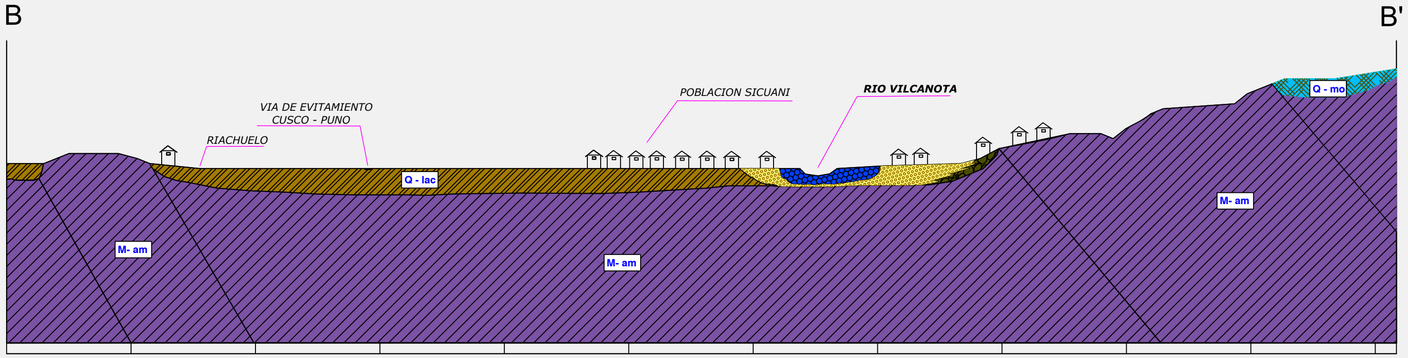
SECCION ESTRUCTURAL A - A'



LEYENDA

Q - fl		CUATERNARIO FLUVIAL (gravas y arenas)
Q - al		CUATERNARIO ALUVIAL (Arcillas con gravas)
Q - lac		CUATERNARIO LACUSTRE (Arcillas)
Q - col		CUATERNARIO COLUVIAL (gravas angulosas)
M - am		ARENISCAS, ESQUISTOS Y CONGLOMERADOS
Pal - inf		ESQUISTOS Y CUARCITAS

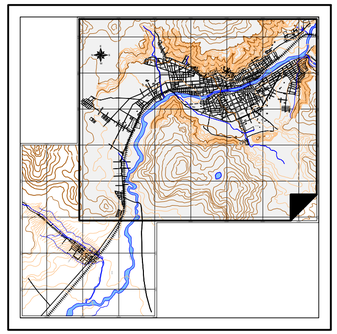
SECCION ESTRUCTURAL B -B'



Q - mo Q - fl Q - lac M- am

LEYENDA

Q - fl		CUATERNARIO FLUVIAL (gravas y arenas)
Q - al		CUATERNARIO ALUVIAL (Arcillas con gravas)
Q - lac		CUATERNARIO LACUSTRE (Arcillas)
Q - col		CUATERNARIO COLUVIAL (gravas angulosas)
Q - fgl		CUATERNARIO MORRENICO (arcillas y bloques de roca)
M - am		ARENISCAS, ESQUISTOS Y CONGLOMERADOS



CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

LITOLOGIA LOCAL

Q - fl		CUATERNARIO FLUVIAL
Q - al		CUATERNARIO ALUVIAL
Q - lac		CUATERNARIO LACUSTRE
Q - col		CUATERNARIO COLUVIAL
Q - mo		CUATERNARIO MORRENICO
Q - tv		QUATERNARIO TRAVERTINO
Ms - ml		VOLCANICOS SEDIMENTARIOS
P - ca		ARENAS CUARZOSAS, LUTITAS
M - am		ARENISCAS, ESQUISTOS Y CONGLOMERADOS
Pal - inf		ESQUISTOS Y CUARCITAS

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO : GT-04 : MAPA DE SECCIONES ESTRUCTURALES DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO; PROV. : CANCHIS; DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:7 500

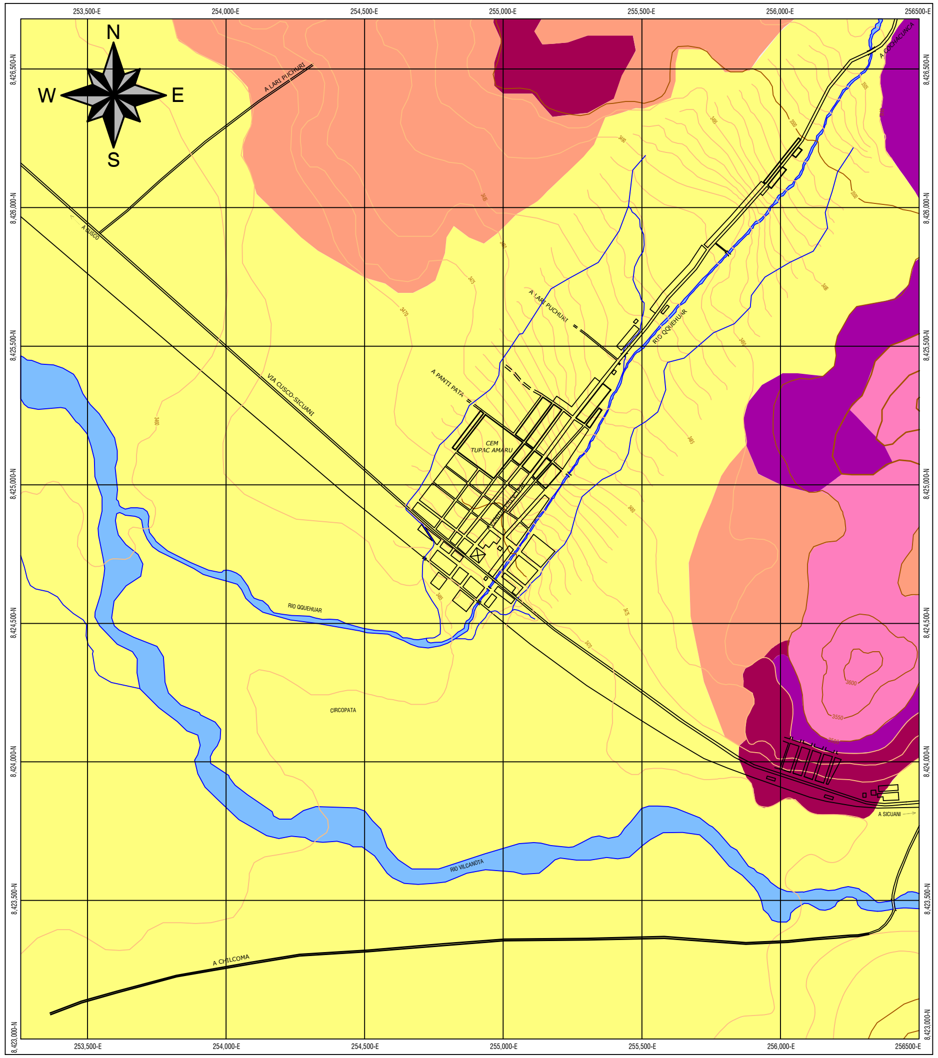
FECHA : MARZO - 2005

PLANO N° : 08

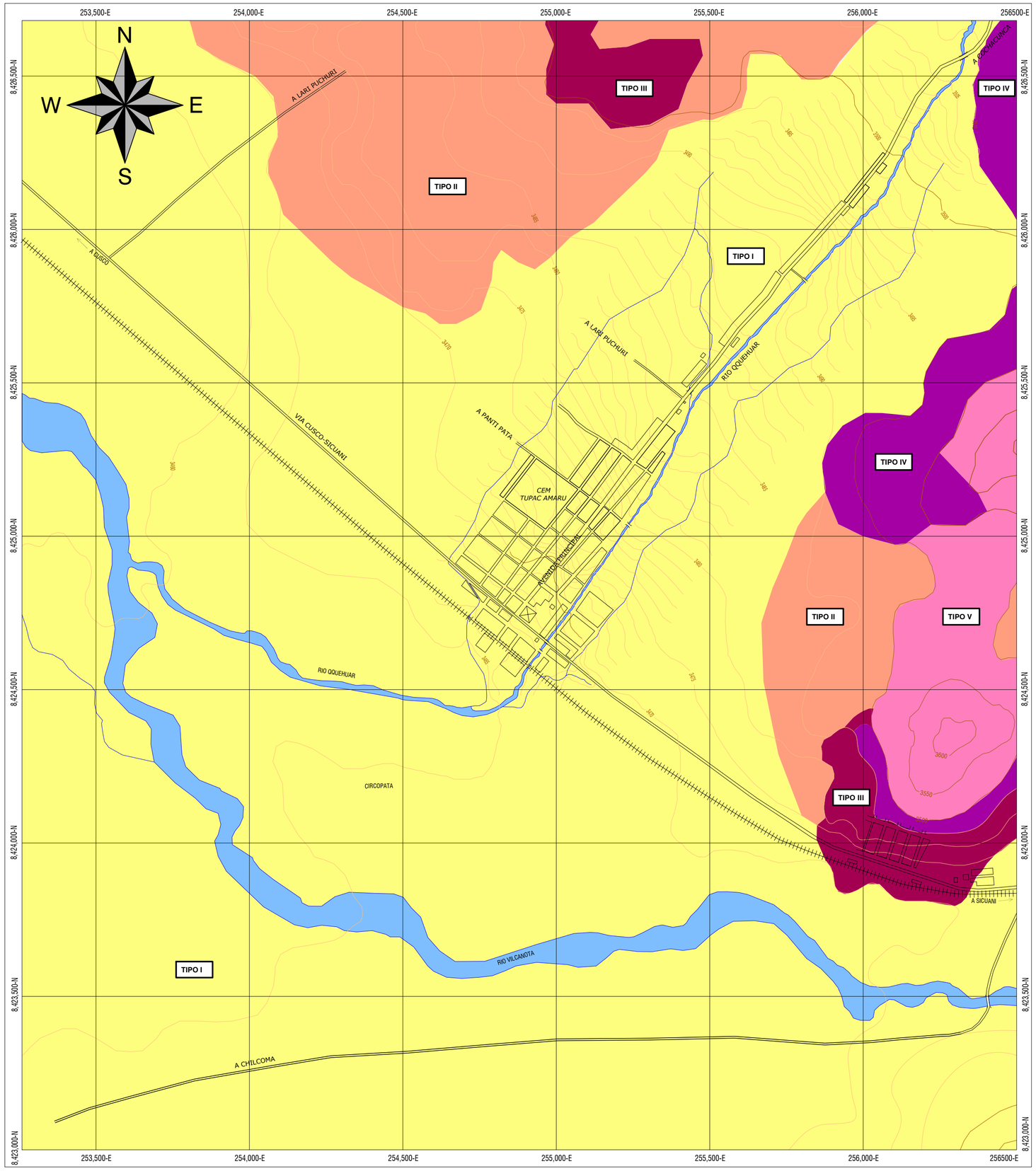
GEOLOGIA : ING. DIMAS APAZA I.

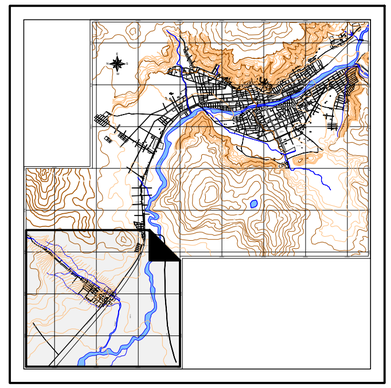
DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.



253,500-E
254,000-E
254,500-E
255,000-E
255,500-E
256,000-E
256500-E
8,426,500-N
8,426,000-N
8,425,500-N
8,425,000-N
8,424,500-N
8,424,000-N
8,423,500-N
8,423,000-N
N
S
E
W
A LARI PUCHURI
A COCHACUNCA
A LARI PUCHURI
RIO QQUEHUAR
A PANTI PATA
CEM
TUPAC AMARU
VIA CUSCO -SICUANI
RIO QQUEHUAR
CIRCOPATA
RIO VILCANOTA
A SICUANI
A CHILCOMA





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

CLASIFICACION DE PENDIENTES

TIPO	COLOR	PENDIENTE %	DESCRIPCION
TIPO I		00 - 04	MUY SUAVE
TIPO II		04 - 08	SUAVE
TIPO III		08 - 15	MEDIA
TIPO IV		15 - 25	MODERADA
TIPO V		25 - 50	POCO EMPINADA

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
GE-05 : MAPA DE PENDIENTES DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

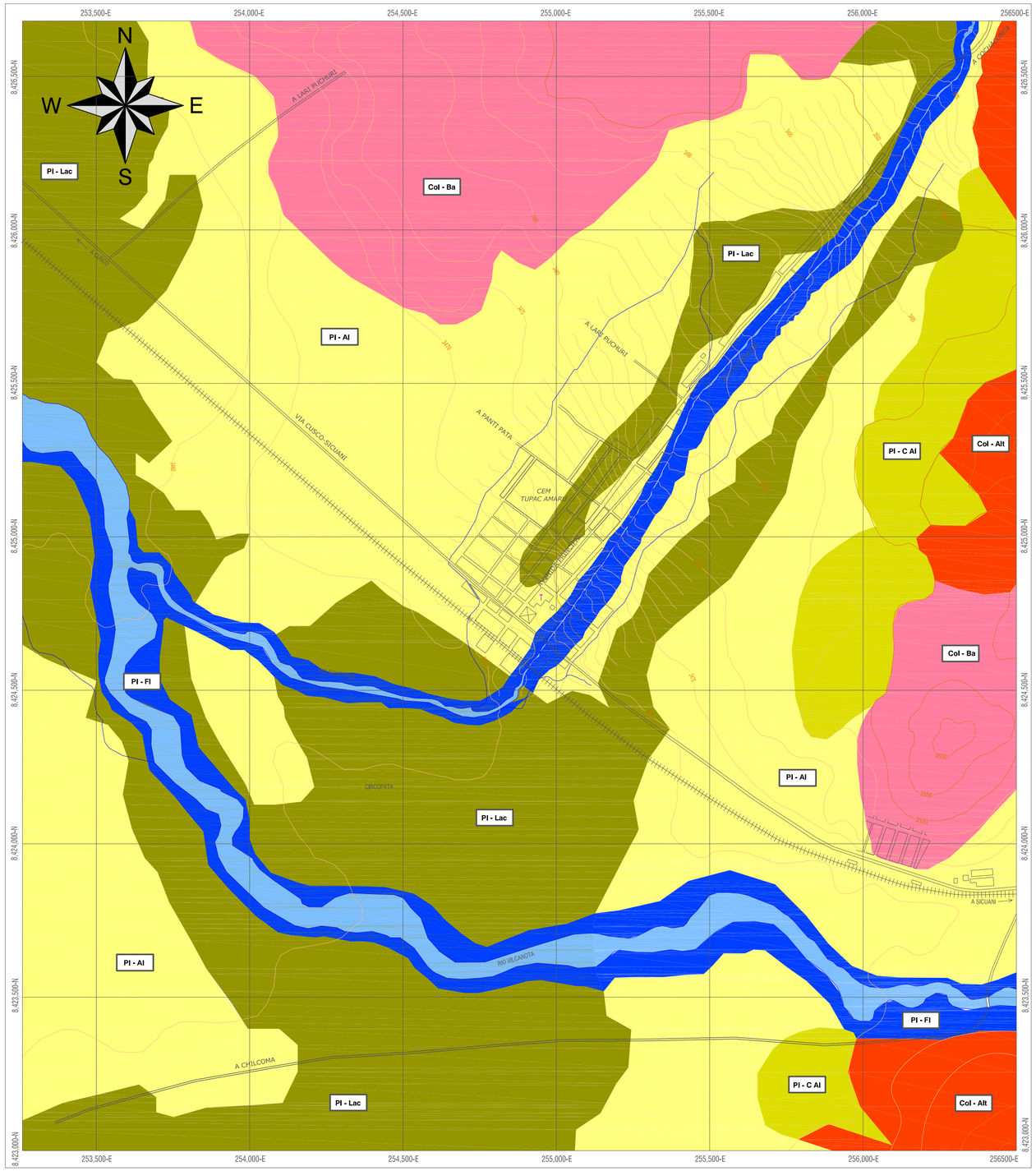
FECHA : MARZO - 2005

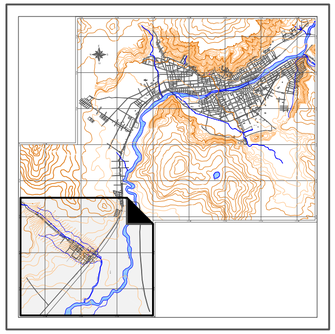
PLANO N° : 09

GEOLOGIA : ING. DIMAS APAZA I.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

GEOMORFOLOGIA LOCAL

PI - Fl		CAUCE FLUVIAL	TERRAZAS BAJAS	PLANICIES
PI - Al		LLANURA ALUVIAL		
PI - C Al		CONOS ALUVIALES		
PI - Lac		LLANURA LACUSTRE		
Col - Ba		COLINAS BAJAS	COLINAS	MONTAÑAS
Col - Alt		COLINAS ALTAS		

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
GE- 06 : MAPA GEOMORFOLOGICO DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

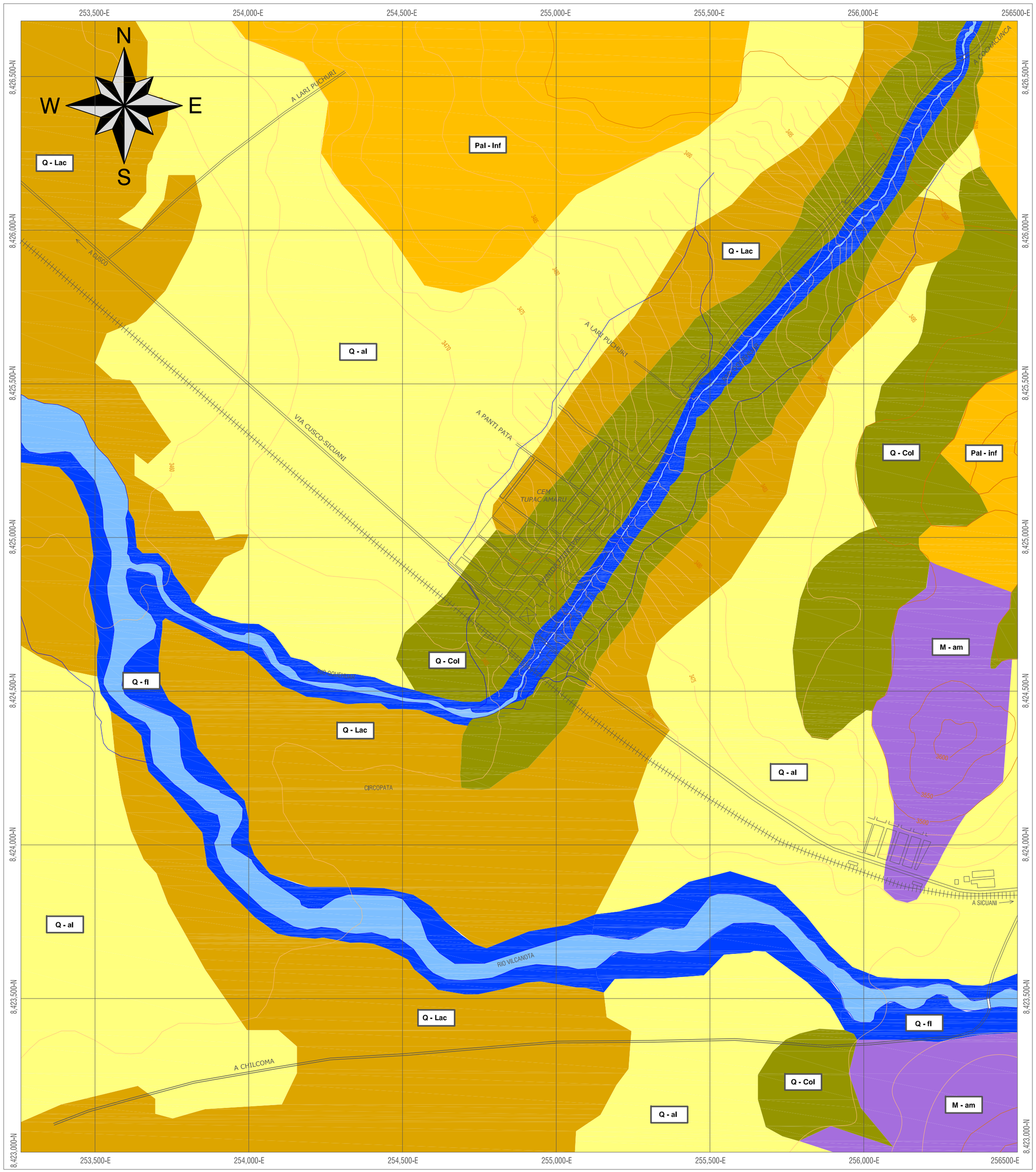
FECHA : MARZO - 2005

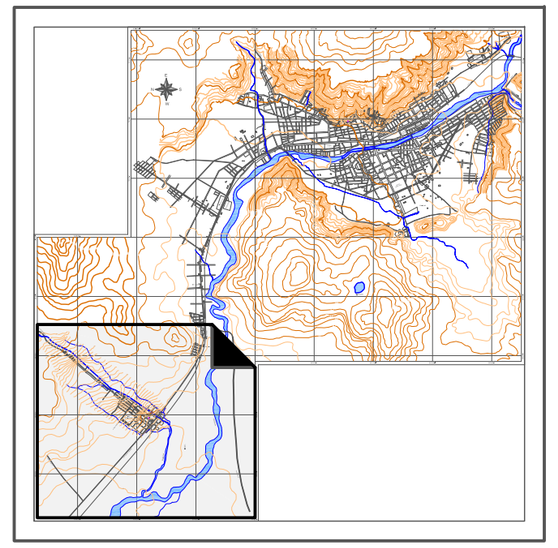
PLANO N° : 10

ELABORADO: ING. DIMAS APAZA I.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

LITOLOGIA LOCAL

Q - fl		CUATERNARIO FLUVIAL
Q - al		CUATERNARIO ALUVIAL
Q - Lac		CUETERNARIO LACUSTRE
Q - Col		CUATERNARIO COLUVIAL
M - am		ARENISCAS, ESQUISTOS Y CONGLOMERADOS
Pal - inf		ESQUISTOS Y CUARCITAS

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

GE- 07 : MAPA LITOLOGICO DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

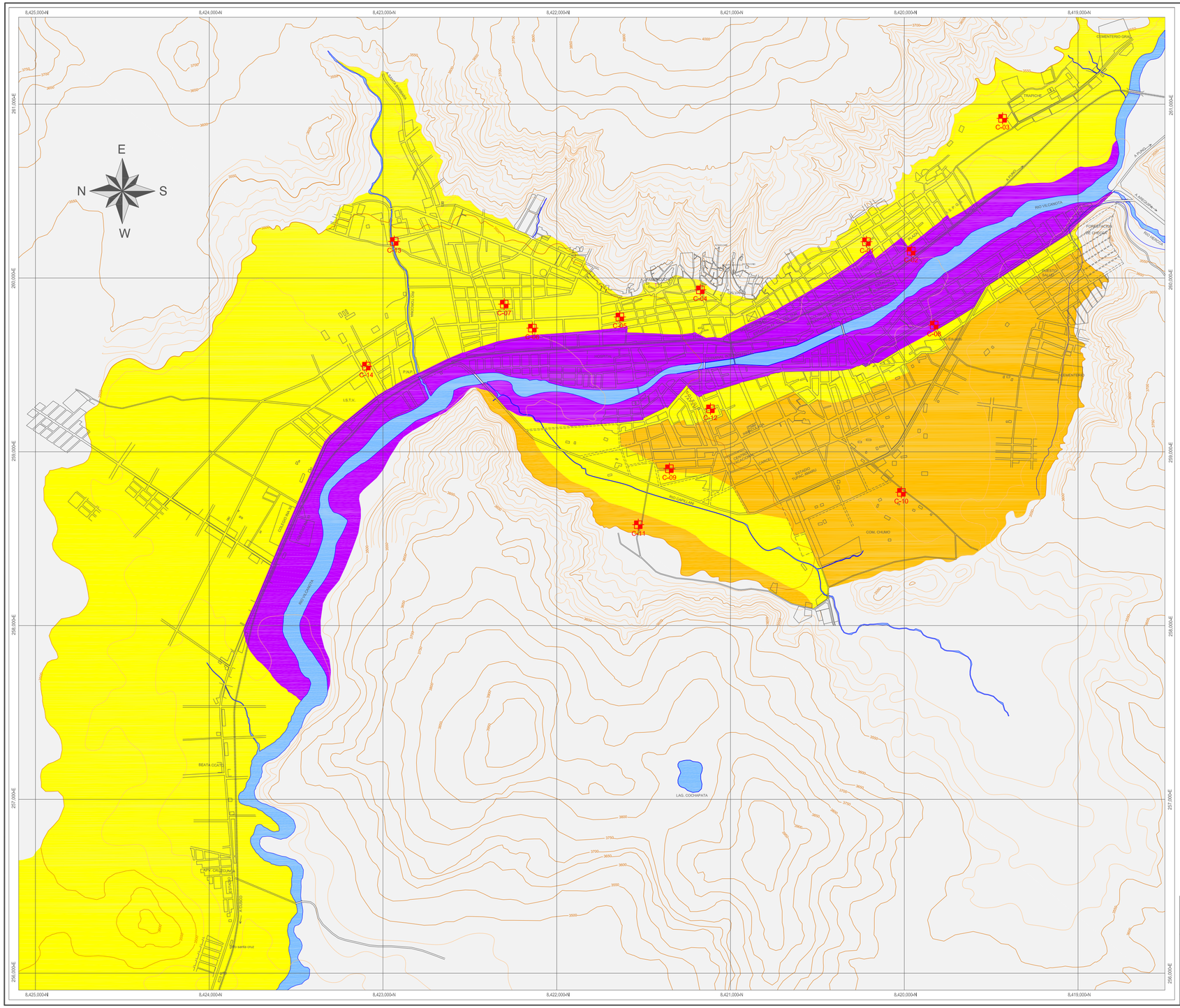
FECHA : MARZO - 2005

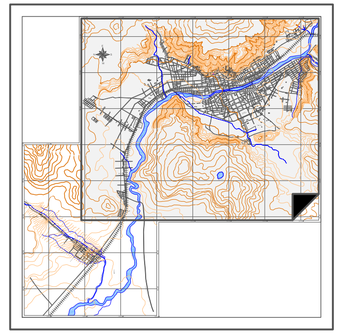
PLANO N° : 11

ELABORADO: ING. DIMAS APAZA I.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

UBICACION DE CALICATAS

CODIGO	COORDENADAS	UBICACION	PROF. (M)	CLASIF. SUCS
C-01	260208.4257,8427782.3055	AV. 25 DE MAYO (NUEVA ROSASPATA)	2.70	SM, CL
C-02	260154.4732,8428039.9032	JR. AMAUTA (SECTOR MIRAFLORES)	2.80	GM, GP
C-03	260914.0464,8428569.9282	COTAÑAPAMPA (TRAPICHE)	2.40	GM, GM
C-04	259932.0353,8426826.4394	JR. MARIAPATA (PAMPACUCHO)	2.45	SM, GM
C-05	259775.8491,8426363.0979	JR. APURIMAC	3.00	SM
C-06	259711.7591,8425859.6964	PSJE. FERNANDEZ	3.25	GM
C-07	259849.2917,8425697.9554	CALLE MEXICO	3.00	CL-ML, GP
C-08	259728.9825,8428171.8954	AV. SANTA CRUZ (ACCOTA)	3.20	GP
C-09	258902.7027,8426648.2181	CALLE ANDRES AVELINO CACERES	3.30	CL-ML, GP
C-10	258766.6414,8427983.2823	SECTOR CHUMO (URAYPAMPA)	3.90	CL, SP, CL
C-11	258580.4593,8426469.1034	JANACPAMPA	3.00	SM, CL-ML, CL
C-12	259247.1367,8426884.3194	CALLE JULIO C. TELLO	3.00	SM, GP
C-13	260210.0569,8425064.7710	SECTOR ACCOBAMBA	3.10	GP
C-14	259492.9820,8424904.5323	AV. PERU (SECTOR MAGISTERIAL)	3.00	CL-ML, SP, CL-ML

TIPOS DE SUELOS

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		GRAVAS POBREMENTE GRADUADAS MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA Y POCOS FINOS FORMAS SUB REDONDEADAS A REDONDEADAS
TIPO II		GRAVAS LIMOSAS MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA-ARENA-LIMO - COMPACIDAD RELATIVA MEDIA A SUELTA. ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENA LIMO - COMPACIDAD RELATIVA MEDIA A SUELTA
TIPO III		ARCILLAS LIMOSAS INORGANICAS DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA MEDIA A BLANDA

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO : GT-01 : MAPA DE UBICACION DE CALICATAS Y TIPOS DE SUELOS DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

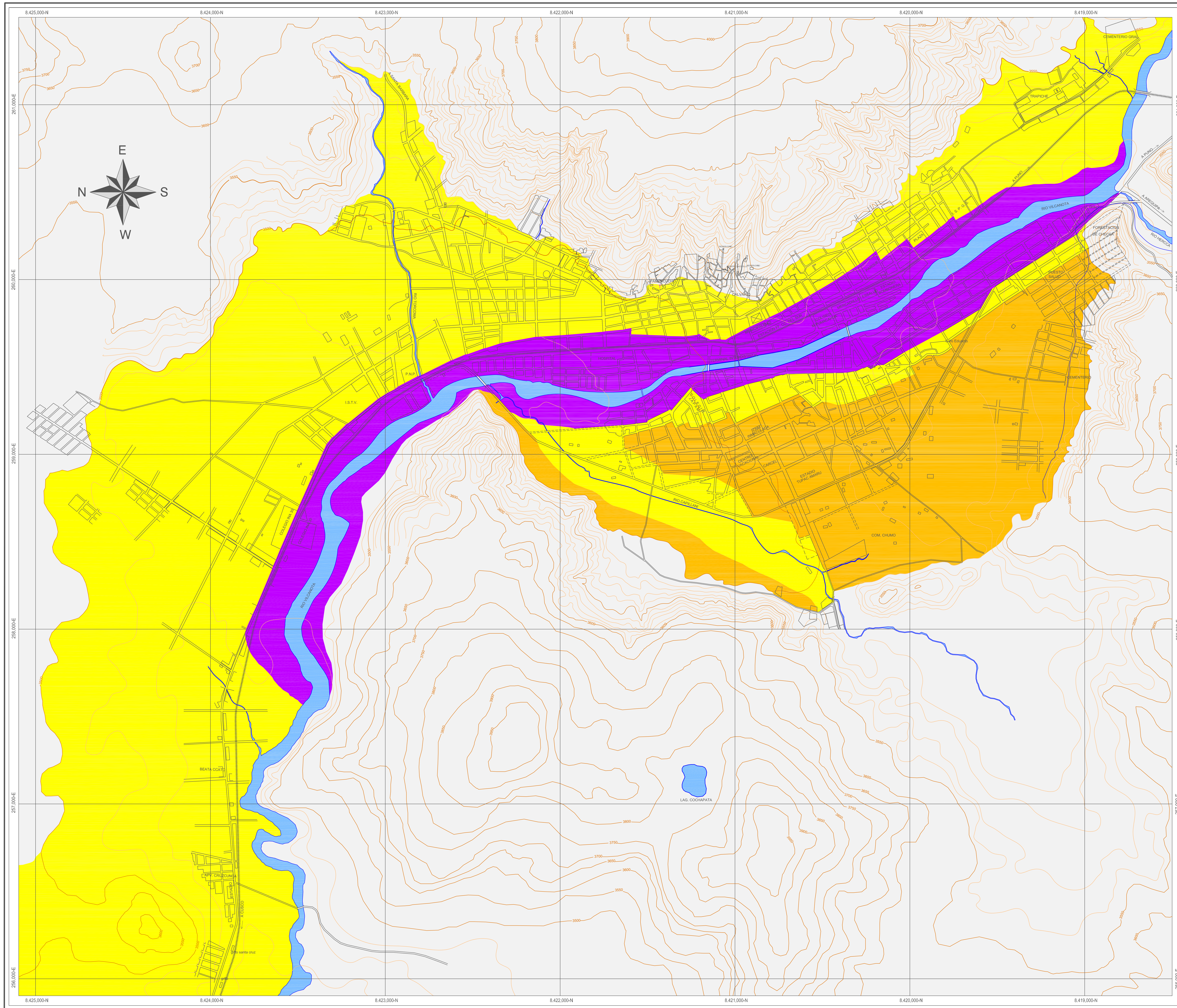
FECHA : MARZO - 2005

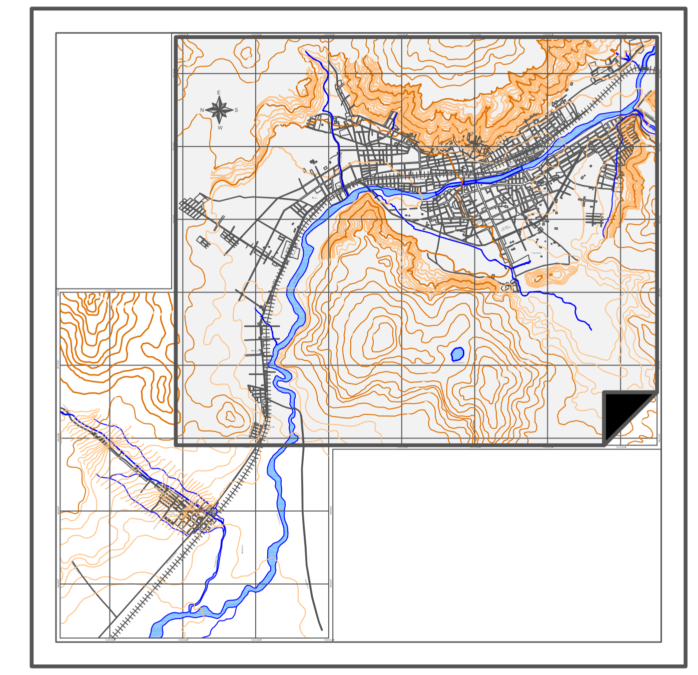
PLANO N° : 12

GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE Y ASENTAMIENTOS

TIPO	COLOR	ANCHO MINIMO CIMENTACION (m)	Df (m)	Q ADM (Kg/cm2)	ASENTAMIENTOS (cm)	
					INMEDIATO	DIFERIDO
TIPO I		1,50 (*)	1,20 1,40 1,50 1,70 1,80 2,00	1,23-1,56 1,42-1,81 1,52-1,93 1,72-2,18 1,82-2,31 2,02-2,60	3,90	
TIPO II		1,50 (*)	1,20 1,40 1,50 1,70 1,80 2,00	1,13 1,18 1,22 1,25 1,27 1,31		6,42
TIPO III		1,50 (*)	1,20 1,40 1,50 1,70 1,80 2,00	1,09 1,26 1,35 1,52 1,61 1,80	3,90	

(*) VALOR REFERENCIAL

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

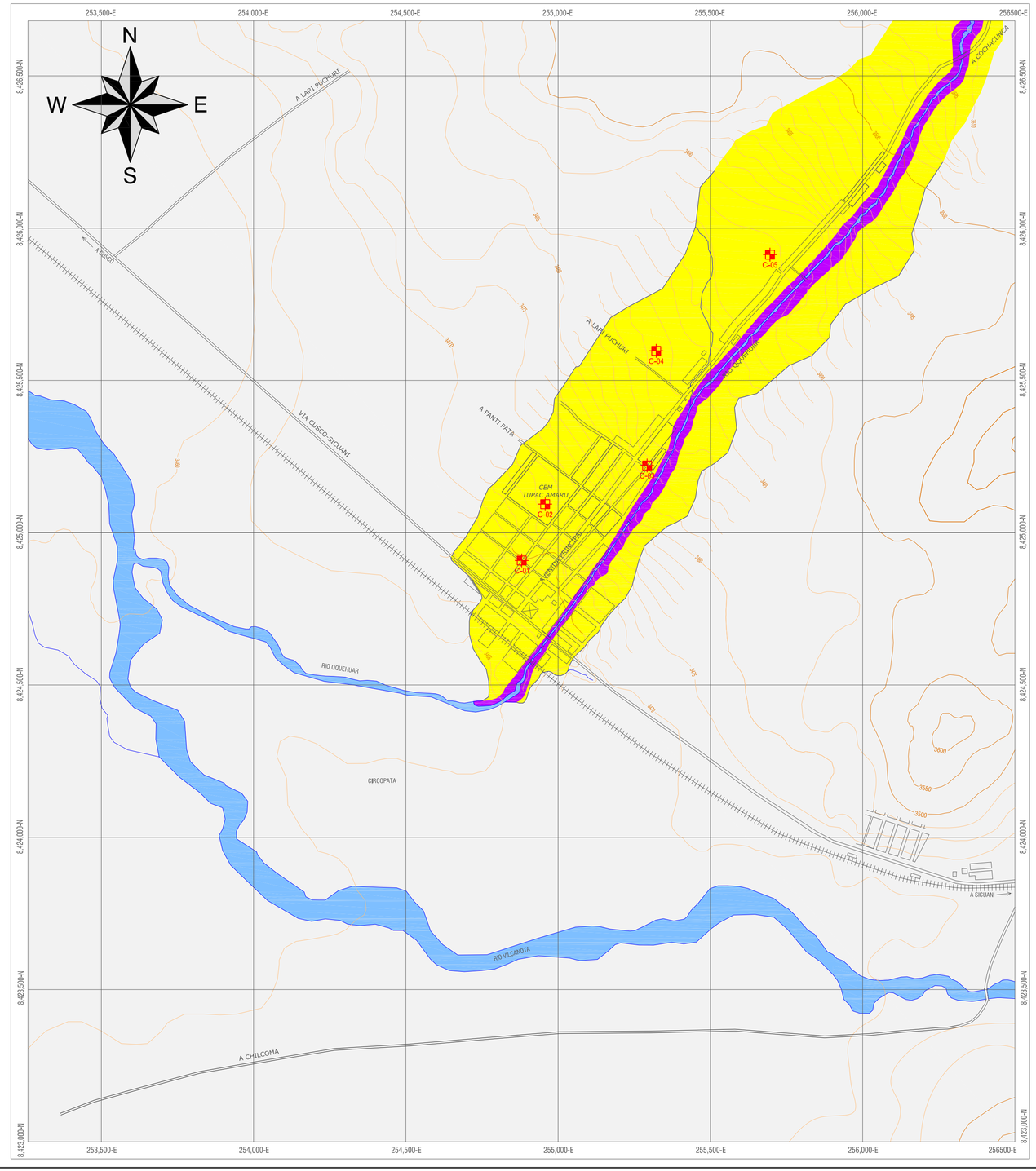
PLANO : GT-02 : MAPA DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE SICUANI

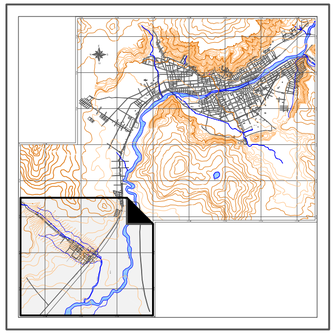
UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000
FECHA : MARZO - 2005

PLANO N° : 13

GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL
DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.
VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

UBICACION DE CALICATAS

CODIGO	COORDENADAS	UBICACION	PROF. (M)	CLASIF. SUCS
C-01	254880.5013,8424908.8898	CALLE S/N	3.00	CL, SM
C-02	254957.5753,8425093.7410	PATIO COLEGIO	3.00	SM, SM
C-03	255292.2971,8425220.6855	CALLE S/N	3.00	CL, SM
C-04	255326.4235,8425594.5932	CALLE S/N	3.00	SM, SM
C-05	255695.7312,8425913.0959	CALLE S/N	3.00	SM, SM

TIPOS DE SUELOS

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		GRAVAS POBREMENTE GRADUADAS MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA, FORMAS SUB REDONDEADAS - LECHO DE RIO
TIPO II		ARENAS LIMOSAS MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENA LIMO, CAPAS DE ARENAS FINAS

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
GT-03 : MAPA DE UBICACION DE CALICATAS Y TIPOS DE SUELOS DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

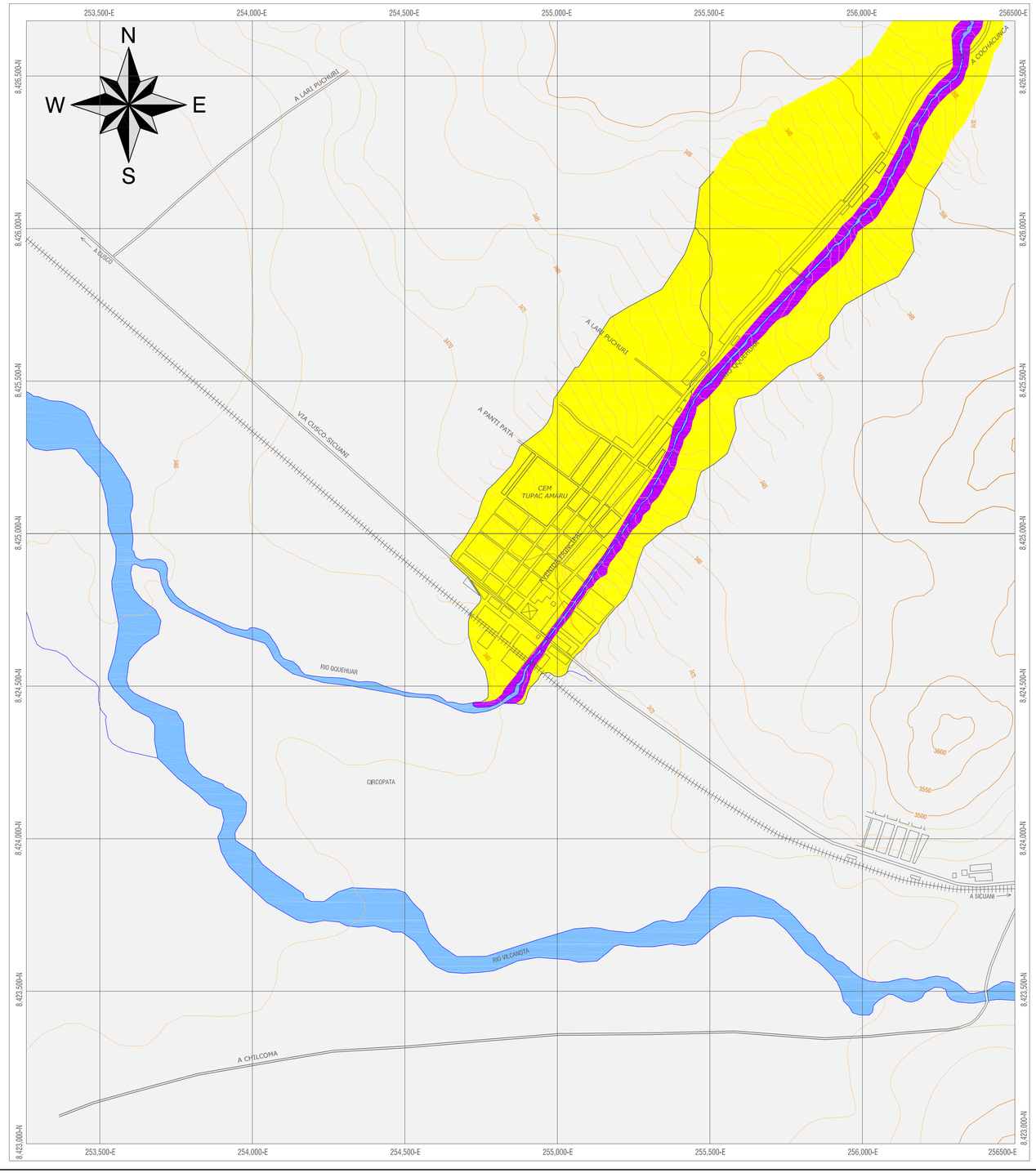
FECHA : MARZO - 2005

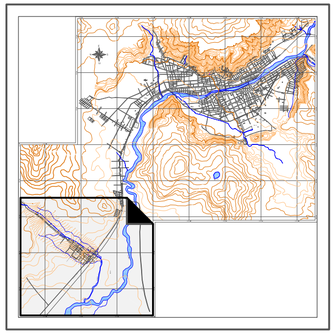
PLANO N° : 14

GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE Y ASENTAMIENTOS

TIPO	COLOR	ANCHO MINIMO CIMENTACION (m)	Df (m)	Q ADM (Kg/cm2)	ASENTAMIENTO (cm) INMEDIATO
TIPO I		LECHO DEL RIO			
TIPO II		1,50 (*)	1,20 1,30 1,40 1,50 1,60 1,70 1,80	1,05 1,11 1,16 1,22 1,30 1,32 1,40	2,49

(*) VALOR REFERENCIAL

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
GT-04 : MAPA DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

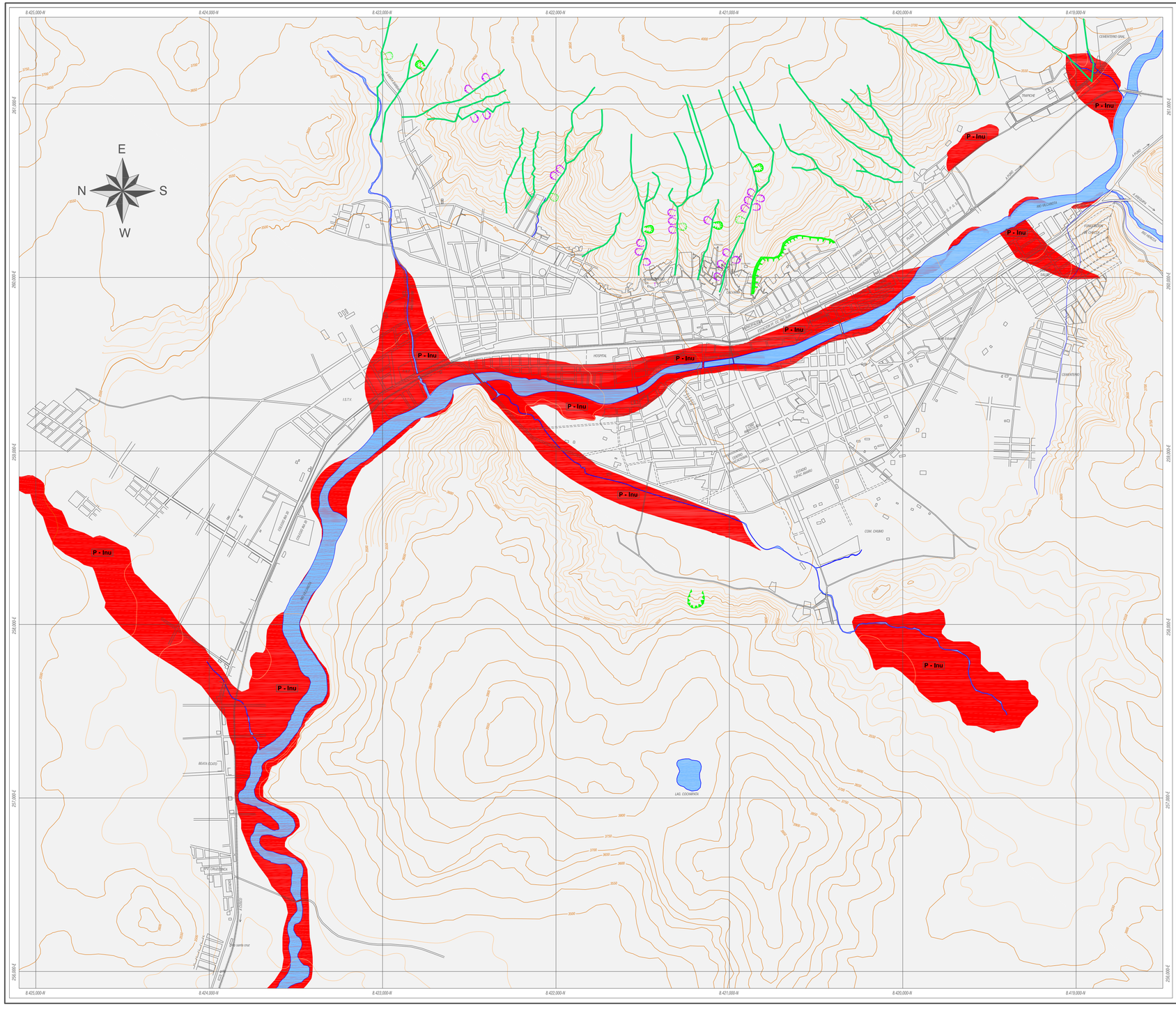
FECHA : MARZO - 2005

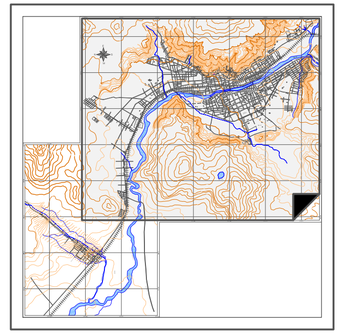
PLANO N° : 15

GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

INVENTARIO DE AREAS INESTABLES

D - Act		DESLIZAMIENTOS ACTIVOS
D - Pas		DESLIZAMIENTOS PASIVOS
Qda.		QUEBRADAS
P - Inu		ZONAS INUNDABLES

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
GE- 08 : MAPA DE AREAS INESTABLES DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

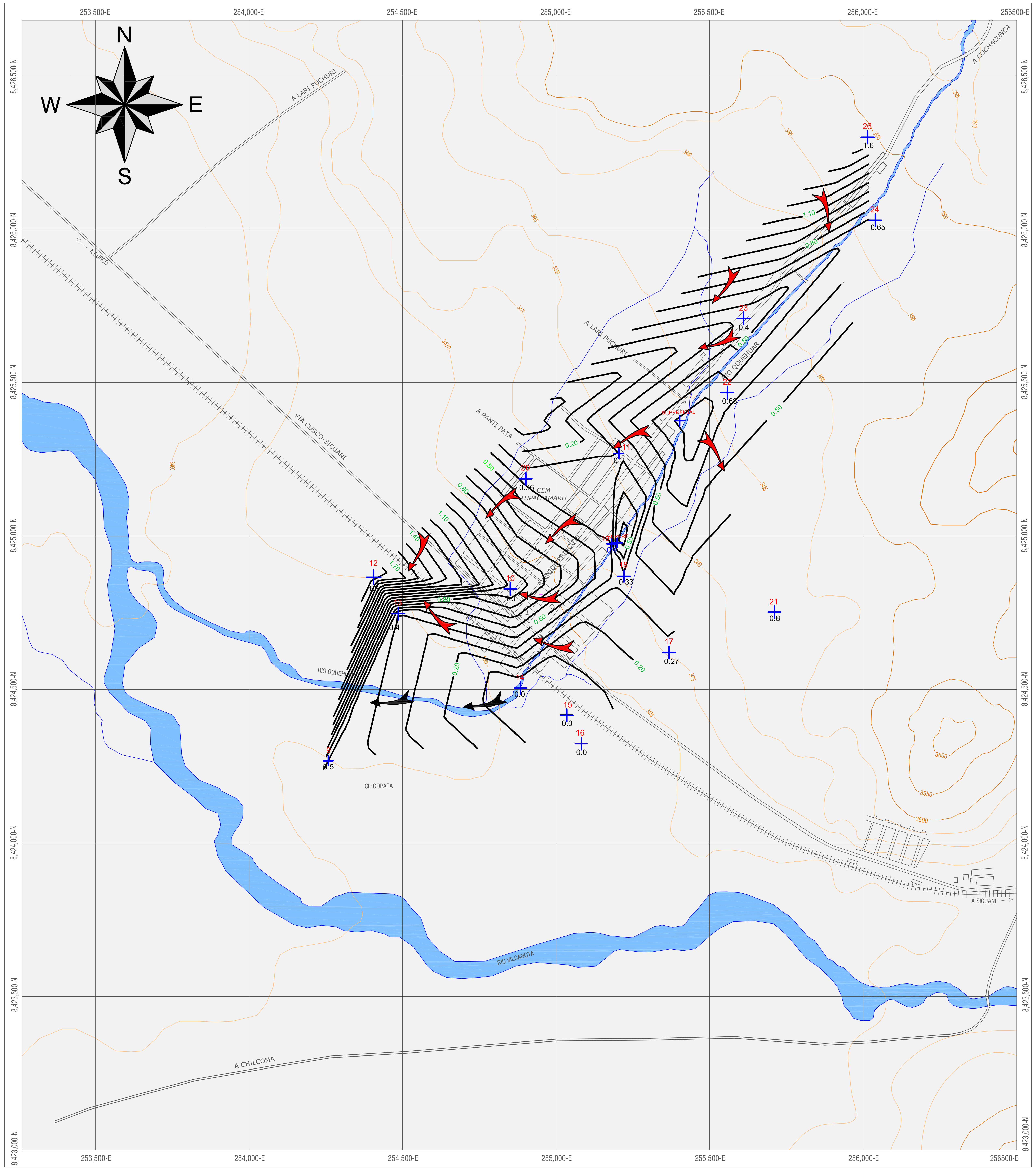
FECHA : MARZO - 2005

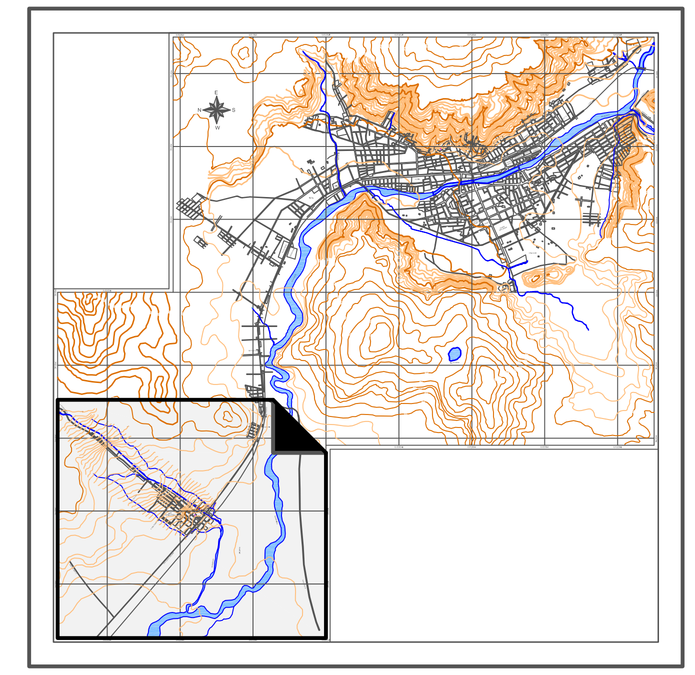
PLANO N° : 16

ELABORADO: ING. DIMAS APAZA I.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDA

PIEZOMETRIA LOCAL

9 NUMERO DE PIEZOMETRO
UBICACION DEL PIEZOMETRO
0.5 NIVEL DEL PIEZOMETRO

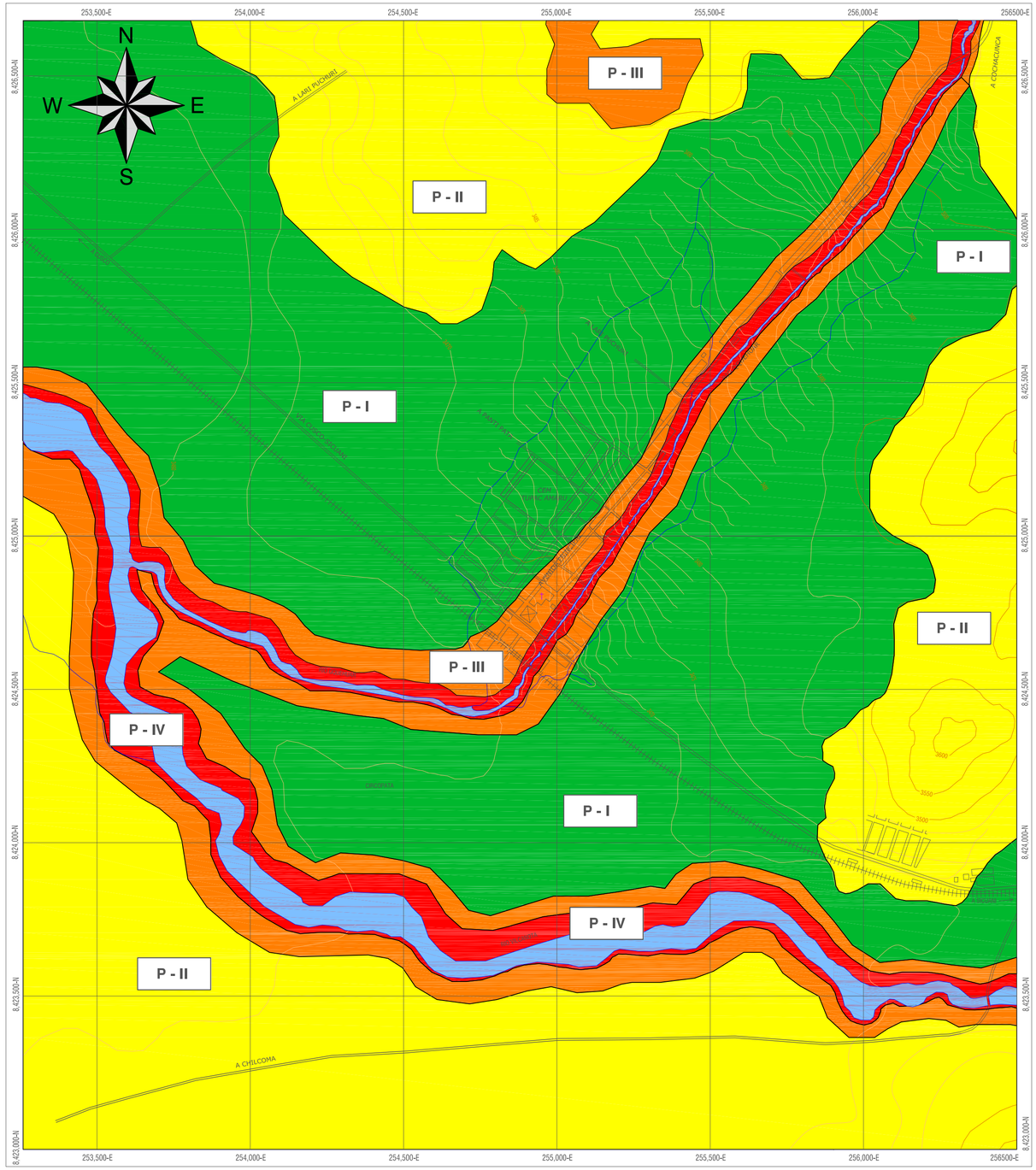
PROYECTO :

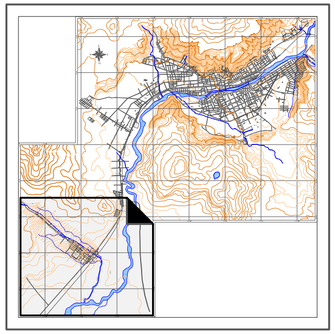
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL PERU

PLANO :
GE-11 : MAPA DE PIEZOMETRIA DE QQUEHUAR

UBICACION :	DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI	ESCALA : 1:10 000 FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 19
GEOLOGIA : ING. DIMAS APAZA I.	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

PELIGROS GEOLOGICOS

P - I		PELIGRO BAJO
P - II		PELIGRO MEDIO
P - III		PELIGRO ALTO
P - IV		PELIGRO MUY ALTO

ESPECIFICACIONES

ZONA DE PELIGRO BAJO

AREAS DE PENDIENTE BAJA, SUELOS DE BUENA ESTABILIDAD, PREDOMINAN SUELOS LACUSTRES Y ALUVIALES, CON NIVEL FREÁTICO SOMERO, CONSIDERANDO DRENAJE ES APTO PARA LA HABILITACION URBANA..

ZONA DE PELIGRO MEDIO

AREAS CON PENDIENTE MODERADA, PREDOMINAN LOS SUELOS COLUVIALES Y PIE DE MONTE DE MEDIANA COMPACIDAD Y RESISTENCIA MECANICA, SUELOS GRANULARES EN GENERAL, REQUIERE ACONDICIONAMIENTO PARA LA HABILITACION.

ZONA DE PELIGRO ALTO

AREAS DE ELEVADA PENDIENTE Y SUELOS CON BASAMENTO ROCOSO A SUPERFICIE, EN AREAS PLANAS INDICA AREAS DE INUNDACION FRECUENTE POR COLMATACION DE SEDIMENTOS EN CAUCE DE RIO Y EROSIÓN DE SUELOS DE LAS MONTAÑAS. CUENCA MUY DINAMICA.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO

SECTORES CON CONSTANTE INESTABILIDAD DE TALUDES, EN LAS CUENCAS BAJAS PRODUCE CONSTANTE COLMATACION DE CAUCES LO QUE INDUCE AL DESBORDE DE CURSOS DE RIOS, LOS DESLIZAMIENTOS PROVOCAN PEQUEÑOS EMBALCES DE LAS QUEBRADAS INUNDANDO LAS AREAS URBANAS. AREAS DE URGENTE ATENCION PARA LA MITIGACIÓN DE DESASTRES NATURALES.

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

GE-10 : MAPA DE PELIGROS GEOLOGICOS DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

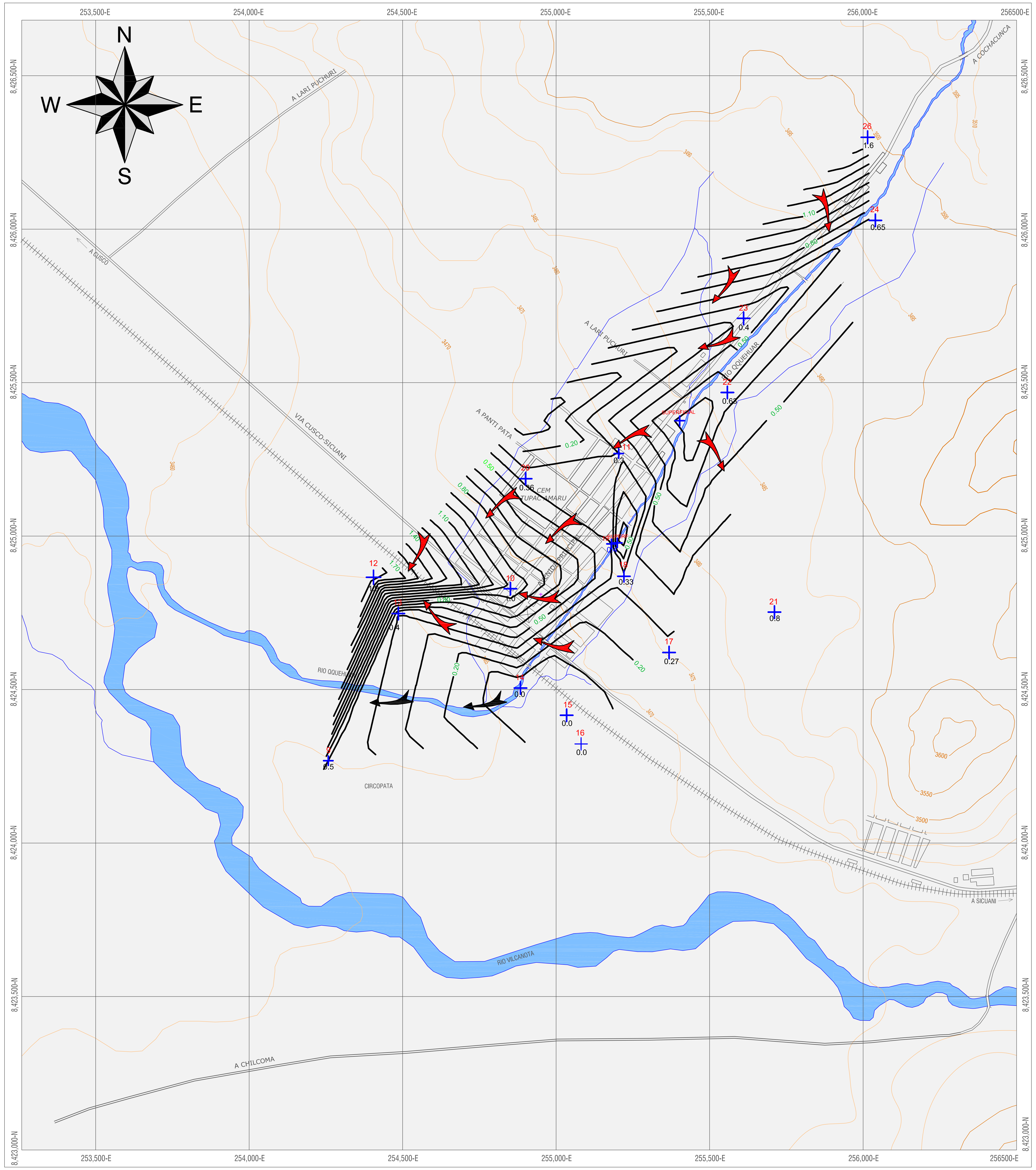
FECHA : MARZO - 2005

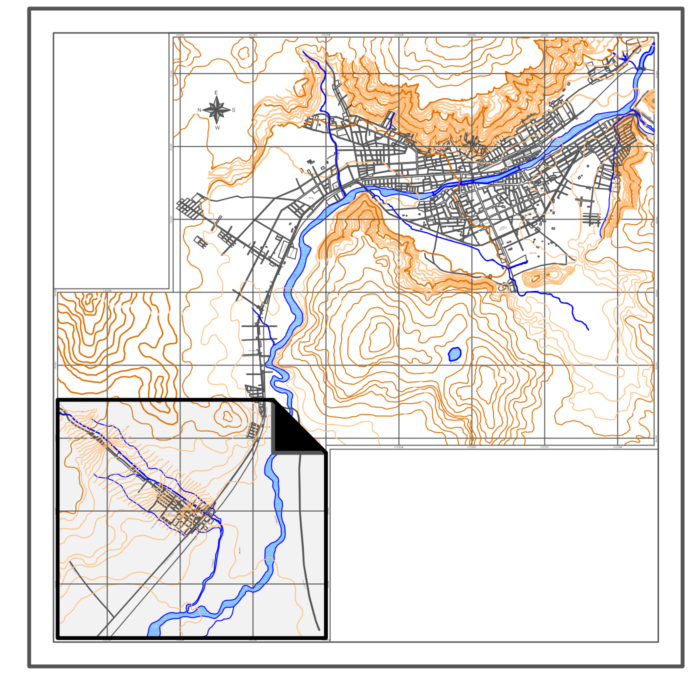
PLANO N° : 18

ELABORADO : ING. DIMAS APAZA I.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDA

PIEZOMETRIA LOCAL

9	NUMERO DE PIEZOMETRO
+	UBICACION DEL PIEZOMETRO
0.5	NIVEL DEL PIEZOMETRO

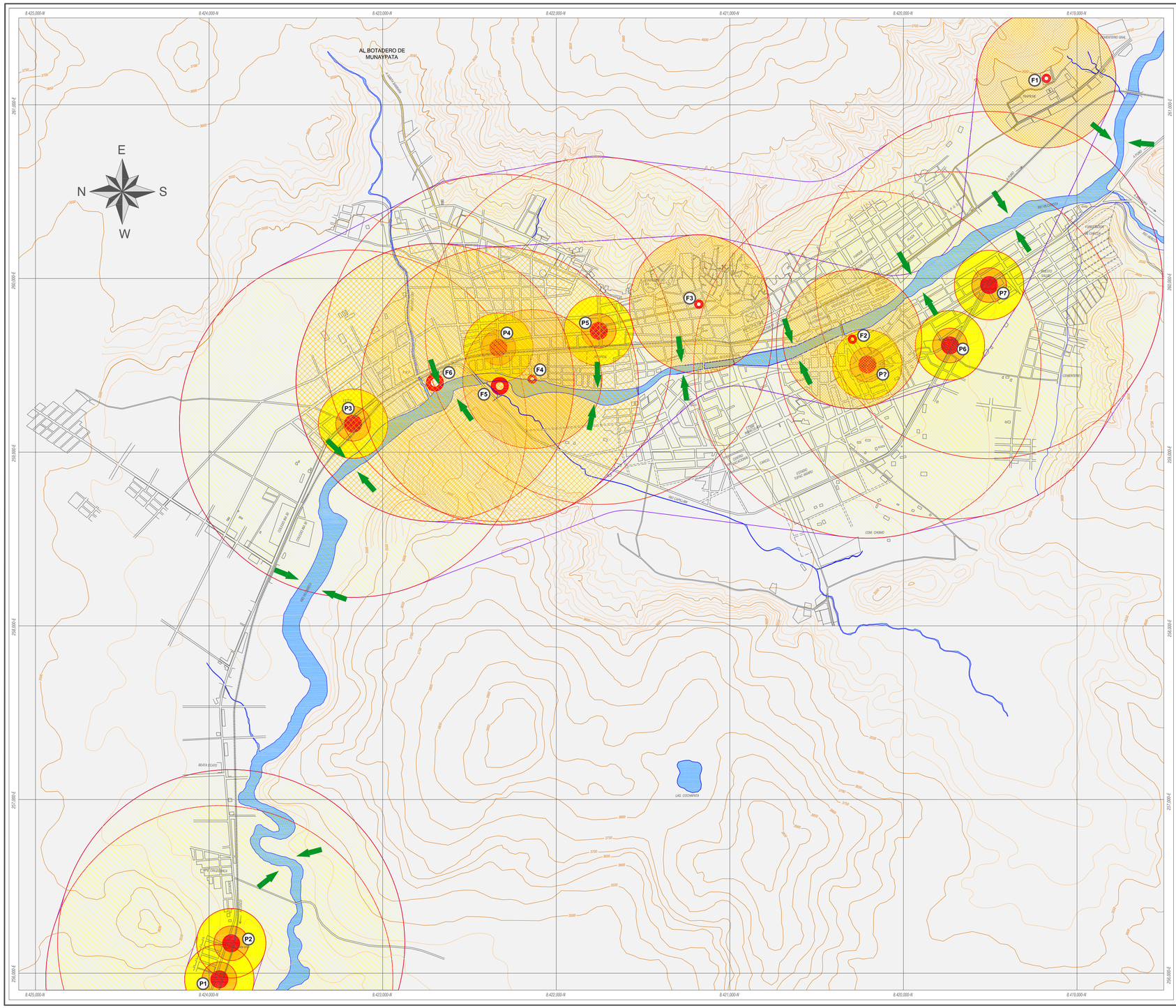
PROYECTO :

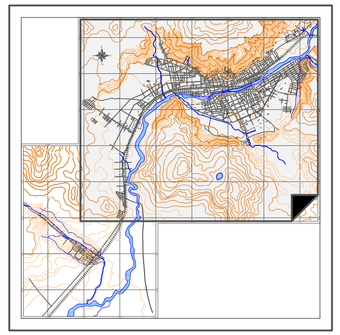
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – PERU

PLANO :
GE-11 : MAPA DE PIEZOMETRIA DE QQUEHUAR

UBICACION :	DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI	ESCALA : 1:10 000 FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 19
GEOLOGIA : ING. DIMAS APAZA I.	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

PUNTOS FLAMABLES

- P1 GRIFO GRIMALDO
- P2 GRIFO SANTA CRUZ
- P3 GRIFO SAN JUAN
- P4 GRIFO STA MONICA
- P5 GRIFO VILCANOTA
- P6 GRIFO EDUARDO
- P7 GRIFO HNOS CORIMANYA
- P? GRIFO INFORMAL SIN REGISTRO

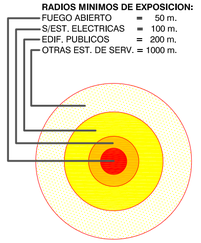
FOCOS DE CONT. AMBIENTAL

- F1 BOTADERO EX CEMENTERIO
- F2 BOTADERO EX PUENTE COLGANTE
- F3 BOTADERA DEL MERCADO CENTRAL
- F4 BOTADERO DE MATIAS VELARDE
- F5 CLOACA URBANA MARG. IZQUIERDA
- F6 CLOACA URBANA MARG. DERECHA
- RUTA DE EVACUACION DE DESECHOS

RADIOS DE EXPOSICION

RADIOS MINIMOS DE EXPOSICION:

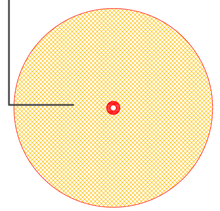
FUEGO ABIERTO = 50 m.
S/EST. ELECTRICAS = 100 m.
EDIF. PUBLICOS = 200 m.
OTRAS EST. DE SERV. = 1000 m.



RADIOS DE CONTAMINACION

RADIOS MINIMOS DE CONTAMINACION:

ACTIVA = 800 m.
PASIVA = 5000 m.



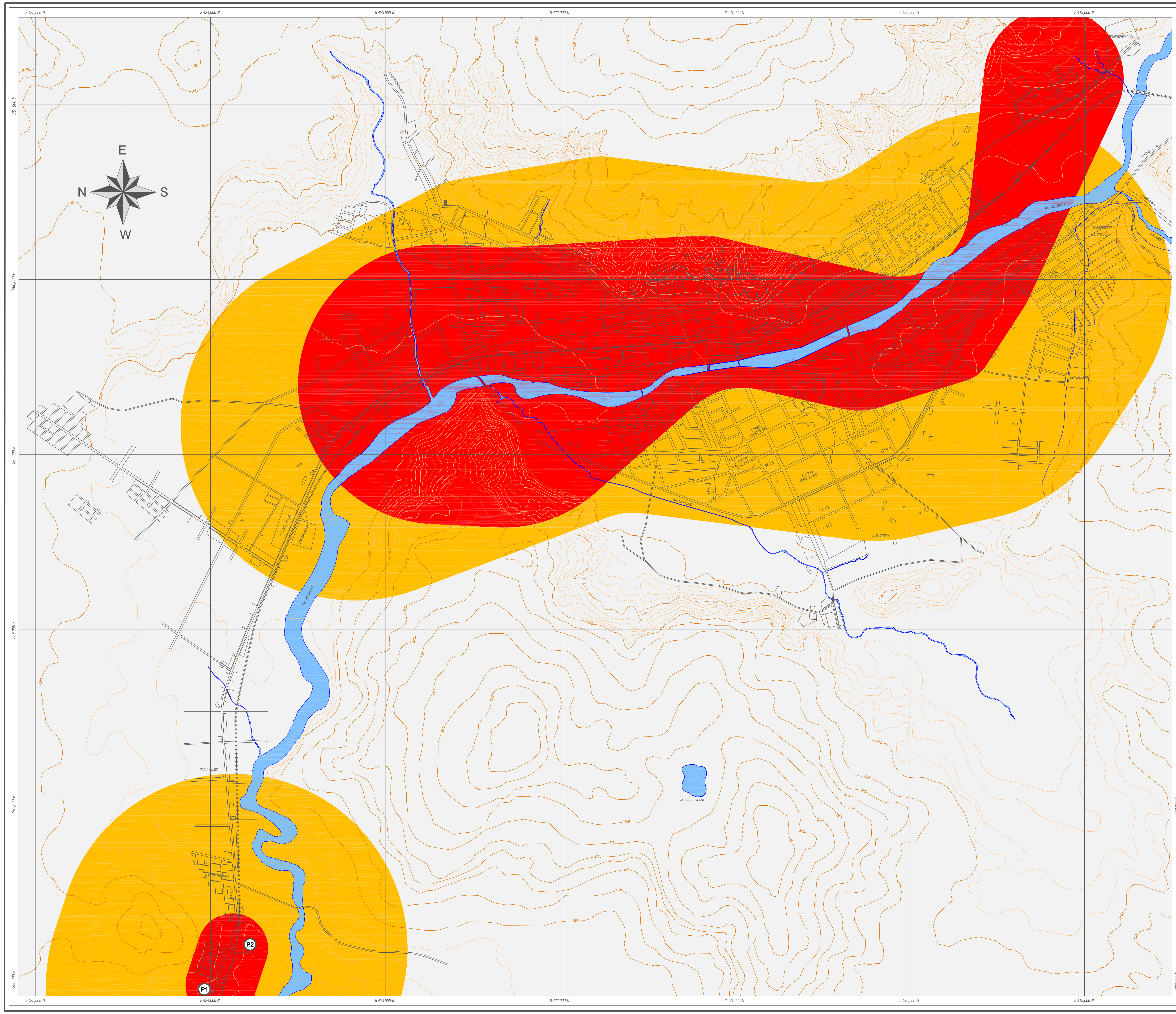
VECTOR DE AGUAS SERVIDAS:
DRENAJES - DESECHOS LIQUIDOS CONTAMINAN AL RIO

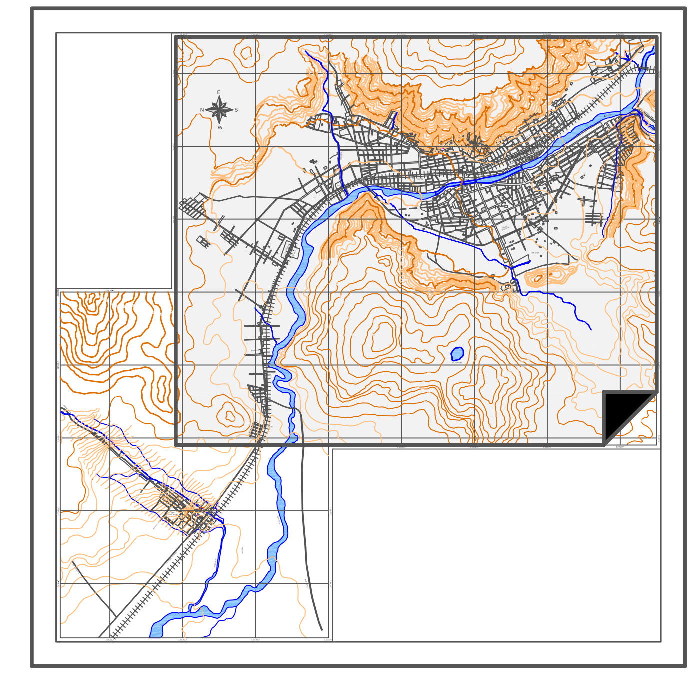
PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO : AN-01 : MAPA DE INVENTARIO DE PELIGROS ANTROPICOS DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO; PROV. : CANCHIS; DIST. : SICUANI
ESCALA : 1:15 000
FECHA : MARZO - 2005
PLANO N° : 20

GEOLOGIA : ARQ. HUGO FARFAN A.
DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.
VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

AMBITOS DEL PELIGROS ANTROPICO

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA
TIPO II		AREA DE INFLUENCIA DIRECTA
TIPO III		CORREDOR DE PELIGRO

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

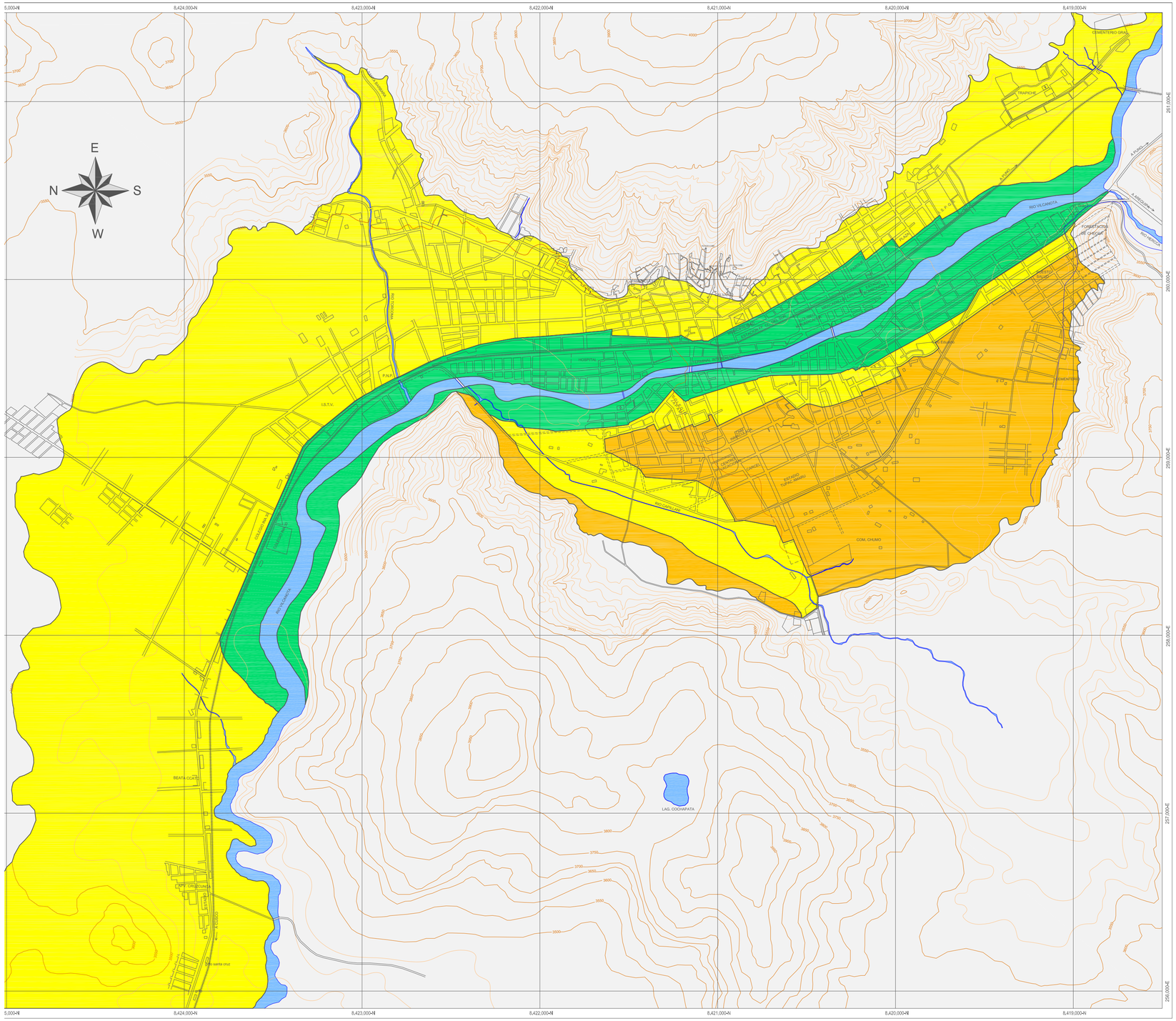
PLANO :
AN-02 : MAPA DE PELIGRO ANTROPICO DE SICUANI

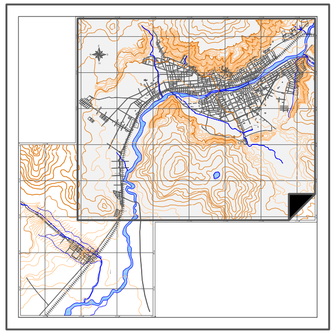
UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000
FECHA : MARZO - 2005

PLANO N° : 21

GEOLOGIA : ARQ. HUGO FARFAN A.
DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.
VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

EVALUACION DE PELIGRO GEOTECNICO

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		PELIGRO BAJO
TIPO II		PELIGRO MEDIO
TIPO III		PELIGRO ALTO

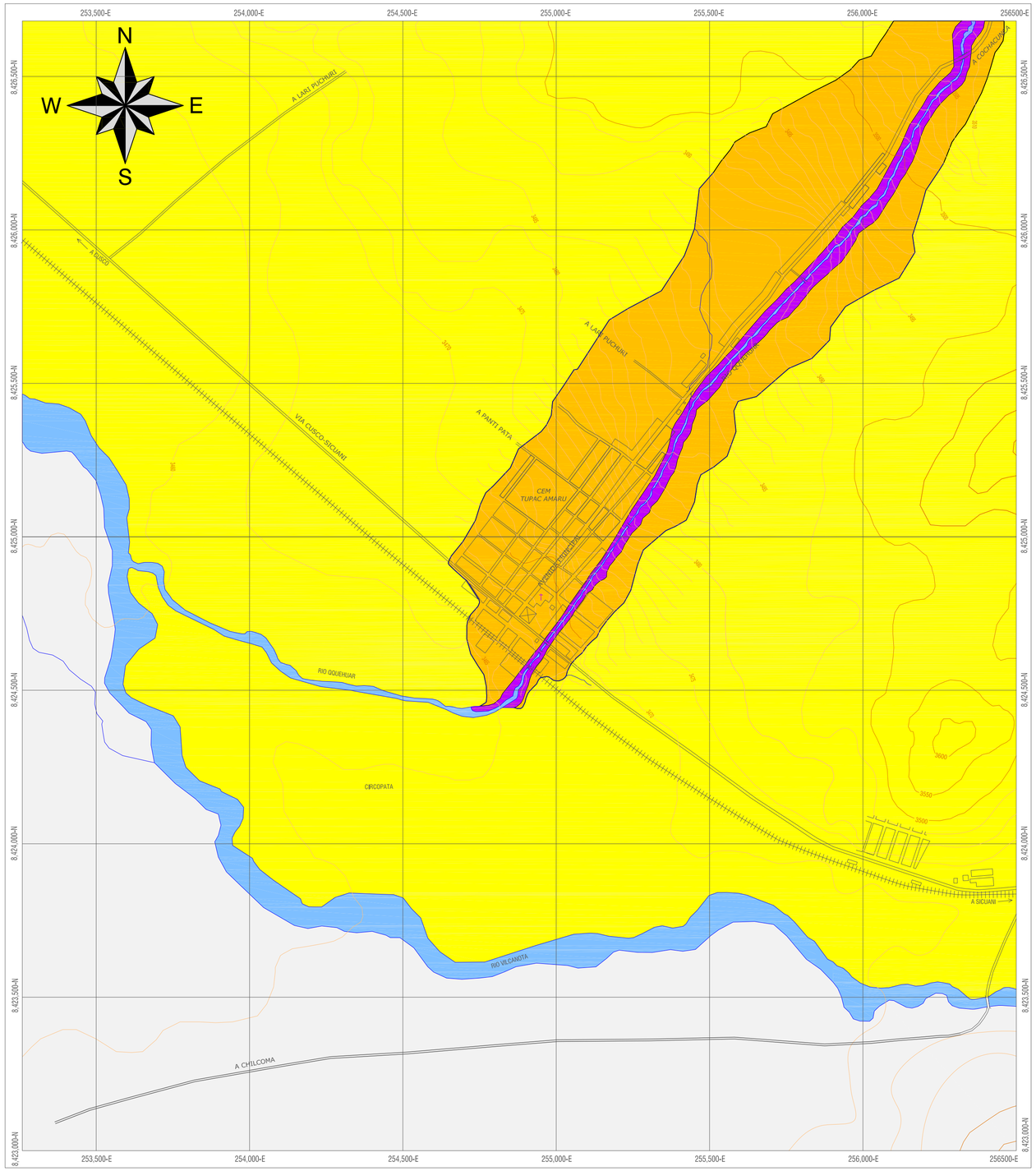
PROYECTO :

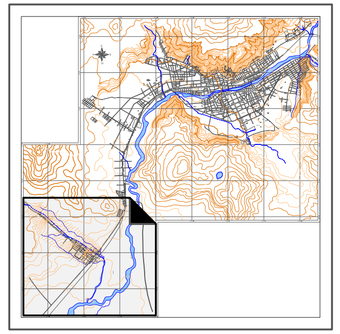
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

GT-05 : MAPA DE PELIGRO GEOTECNICO DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI		ESCALA : 1:15 000 FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 22
GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

EVALUACION DE PELIGRO GEOTECNICO

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO II		PELIGRO MEDIO
TIPO III		PELIGRO ALTO

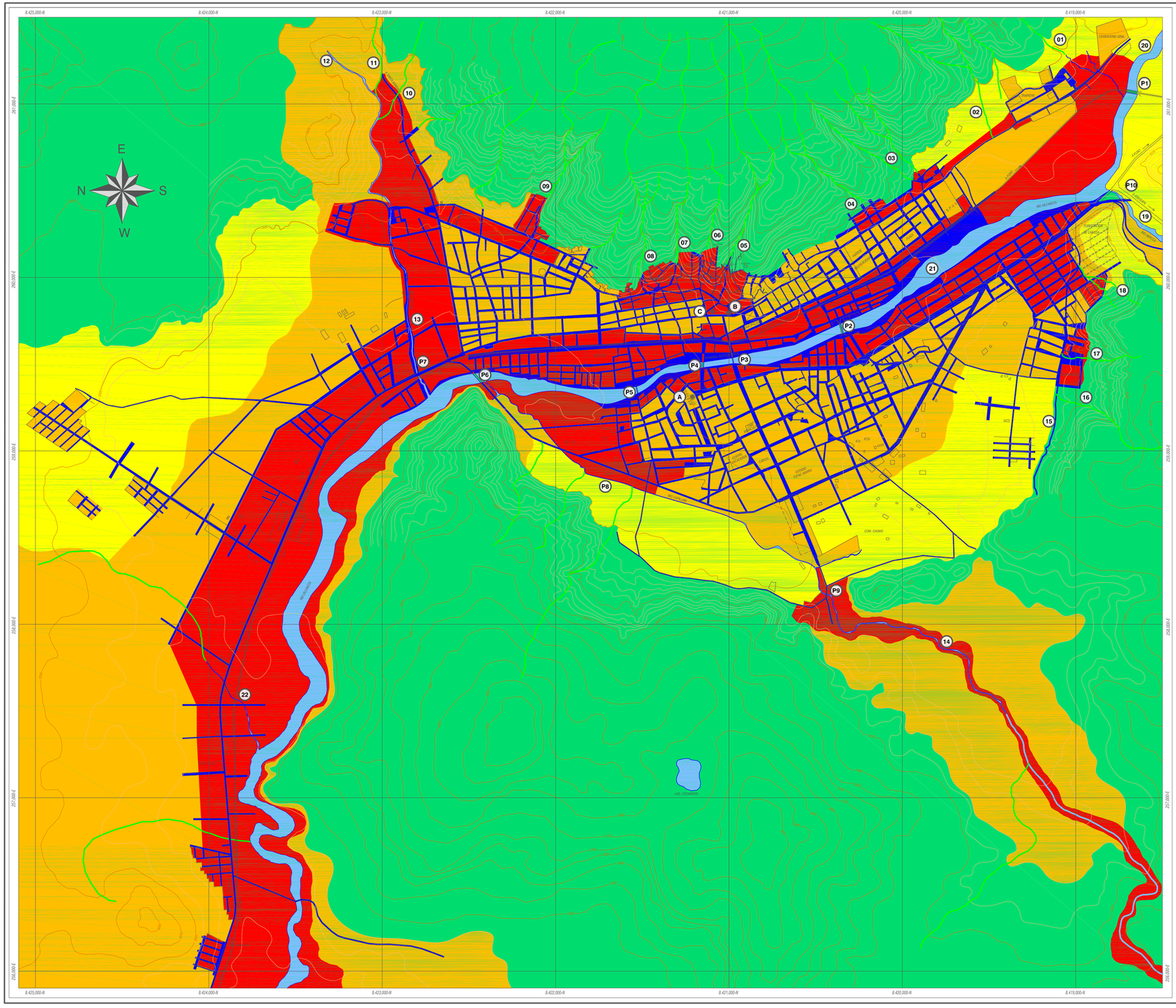
PROYECTO :

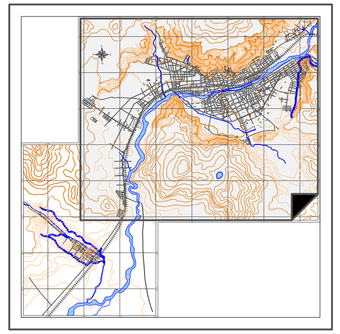
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

GT-06 : MAPA DE PELIGRO GEOTECNICO DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO PROV. : CANCHIS DIST. : SICUANI		ESCALA : 1:10 000 FECHA : MARZO - 2005	PLANO N° : 23
GEOTECNIA : ING. WASHINGTON ESQUIVEL	DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.	VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.	





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

PUENTES

P1	PUENTE FERROVIARIO
P2	PUENTE BOMBONERA
P3	PUENTE VIEJO (CONSTRUCCION)
P4	PUENTE ENRIQUE P. MEJIA
P5	PUENTE CAMELLO
P6	PUENTE PANAMERICANA
P7	ALCANTARILLA PNP
P8	ALCANTARILLA MANUEL PRADO
P9	PUENTE CAPILLANI
P10	PUENTE HERCCA

SISMO 06-04-2005

A	COLEGIO JAPAM
B	DOS DE MAYO
C	MERCADO CENTRAL

CAUSES NATURALES

01	QUEBRADA TRAPICHE
02	QUEBRADA ÑANPOLCAY
03	QUEBRADA SAN FRANCISCO
04	QUEBRADA TIACOLLA
05	QUEBRADA MELGAR
06	QUEBRADA SUTOC
07	QUEBRADA CONDOR HUARACA
08	QUEBRADA MISQUIRI
09	QUEBRADA LANLACUCHO
10	QUEBRADA SACUYO
11	QUEBRADA KASILLO
12	QUEBRADA PATA PATA
13	RIO TORCOMA
14	RIO CAPILLANI
15	CANAL DE IRRIGACION HERCCA
16	QUEBRADA CEMENTERIO
17	QUEBRADA CASUARINAS SUR
18	QUEBRADA SAN ANDRES
19	RIO HERCCA
20	RIO VILCANOTA ALTO
21	RIO VILCANOTA
22	RIO TUMAPATA
	VIAS INUNDADAS
	RIOS
	QUEBRADAS

EVALUACION DE PELIGROS

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		PELIGRO BAJO DE INUNDACION
TIPO II		PELIGRO MEDIO DE INUNDACION
TIPO III		PELIGRO ALTO DE INUNDACION
TIPO IV		PELIGRO MUY ALTO DE INUNDACION

PROYECTO :

INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :

HI-01 : MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

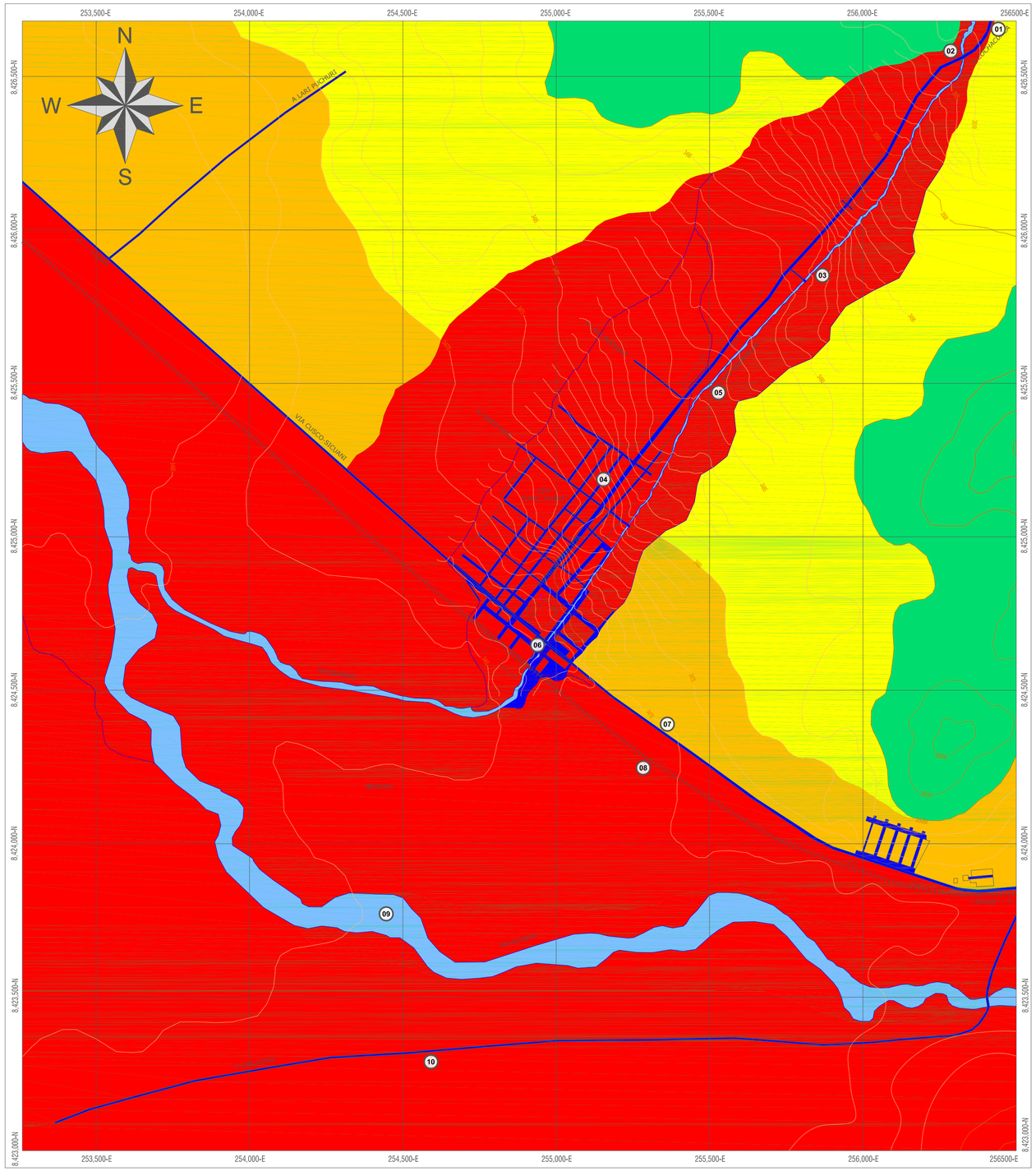
FECHA : MARZO - 2005

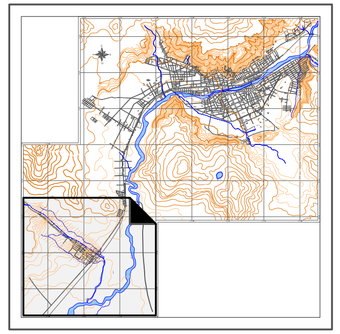
PLANO N° : 24

HIDROLOGIA : ING. CARLOS LOAIZA S.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

ELEMENTOS

01	CARRETERA A CCANCCAHUA
02	PUENTE CCOCHA PATA KCUCHU
03	DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO QQUEHUAR
04	COMUNIDAD DE QQUEHUAR
05	RIO DE QQUEHUAR
06	PUENTE PANAMERICANA
07	CARRETERA A SICUANI
08	VIA FERREA A SICUANI
09	RIO VILCANOTA
10	CARRETERA A CHILCOMA
	VIAS INUNDADAS
	RIOS

EVALUACION DE PELIGROS

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		PELIGRO BAJO DE INUNDACION
TIPO II		PELIGRO MEDIO DE INUNDACION
TIPO III		PELIGRO ALTO DE INUNDACION
TIPO IV		PELIGRO MUY ALTO DE INUNDACION

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
HI-02 : MAPA DE PELIGROS CLIMATICOS DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

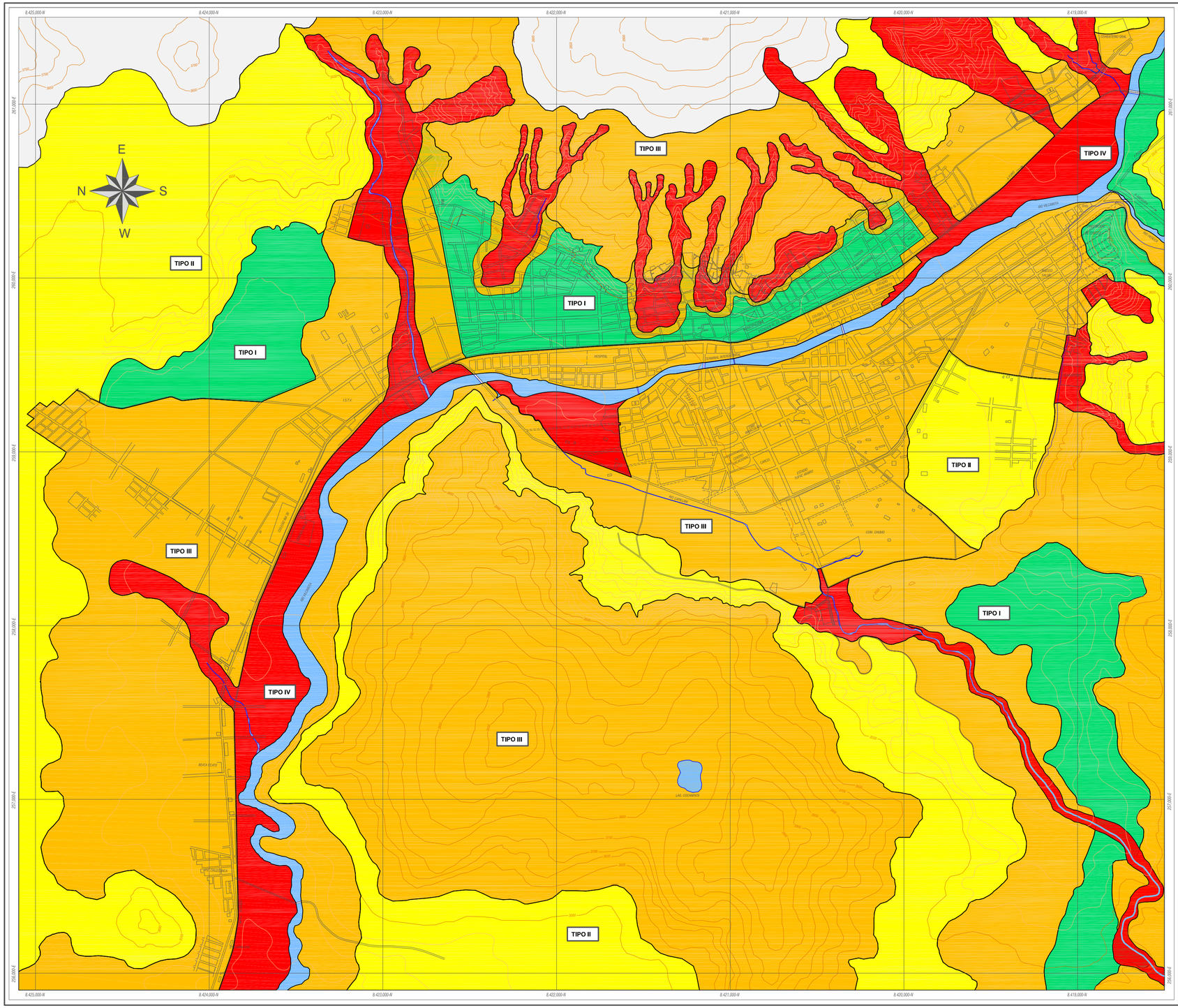
FECHA : MARZO - 2005

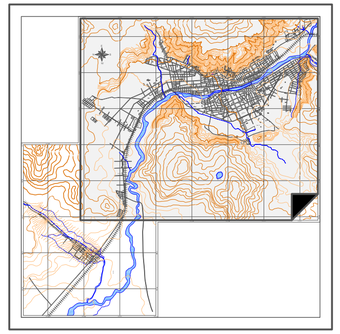
PLANO N° : 25

HIDROLOGIA : ING. CARLOS LOAIZA S.

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

EVALUACION SINTESIS DE PELIGROS

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		PELIGRO BAJO
TIPO II		PELIGRO MEDIO
TIPO III		PELIGRO ALTO
TIPO IV		PELIGRO MUY ALTO

EESPECIFICACIONES

ZONA DE PELIGRO BAJO

INUNDACIONES POR LLUVIAS MUY FUERTES, SE AFECTAN LAS CALLES CON FLUJOS DE AGUA DETERIORANDO LAS CIMIENTACIONES DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE, PROVOCANDO SU ASENTAMIENTO.

ZONA DE PELIGRO MEDIO

INUNDACIONES TEMPORALES, SE AFECTAN LAS CALLES CON FLUJOS DE LODO Y AGUA INUNDANDO LAS VIVIENDAS PARCIALMENTE, SE AFECTAN LAS CONSTRUCCIONES DE C° A° Y ASENTAMIENTOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

ZONA DE PELIGRO ALTO

INUNDACIONES PARCIALES, SE AFECTAN LAS CALLES CON FLUJOS DE LODO Y AGUA INUNDANDO LAS VIVIENDAS PARCIALMENTE, SE AFECTAN LAS CONSTRUCCIONES DE C° A°. BAJO SATURACION, COLAPSO PARCIAL O TOTAL EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO

INUNDACIONES TOTALES, SE AFECTAN LAS ESTRUCTURAS DE C° A° EN SUS CIMIENTOS, COLAPSO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE, COLMATACION Y ARRASTRE DE SEDIMENTOS EN LAS AGUAS QUE GENERAL LODO QUE SE SOLIDIFICA EN LOS CAUSES NATURALES Y ARTIFICIALES.
DENSIFICACION DEL SUELO, EFECTO SISMO

ZONA FUERA DEL AREA DE ESTUDIO

SECTORES DEL AREA DE ESTUDIO EN LOS QUE POR CONDICIONES GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS, HIDROLÓGICAS, TOPOGRÁFICAS Y DE HABILITACION, NO ES POSIBLE LA EXPANSIÓN URBANÍSTICA.

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
SI-01 : MAPA SINTESIS DE PELIGROS DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

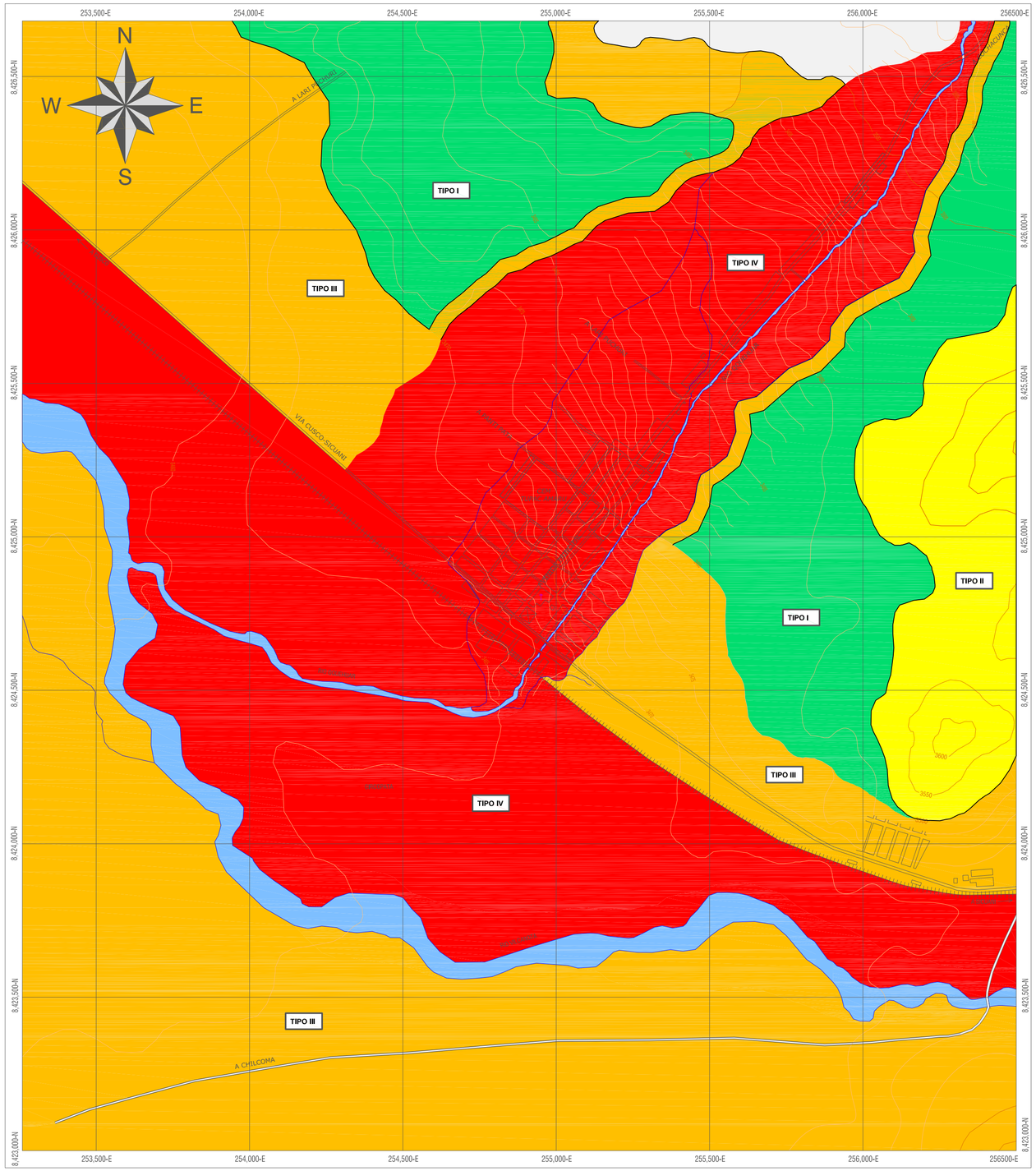
FECHA : MARZO - 2005

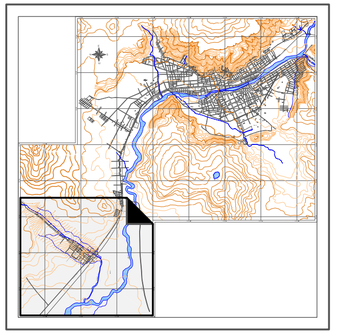
PLANO N° : 26

EVALUACION : EQUIPO DE TRABAJO

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

EVALUACION SINTESIS DE PELIGROS

TIPO	COLOR	DESCRIPCION
TIPO I		PELIGRO BAJO
TIPO II		PELIGRO MEDIO
TIPO III		PELIGRO ALTO
TIPO IV		PELIGRO MUY ALTO

EESPECIFICACIONES

ZONA DE PELIGRO BAJO

INUNDACIONES POR LLUVIAS MUY FUERTES, SE AFECTAN LAS CALLES CON FLUJOS DE AGUA DETERIORANDO LAS CIMIENTACIONES DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE, PROVOCANDO SU ASENTAMIENTO.

ZONA DE PELIGRO MEDIO

INUNDACIONES TEMPORALES, SE AFECTAN LAS CALLES CON FLUJOS DE LODO Y AGUA INUNDANDO LAS VIVIENDAS PARCIALMENTE, SE AFECTAN LAS CONSTRUCCIONES DE C° A° Y ASENTAMIENTOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

ZONA DE PELIGRO ALTO

INUNDACIONES PARCIALES, SE AFECTAN LAS CALLES CON FLUJOS DE LODO Y AGUA INUNDANDO LAS VIVIENDAS PARCIALMENTE, SE AFECTAN LAS CONSTRUCCIONES DE C° A°. BAJO SATURACION, COLAPSO PARCIAL O TOTAL EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO

INUNDACIONES TOTALES, SE AFECTAN LAS ESTRUCTURAS DE C° A° EN SUS CIMIENTOS, COLAPSO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE, COLMATACION Y ARRASTRE DE SEDIMENTOS EN LAS AGUAS QUE GENERAL LODO QUE SE SOLIDIFICA EN LOS CAUSES NATURALES Y ARTIFICIALES.
DENSIFICACION DEL SUELO, EFECTO SISMO

ZONA FUERA DEL AREA DE ESTUDIO

SECTORES DEL AREA DE ESTUDIO EN LOS QUE POR CONDICIONES GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS, HIDROLÓGICAS, TOPOGRÁFICAS Y DE HABILITACION, NO ES POSIBLE LA EXPANSIÓN URBANÍSTICA.

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO :
SI-02 : MAPA SINTESIS DE PELIGROS DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO
PROV. : CANCHIS
DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

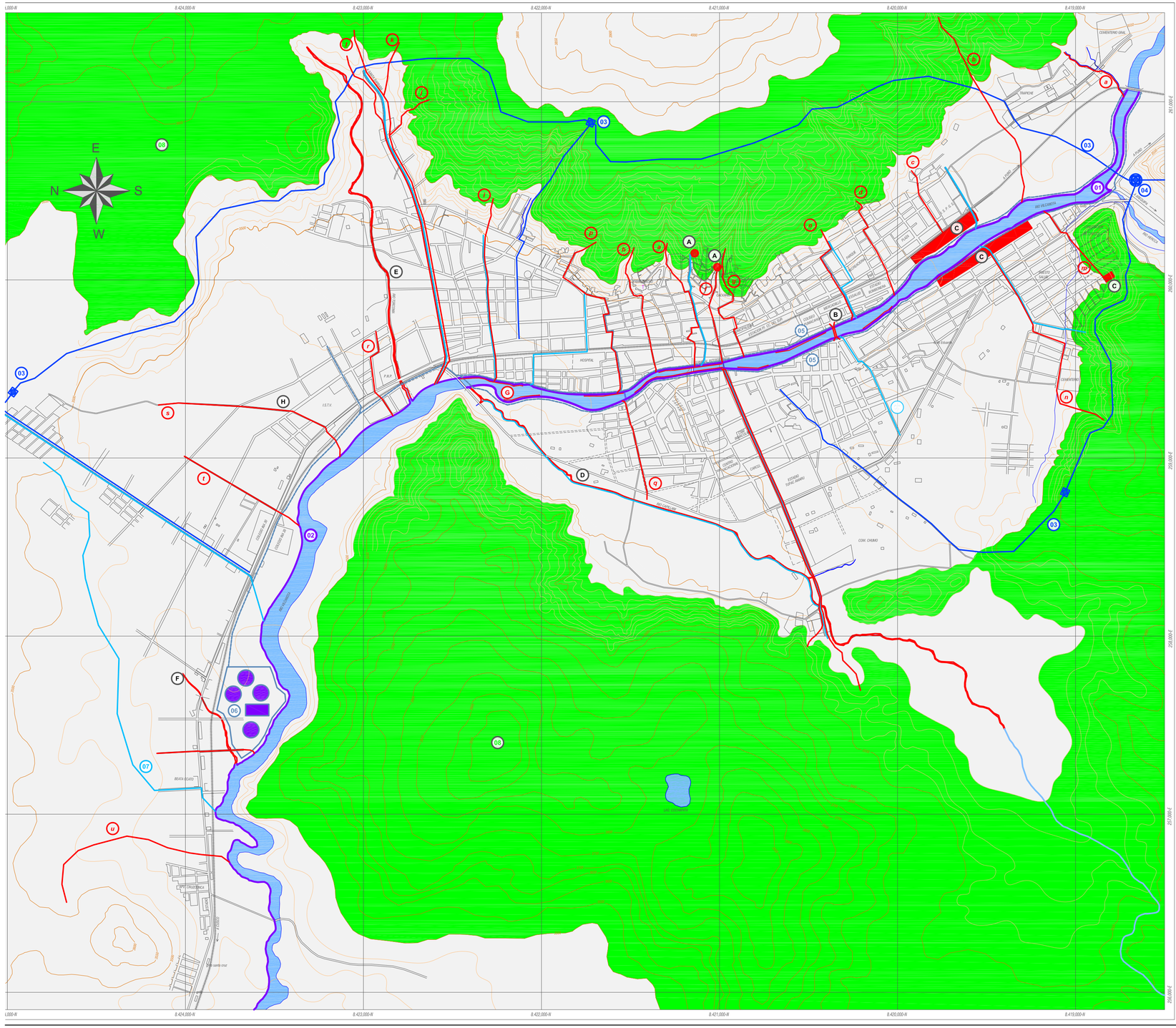
FECHA : MARZO - 2005

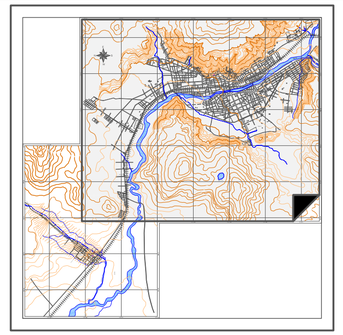
EVALUACION : EQUIPO DE TRABAJO

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.

PLANO N° : 27





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

PROYECTOS A LARGO Y MEDIANO PLAZO

- 01 SISTEMA DE ENCAUSAMIENTO DEFINITIVO DEL RIO VILCANOTA SECTOR PUENTE FERROVIARIO - PUENTE PANAMERICANA
- 02 SISTEMA DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO VILCANOTA SECTOR PUENTE PUENTE PANAMERICANA - PAMPA ANZA
- 03 PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SICUANI
- 04 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE SICUANI
- 05 PLAN MAESTRO DE DESAGUES DE LA CIUDAD DE SICUANI
- 06 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE SICUANI
- 07 PLAN MAESTRO DE DRENAJES PLUVIALES DE SICUANI
- 08 PLAN DE REFORESTACION CON ARBUSTOS NATIVOS

PROYECTOS A CORTO PLAZO

- A REUBICACION DE RESERVORIOS FUERA DE LOS CAUSES NATURALES EN MELGAR Y SUTOC
- B TRATAMIENTO DEL CAUCE EN LA ZONA DEL PUENTE EN CONSTRUCCION
- C REUBICACION DE COSTRUCCIONES FUERA DE LOS CAUSES
- D CANALIZACION DEL RIO CAPILLANI
- E CANALIZACION DEL RIO TORCOMA
- F CANALIZACION DEL RIO TUMPATA
- G REHABILITACION Y/O REFORZAMIENTO DE LOS MUROS DE ENCAUZAMIENTO FALLADOS
- H CANALIZACION DE CAUSES ALUVIALES CON ENTREGA AL RIO VILCANOTA

- a TRAPICHE
- b ÑANPOLCAY
- c SAN FRANCISCO
- d TIACOLLA
- e MELGAR
- f SUTOC
- g CONDOR HUARACA
- h MISQUIRI
- i LANLACUCHO
- j SACUYO
- k KASILLO
- l PATA PATA
- m CASUARINAS
- n SAN ANDRES
- o ESSALUD
- p HOSPITAL
- q MANUEL PRADO
- r PUESTO POLICIAL
- s IST VILCANOTA
- t INA 30
- u PAMPA ANZA

CAUSES ALUVIALES

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO : SI-03 : MAPA DE LOCALIZACION DE PROYECTOS DE MITIGACION DE SICUANI

UBICACION : DEPTO : CUSCO; PROV. : CANCHIS; DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:15 000

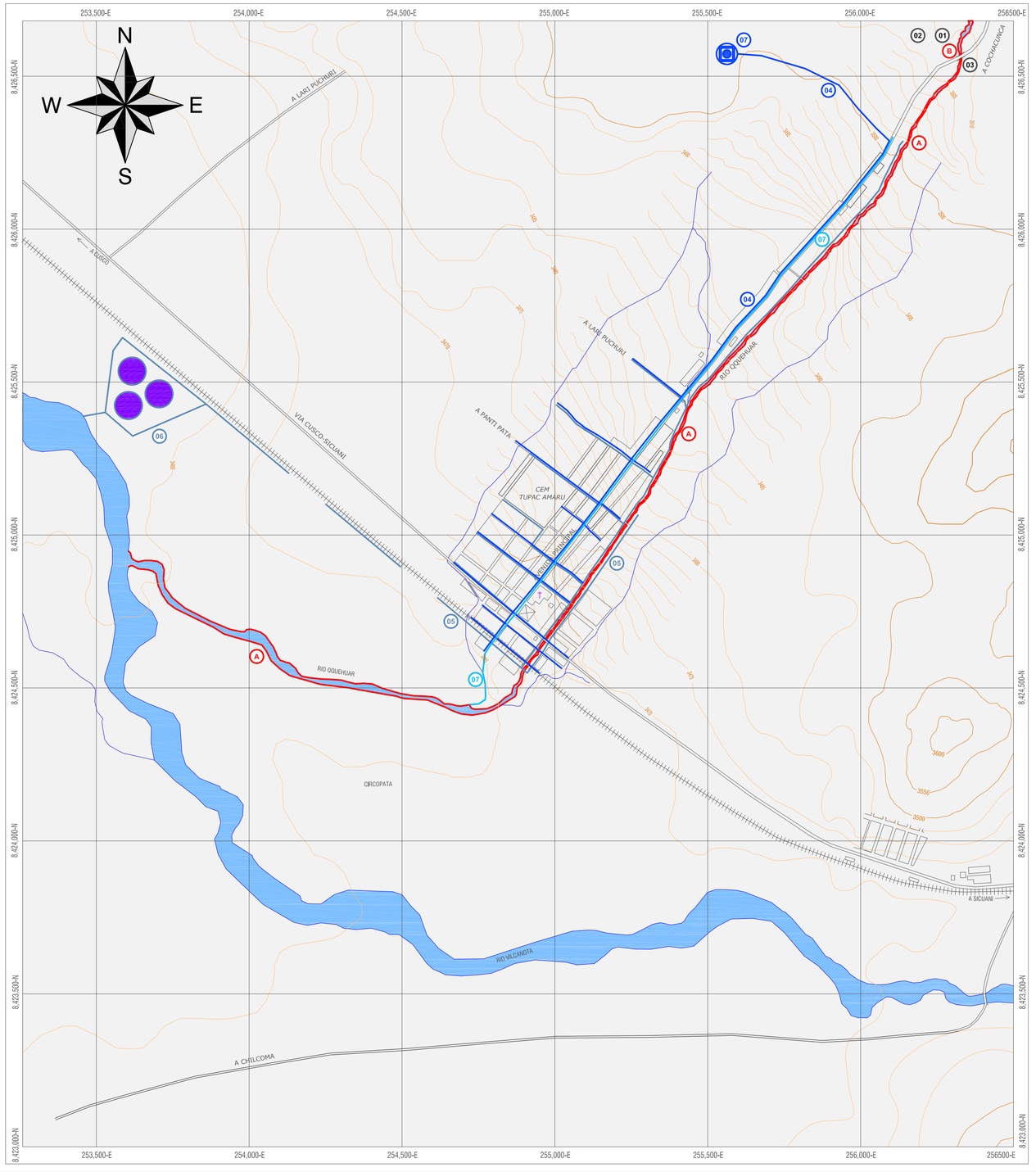
FECHA : MARZO - 2005

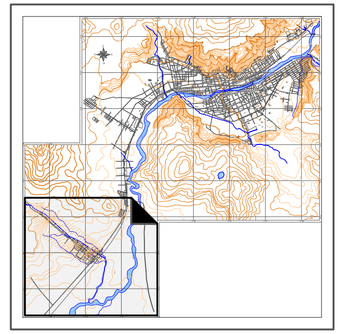
PLANO N° : 28

EVALUACION : EQUIPO DE TRABAJO

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.





CROQUIS DE UBICACION

LEYENDAS

PROYECTOS A LARGO Y MEDIANO PLAZO

- 01 TRATAMIENTO DE LA QUEBRADA SUCHO 0.5 KM. ARRIBA
- 02 TRATAMIENTO DE LA QUEBRADA CCANCAHUA 10 KM. ARRIBA
- 03 CONSTRUCCION DE NUEVO PUENTE CCOCHAPATA CCUCHO
- 04 PLAN MAESTRO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
- 05 PLAN MAESTRO DE DESAGUES DE QQUEHUAR
- 06 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE QQUEHUAR
- 07 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE QQUEHUAR
- 08 PLAN MAESTRO DE DRENAJES PLUVIALES

PROYECTOS A CORTO PLAZO

- A CANALIZACION DEL RIO QQUEHUAR
- B DESCOLMATACION DE SEDIMENTOS DEL PUENTE CCOCHA PATA CCUCHO

PROYECTO :
INDECI-PNUD PER/02/051 : CIUDADES SOSTENIBLES
MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y QQUEHUAR

PLANO : SI-04 : MAPA DE LOCALIZACION DE PROYECTOS DE MITIGACION DE QQUEHUAR

UBICACION : DEPTO : CUSCO; PROV. : CANCHIS; DIST. : SICUANI

ESCALA : 1:10 000

FECHA : MARZO - 2005

PLANO N° : 29

EVALUACION : EQUIPO DE TRABAJO

DIGITALIZACION : ARQ. HUGO FARFAN A.

VERIFICADO : ING. WASHINGTON ESQUIVEL Z.