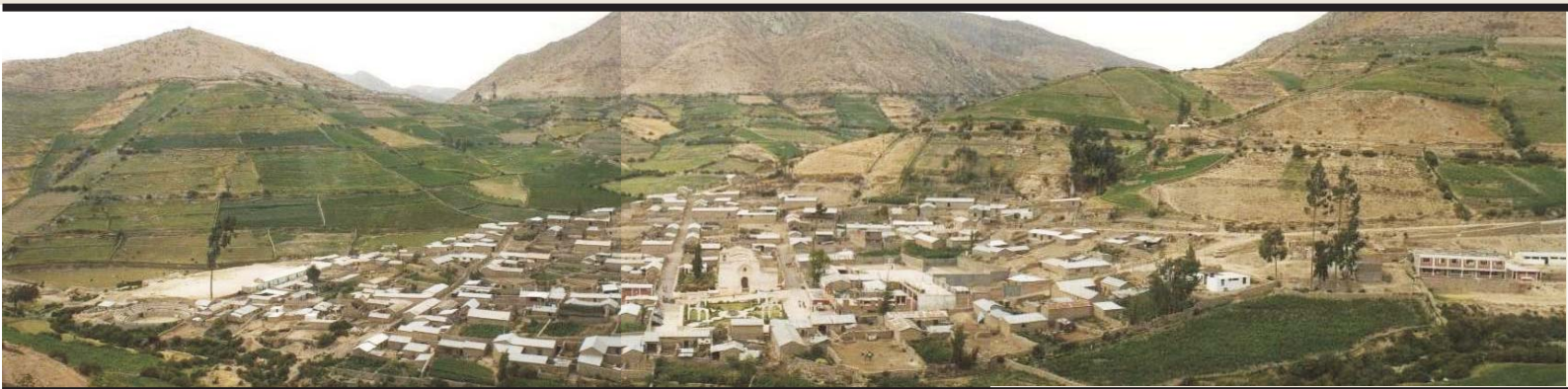




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

CONVENIO UNSA - INDECI

Proyecto PER 98/018 PNUD - INDECI



Lluta



Huanca

ESTUDIO GEODINÁMICO Y EVALUACIÓN DE PELIGROS DE LAS LOCALIDADES DE HUANCA Y LLUTA

Arequipa, enero del 2002

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE
AREQUIPA**

**CONVENIO UNSA - INDECI
Proyecto PER 98/018 PNUD – INDECI**

AUTORIDADES

Dr. Rolando Cornejo Cuervo
RECTOR

Contralmirante (r). Juan Luis Podesta LLosa
JEFE, INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL-INDECI

**ESTUDIO GEODINAMICO Y EVALUACION DE PELIGROS DE
LAS LOCALIDADES DE HUANCA Y LLUTA**

AUTORES

Ing. Roberto Kosaka Masuno Ing. Edgard Gonzáles Zenteno
Ing. Hector Palza Arias Barahona Ing. Armando Minaya Lizárraga
Ing. Eduardo Farfán Bazán Ing. Javier Ticona Paucara
Br. José Campano

COLABORADORES

Ing. Robert Salazar, Ing. Victor Aguilar

Arequipa, enero 2002

AGRADECIMIENTO:

Por su colaboración y apoyo a los representantes
de los siguientes Concejos Distritales:

- Concejo Distrital de Huanca
- Concejo Distrital de Lluta

INDICE

	Pág.
RESUMEN	
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 METODOLOGIA	2
1.3.1 Trabajo Bibliográfico	2
1.3.2 Trabajo de campo	2
1.3.3 Gabinete	2
1.3.4 Base cartográfica	2
1.4 UBICACIÓN	2
1.5 ACCESIBILIDAD	2
1.6 CLIMA Y VEGETACION	5
CAPITULO II	7
2. ASPECTO SOCIO-ECONOMICO	7
2.1 Infraestructura de transporte	7
2.2 Infraestructura agrícola	7
2.2.1 Número de productores y superficie de las unidades agropecuarias	10
2.2.2 Condición jurídica del productor	12
2.2.3 Lugar de residencia	12
2.2.4 Condición de alfabetismo	13
2.2.5 Nivel educativo	14
2.2.6 Profesión u oficio	14
CAPITULO III	16
3. GEOLOGIA	16
3.1 GENERALIDADES	16
3.2 HIDROLOGIA	16
3.2.1 Rios Huanca y Lluta	16
3.3 UNIDADES FISIOGRAFICAS (GEOMORFOLOGICAS)	18
3.3.1 Flanco Occidental Andino	18
3.3.2 Llanuras	18
3.3.3 Crestas	18
3.3.4 Conos Volcánicos	18
3.3.5 Valles	18
3.3.6 Altiplanicie	19
3.3.7 Casquetes de Nieves Perpetuas	19
3.4 ESTRATIGRAFIA	19
3.4.1 Aluviales recientes	19
3.4.2 Formación Arcurquina	22
3.4.3 Formación Huanca	22
3.4.4 Grupo Tacaza	23
3.4.5 Formación Chilcane	23

3.4.6 Grupo Yura	23
3.4.7 Formación Murco	24
CAPITULO IV	25
4. GEODINAMICA EXTERNA	25
4.1 FACTORES	25
4.2 PELIGROS NATURALES O GEOLÓGICOS	25
4.2.1 Inundaciones (avenidas extraordinarias)	25
4.2.2 Deslizamientos y derrumbes	26
4.2.3 Flujos de barro (activación de quebradas)	26
4.3 PROCESO DE ORIGEN ANTROPICO	27
CAPITULO V	28
5. GEODINAMICA INTERNA	28
5.1 SISMICIDAD	28
5.1.1 Sismicidad Histórica	28
5.1.2 Tectonismo de la Región Andina	34
5.1.3 Análisis de la sismicidad	40
5.2 PELIGRO POTENCIAL DEL VOLCAN SABANCAYA	44
5.2.1 Ubicación de las estaciones sísmicas	44
5.2.2 Procesamiento	44
5.2.3 Distribución epicentral de los sismos detectados	47
5.2.4 Actividad en el área del Volcán Hualcahualca	49
5.2.5 Profundidad de los sismos registrados	49
5.2.6 Interpretación de la actividad sísmica-volcánica	52
5.2.7 Principales amenazas	52
5.3 MICROZONIFICACION SISMICA	54
5.3.1 Refracción Sísmica	54
5.3.1.1 Poblado de Huanca	54
5.3.1.2 Poblado de Lluta	56
5.3.2 Resistividad Geolétrica	58
5.3.2.1 Zona de Huanca	58
5.3.2.2 Zona de Lluta	59
5.3.3 Estudio Geotécnico	60
5.3.3.1 Mecánica de Suelos	60
5.3.3.2 Tipos de Suelos	61
5.3.3.2.1 Localidad de Huanca(Suelos Tipo II)	61
5.3.3.2.2 Localidad de Lluta(Suelos Tipo II)	61
5.4 DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001	63
5.5 MAPA DE PELIGROS DE HUANCA Y LLUTA	68
5.5.1 Por efectos del sismo del 23 de junio	68
5.5.2 Por efectos de peligros existentes en las zonas de estudio	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	88

A. LISTA DE PERFILES SISMICOS

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJE ELECTRICO VERTICAL (SEV)

D. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

E. LISTA DE PLANOS

1. Plano de deslizamiento y derrumbes (Huanca-Taya)
2. Plano de Activación de quebradas (Huanca)
3. Plano de Activación de quebradas (Lluta)
4. Ubicación de Refracción Sísmica, SEVs y Perfiles de muestreo(Huanca)
5. Ubicación de Refracción Sísmica, SEVs y Perfiles de muestreo(Lluta)
6. Plano de zonificación sísmica(Huanca)
7. Plano de zonificación sísmica(Lluta)
8. Plano de Peligros (Huanca y Lluta)

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1.	Mapa de ubicación de la Zona de Estudio	3
2.	Plano Topográfico de Huanca y Lluta	17
3.	Plano Geológico de Huanca	20
4.	Plano Geológico de Lluta	21
5.	Isosistas del Sismo del 15 de enero de 1958	32
6.	Isosistas del Sismo del 13 de enero de 1960	35
7.	Isosistas del Sismo del 16 de febrero de 1979	36
8.	Isosistas del Terremoto del 23 de junio del 2001	37
9.	Mapa epicentral, período 1964-1998	41
10.	Mapa epicentral, Campañas Sísmicas:1965, 969,1975-76 y 1985	42
11.	Secciones Sísmicas	43
12.	Distribución en profundidad de la actividad sísmica del Volcán Sabancaya	45
13.	Ubicación de las estaciones sísmicas, Campaña Sísmica, agosto 1994	46
14.	Distribución epicentral de la actividad sísmica	48
15.	Distribución epicentral de la actividad sísmica, Campaña 1990-1994	50
16.	Flujo de lodo, originado en el Volcán Hualcahualca	51
17.	Mapa de Amenaza Volcánica Potencial del Sabancaya	53

LISTA DE CUADROS

	Pag.
1. NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN REGION NATURAL Y CONDICION DE LAS MISMAS	11
2. NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN PROVINCIA Y TAMAÑO DE LA UNIDAD AGROPECUARIA	12
3. CONDICION JURIDICA DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS, SEGUN PROVINCIA	13
4. LUGAR DE RESIDENCIA DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA	13
5. CONDICION DE ALFABETISMO DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA	14
6. NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO POR LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES	14
7. PROFESION U OFICIO DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA	15
8. UBICACIÓN DE ESTACIONES SISMICAS (VOLCAN SABANCAYA)	44
9. N° DE SISMOS OBTENIDOS POR LA RED DE ESTACIONES DEL VOLCAN SABANCAYA	47
10. VELOCIDADES Y ESPESORES DE HUANCA	56
11. VELOCIDADES Y ESPESORES DE LLUTA	57
12. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE HUANCA	58
13. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE LLUTA	59
14. EVALUACION DE DAÑOS DEL DISTRITO DE LLUTA(PROV. CAYLLOMA)	65
15. LUGARES AFECTADOS EN EL DISTRITO DE LLUTA(PROV. CAYLLOMA)	66
16. EVALUACION DE DAÑOS DEL DISTRITO DE HUANCA(PROV. CAYLLOMA)	67
17. POBLADOS O ANEXOS AFECTADOS (DISTRITO DE HUANCA -PROV. CAYLLOMA)	67
18. EVALUACION DE DAÑOS EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE HUANCA Y ANEXOS-PROV. CAYLLOMA)	68

RESUMEN

El Convenio suscrito entre el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ha hecho posible la elaboración del “Estudio geodinámico y evaluación de peligros de las localidades de Huanca y Lluta”, como parte del Proyecto general de ciudades sostenibles para el desarrollo. La finalidad fundamental es la identificación de los peligros como consecuencia de la geodinámica externa e interna que podrían tener un impacto sobre los poblados antes mencionados como en las futuras zonas de expansión, etapa necesaria para la identificación de áreas vulnerables y evaluación de riesgos, así como para el crecimiento ordenado y seguro de los poblados. Todo ello para un adecuado Plan de Usos del Suelo y de Mitigación ante los desastres naturales.

Para tal efecto, se ha verificado trabajos geológicos existentes como base para los estudios sucesivos que permitan identificar los peligros existentes de los poblados, de igual modo se ha realizado Prospección Geofísica mediante los métodos de Refracción Sísmica, Sondeos Eléctricos Verticales y Estudio Geotécnico, para definir la microzonificación sísmica.

En base a los estudios efectuados se ha determinado que los suelos en el poblado de Huanca son estables por la homogeneidad del tipo de material; materiales aluviales de la formación Huanca, compactados.

En el Poblado de Lluta, los suelos se encuentran distribuidos casi uniformemente, determinándose como suelos competentes para la habilitación urbana.

Fundamentalmente, los daños producidos por el terremoto del 23 de junio del 2001, tanto en Huanca, Lluta y Anexos, han sido en las viviendas precarias construidas de adobe, piedra y barro, que no poseen ninguna consistencia estructural, así como daños en centros educativos, iglesias, canales de regadío y carreteras de las localidades comprendidas en el presente estudio. También se produjeron derrumbes de grandes proporciones en varios tramos de la carretera Huanca-Taya-Lluta (sector de Pichirijma), obstaculizando el tránsito vehicular por varios días.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la Región de Arequipa se han percibido sismos de gran magnitud, como los terremotos de los años de 1958, 1960 y 1979 que alcanzaron intensidades en estos sectores entre 6 y 7 grados en la Escala Modificada de Mercalli. En el poblado de Huanca y Lluta, el Terremoto del 23 de junio, ocasionó daños importantes en algunas viviendas e infraestructuras tales como canales de irrigación y carreteras, y los efectos del sismo se han manifestado principalmente en las edificaciones precarias.

En los meses de verano de 1994, muchos pueblos del territorio nacional sufrieron fuertes daños por efecto del fenómeno de El Niño. Estadísticamente representó 41,180 damnificados, medio centenar de muertos y 4,297 Has. afectadas. Los daños superaron los US\$ 25'000,000 en pérdidas. Se calcula que el 60% de las carreteras fueron interrumpidas por los huaycos, deslizamientos y derrumbes que dejaron aislados a centenares de pueblos.

En el Departamento de Arequipa han ocurrido una serie de desastres naturales, provocando una fuerte incidencia en el desarrollo socio-económico. Por ello, resulta una necesidad impostergable la identificación de los peligros así como la propuesta de la vulnerabilidad y de riesgo que permitan plantear políticas de desarrollo.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del mapa de peligros son:

- Identificación de la estratigrafía del valle de Huanca a base de los estudios geológicos, geofísicos y de suelos.
- Definir las características físicas y químicas de los suelos.
- Mejorar las características físicas de las viviendas que en la mayoría de los casos son de adobe, piedra y barro, formulando nuevos sistemas constructivos con este material, que brinde mayor seguridad y resistencia a los efectos de sismos.
- Crear conciencia y responsabilidad en la colectividad frente a los peligros a los cuales está expuesta; para que ésta se organice y tome las medidas necesarias para cautelar su seguridad física e integridad de sus bienes.
- Facilitar las operaciones de evacuación y rescate.
- Definir estrategias que permitan acelerar las actividades de rehabilitación y reconstrucción
- Identificar las zonas de mayor peligrosidad, que permitirá definir y cuantificar las principales medidas que deben ser adoptadas para reducir la vulnerabilidad de las viviendas y de los terrenos, que se encuentran expuestas a la amenaza de: sismos, inundaciones, deslizamientos y otros.

1.3 METODOLOGIA

El estudio se ha realizado teniendo en consideración las siguientes etapas:

1.3.1 Trabajo bibliográfico

- Evaluación de la información disponible
- Análisis de los fenómenos naturales de la zona de estudio
- Recopilación de información hidrológica
- Interpretación fotogeológica
- Información sísmica
- Recopilación sobre información de suelos

1.3.2 Trabajo de campo

- Evaluación geológica
- Reconocimiento General del terreno materia de estudio
- Estudio sísmico de refracción
- Sondeo eléctrico vertical
- Calicatas
- Evaluación de daños del sismo del 23 de junio
- Estudio hidrológico

1.3.3 Gabinete

- Ensayos de laboratorio
- Análisis y evaluación de los fenómenos
- Tratamiento de información sísmica
- Interpretación de los Sondajes
- Interpretación de los resultados de análisis de suelos
- Preparación del informe
- Presentación del estudio

1.3.4 Base cartográfica

Para la realización del presente estudio se ha utilizado lo siguiente:

- Imágenes de satélite Landsat
- Cartas fotogramétricas a escala 1:100 000 del Instituto Geográfico Nacional
- Mapas de la Carta Geológica
- Mapas de diversos organismos

1.4 UBICACION

El área de estudio comprende los poblados de Huanca y Lluta, en el límite entre las provincias de Caylloma y Arequipa del Departamento de Arequipa, al S.W. del nevado Ampato, en las nacientes del río Siguas; a una altura promedio de 3,200 m, con pueblos cercanos, tales como Querque y Taya. La ganadería y la agricultura son las principales fuentes de producción (Fig. 1, Fotos 1 y 2).

1.5 ACCESIBILIDAD

La zona es accesible mediante dos carreteras afirmadas, la primera a partir de la Panamericana Sur (Km 1, Alto de Siguas) y cruza el área de estudio de Sur a Norte posteriormente une Huambo con Cabanconde, Pinchollo, Maca y Chivay. La segunda nace de la carretera que une Arequipa con Chivay, aproximadamente en el kilómetro 94

(Patapampa) y que consiste de una trocha angosta, de más o menos 100 Km y que conduce al pueblo de Lluta (actualmente poco transitado).

Varios caminos de herradura, constituyen otros medios de comunicación entre los diversos puntos del área.

Para llegar al poblado de Huanca se va partiendo de Vitor o Siguan, por el Sur y de Uyupampa y Yura, por el Sur-Este, siendo esta última ruta la más utilizada en la actualidad por ser la más corta, esta carretera une la ciudad de Arequipa con el Balneario de Yura (carretera que conduce a las canteras de la Fábrica de Cementos Yura).

Dentro de ésta región los únicos centros poblados de importancia son Huanca, con categoría de capital de distrito, otros pueblos son Taya, Murco, San Basilio, Malata, etc., los habitantes de estos lugares se dedican en su mayoría a la agricultura y ganadería, en la agricultura productos como; maíz, papas, cebada, etc., y plantas forrajeras para la invernada de ganado.

1.6 CLIMA Y VEGETACION

El clima dominante durante el año es frígido (seco en invierno y húmedo en verano), es notorio el cambio del clima, con temperaturas regulares, tanto estacional como en la variación que existe entre el día y la noche. El clima de la zona corresponde al tipo de las Vertientes Occidentales, con temperatura templada cierta parte del año, lluvias fuertes durante el verano, gran nubosidad por las noches, lo que impone temperaturas atmosféricas mucho más estables, caracterizan al verano las precipitaciones pluviales, en muchos casos torrenciales, que caen generalmente por las tardes. Sin embargo, cabe anotar que parece que la cantidad de precipitaciones, al igual que en todo el Perú, está disminuyendo sensiblemente en los últimos años.

El invierno se caracteriza por el gradual calentamiento del medio durante el día, para cambiar bruscamente en las horas de la tarde o intensificarse por la noche llegando hasta 0° en las horas de la madrugada. Es evidente que en las partes más próximas al Nevado Ampato el clima se torna más riguroso ya que tiene características del "Tipo Puna" en los lugares que se hallan por encima de los 3,800 mts., sobre el nivel del mar.

Los cuadros de precipitaciones elaboradas por Electroconsul-(1966), muestran una estación entre diciembre y marzo, algo lluviosa y de abril a noviembre una estación casi seca.

Dichas condiciones climáticas dan lugar a la escasa vegetación, así el Ichu y la Tola, crecen en las partes bajas y húmedas de los cerros y la Yareta resulta ser la vegetación de las partes altas.

Los habitantes de la región forman pequeños núcleos en los valles principales, como Lluta, y Querque. Otra parte del área está ocupada por pastores dedicados a la crianza de ovinos, llamas y alpacas dentro de las limitaciones que establece la exigua vegetación silvestre.

No existe en la zona, estación alguna de registro meteorológico, que permita obtener información de los parámetros atmosféricos y por lo tanto no es posible describir con mayor exactitud el clima de la zona de estudio.

En cuanto a la Vegetación, los principales cultivos son: cereales, tubérculos y forrajes; este último en mayor porcentaje, siguen en importancia maíz, trigo, habas, papas, cebada, quinua, etc. También es frecuente el cultivo de árboles frutales en las partes más abrigadas del valle.

En altura el clima se torna un tanto riguroso y la vegetación sufre una variación dando paso a plantas propias del medio, tales como la Tola (*Baccharis incana*); el Ccapo (*Lepidophilum Cuadrangulare*) el Cacctus (*Candelabrum*) con una gran variedad de especies, constituyen el elemento expresivo del paisaje. En menor porcentaje se encuentra el Ichu (*Stipa Ichu*), alrededor de los pequeños cursos de agua y manantiales crecen la Chilca (*Baccharis Fevillei*) los sauces y una gran variedad de arbustos.

CAPITULO II

ASPECTO SOCIO-ECONOMICO

2.1 Infraestructura de transporte

La infraestructura vial no comunica a la totalidad de pueblos y comunidades, que permitan intercomunicar a la mayor parte de los pueblos con la red vial establecida en la microregión. La red vial no tiene conservación adecuada en su superficie de rodadura, presentándose en tramos con erosiones, encalaminados y baches. Falta de servicio de transportes para intercomunicarse entre los pueblos, lo que ocasiona principalmente el mínimo apoyo a las actividades productivas, servicios y la asistencia médica y educativa no se desarrolle en forma normal. El servicio de correos y telecomunicaciones es limitado, en la totalidad de distritos en especial de telecomunicaciones, debiéndose incrementar el servicio inter-distrital de transporte que permita la fluidez y el desarrollo socio-económico, con unidades vehiculares adecuadas.

2.2 Infraestructura agrícola

La zona de estudio está caracterizada por una explotación mixta, y su incomunicación con el resto de la microregión, presentan características similares ecológicas del área del valle, diferenciándose en el aspecto climático. La tenencia de la tierra está dada por la forma de conducción, predominantemente de tipo directo y excesivamente fragmentada.

Se presenta una deficiente organización y planificación en el uso de este recurso. Gran parte de la agricultura se desarrolla en las laderas de los cerros o en algunos sistemas de andenerías (Fotos 3 y 4), los cuales se encuentran en proceso de deterioro, no existiendo un conocimiento técnico de manejo y conducción de huertos, la actividad ganadera es complementaria, dedicándose en sus partes altas exclusivamente a la crianza de alpacas y ovinos.

Los recursos forestales se encuentran sobre explotados, siendo en la actualidad las especies más significativas: agave, tara, tunales, molle, huarangane entre otros.

Uno de los planteamientos a resaltar es la conservación de conjuntos ideológicos culturales como en la organización social y política. La persistencia del Ayni (intercambio recíproco de fuerza de trabajo), el carácter rotativo de los cargos comunales, los pastos y las faenas comunales, serían ejemplos de vigencia de las relaciones de reciprocidad y redistribución.

En su carácter organizativo se puede enumerar las siguientes características:

- El control y la organización de los recursos naturales para la producción, el agua y la tierra.
- La organización y control de los recursos sociales, para una mejor organización del intercambio de la fuerza de trabajo (con control social y aplicación de justicia)..

Para el grueso de las familias campesinas, la precariedad de sus recursos productivos los obliga para su reproducción a estructurar una estrategia de sobrevivencia que combine el trabajo, con sus recursos propios en actividades sujetas a la economía del País, básicamente como asalariados agrícolas, de construcción civil o de otros sectores.

Factores como la escasez de agua y tierras agrícolas, enfermedades del ganado, deterioro y falta de medios de comunicación, migración, creciente presión demográfica, explican el bajo y limitado rendimiento productivo en las pocas agroindustrias establecidas en las zonas alto andinas.

- **La agroindustria en zonas alto andinas**

Fundamentalmente láctea, usando los sistemas tradicionales de recolección de forraje o alfalfa (escasa), crianza de ganado y de acopio de leche, se han articulado a gran cantidad de familias campesinas y la actividad industrial; pero no ha generado, sin embargo, cambios sustanciales en los niveles de atrazo.

En las zonas alto andinas tales como en las localidades de Huanca, Taya, Lluta, en cuanto a su productividad se encuentra disminuído debido a su situación geográfica, poblacional, cultural, económico, político-social, etc.

En lo que respecta a recursos naturales, las áreas de cultivo están alrededor de laderas pronunciadas. Los terrenos más bajos son aluviales, relativamente profundos del tipo franco-arenoso. Los terrenos mas altos son sensiblemente superficiales, alcalinos de tipo franco-arcilloso, afectados por una erosión crítica

Una de las características de la zona de estudio es que en la localidad de Taya es predominantemente pecuaria en la línea de ganado lechero, de ahí que su economía se basa en la comercialización del queso tradicional o casero industrial.

En la parte baja se cria ganado vacuno, y en los pisos ecológicos de mayor altitud se crían camélidos y ovinos, adicionalmente los lugares de estudio tiene acceso a tres o más pisos ecológicos, posibilitando así la obtención de una canasta de consumo variado y a la vez generando un fondo de reposición de los medios de producción.

En relación a las altitudes, esta heterogeneidad genera una diversidad de microclimas que regulan y condicionan los cultivos y crianzas. Sin embargo en términos generales el clima es semiárido con tendencia a subhúmedo en la parte alta.

El problema migratorio es principalmente por los recursos productivos escasos en cantidad y calidad, la presión demográfica, inversión estatal escasa o nula en el sector agropecuario, el recurso tierra desgastado y pobre, falta de microempresas como fuente de trabajo. A partir de esto se configuran procesos que determinan la expulsión temporal o definitiva de los que poseen menores recursos económicos a salir en busca de trabajo a la ciudad de Arequipa o valles costeros de Camaná, Majes, Ocoña y Tambo.

En los últimos años, sin embargo, se ha constatado el retorno de muchos migrantes por efectos de la crisis económica que incide en los centros urbanos.

- **Producción agropecuaria y cambio tecnológico**

La producción agrícola (teniendo en cuenta la cría de ganado vacuno y la producción láctea, las principales actividades de la comunidad). El cultivo de forraje verde-alfalfa tiene más importancia que el resto de cultivos.

Los problemas frecuentes de la sequía y el riesgo desfavorables para la crianza de ganado vacuno son factores que explican la merma y disminución constante del cultivo de alfalfa en estos últimos años, dentro de ellos han sido relevantes los cultivos tales como; el maíz, grano, papa, cebada grano y habas respectivamente.

Resumiendo el diagnóstico socio-económico de los lugares de estudio se presenta:

- Limitación y escasez de tierras agrícolas y agua
- Erosión que afecta a los cultivos y laderas
- Utilización de la mayor parte de tierras de cultivo en la producción de alfalfa, y en menor escala los productos de pan llevar
- El Estado limita el apoyo promocional y de asistencia técnica.
- Migración de la juventud hacia la ciudad por falta de alternativas que oferta el mercado ocupacional.
- Limitación del crédito institucional al campesinado pobre y medio.
- Limitación en lo que respecta a la transformación artesanal de productos agrícolas y pecuarios y;
- Para la agricultura ciertas plagas y para la ganadería enfermedades (aftosa, inchazón mamaria, etc.)

Las alternativas en este aspecto:

- Ampliación de la frontera agrícola y regulación del recurso hídrico.
- Preservar el suelo agrícola, con programas técnico-agropecuarios, así como el desarrollo de sistemas de andenerías para evitar la erosión de los suelos por la pendiente de las laderas y el sistema de riego empleado.
- Revalorar el trabajo comunal y familiar promocionando su capacitación socio-económico-técnico, para mejorar la atención alimentaria familiar y con mejores posibilidades de articulación del mercado, vía venta de quesos tradicionales y productos de pan llevar.
- Gradualmente sustituir la crianza de ganado ovino por alpacas principalmente, aprovechando el pasto natural, y aplicarlo a la artesanía textil.

2.2.1 Número de productores y superficie de las unidades agropecuarias

El departamento de Arequipa cuenta con 45,424 productores agropecuarios, los cuales conducen igual número de unidades agropecuarias (UA) con una extensión total de 2 043 578,50 Has. El 98.1 % de estos productores poseen unidades con tierras y el 1.9 % no la poseen, dedicándose exclusivamente a la actividad pecuaria o avícola.

CUADRO N° 1
NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES
AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN REGION NATURAL
Y CONDICION DE LAS MISMAS

REGION NATURAL Y CONDICION DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS	PRODUCTORES */		SUPERFICIE	
	Nº	%	Has	%
TOTAL	45424	100.0	2043578.50	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	44571	98.1	2043578.50	100.0
TRABAJADAS	44316	97.6	2041092.50	99.9
ABANDONADAS	255	0.6	2486.00	0.1
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS	853	1.9	-	-
*/				
COSTA	11342	100.0	86150.35	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	11143	98.2	86150.53	100.0
TRABAJADAS	11076	97.7	85976.48	99.8
ABANDONADAS	67	0.6	173.87	0.2
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS	199	1.8	-	-
*/				
SIERRA	34082	100.0	1957428.15	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	33428	98.1	1957428.15	100.0
TRABAJADAS	33240	97.5	1955166.02	99.9
ABANDONADAS	188	0.6	2312.13	0.1
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS	654	1.9	-	-
*/				

*/ Son unidades que no poseen tierras sólo conducen especies pecuarias.
FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGR PECUARIO, 1994.

De las unidades agropecuarias con tierras, 44 316 se mantienen en operación y 255 en situación de abandono. En términos de superficie, esto significa que 99.9% (2041 092,50 Has) de las tierras agropecuarias están siendo trabajadas y 0.1 % (2486,00 Has) están en estado de abandono.

*** Según Región Natural**

En la Costa de Arequipa 11 076 unidades agropecuarias (25.0 % de las unidades trabajadas en el departamento) están siendo trabajadas y 67 se encuentran en abandono. La extensión de tierras trabajadas es de 85 976,48 Has. (4.2% de la superficie agropecuaria a nivel departamental).

En la Sierra, son 33 240 las UA trabajadas (75.0% de las UA que se trabajan en el departamento) que ocupan una extensión de 1 955 166,02 Has. (95.8 % del área trabajada a nivel departamental).

CUADRO N° 2
NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES
AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN PROVINCIA
Y TAMAÑO DE LA UNIDAD AGROPECUARIA

PROVINCIA Y TAMAÑO DE LAS UA (Has.)	PRODUCTORES */		SUPERFICIE	
	Nº	%	Has	%
TOTAL	44316	100.0	2041092.50	100.0
MENOS DE 3.0	27576	62.3	29829.42	1.5
DE 3.0 A 9.9	11098	25.0	58008.04	2.8
DE 10.0 A 49.9	2764	6.2	49545.46	2.4
DE 50.0 Y MÁS	2878	6.5	1903709.58	93.3
CAYLLOMA	10490	100,0	925133,73	100,0
MENOS DE 3.0	4807	45,8	5798,95	0,6
DE 3.0 A 9.9	3179	30,3	16546,63	1,8
DE 10.0 A 49.9	404	3,9	9236,59	1,0
DE 50.0 Y MÁS	2100	20,0	893551,56	96,6

*/ Sólo considera a los productores con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

Nota: Se han establecido cuatro estratos de tamaño de las UA, minifundio (Unidades con menos de 3,0 Has.), Pequeña agricultura (Unidades entre 3,0 a 3,9 Has.), Mediana agricultura (Unidades entre 10,0 a 49,9 Has.) Y gran agricultura (Unidades de 50 y m s Has.).

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

En la Costa y la Sierra de Arequipa la distribución de los productores y la superficie agropecuaria mantiene las relaciones que se presentan a nivel de Departamento.

2.2.2 Condición jurídica del productor

La actividad agropecuaria en el departamento de Arequipa es realizada en su gran mayoría por personas naturales (96.1 %), siendo mínima (0.7 %), la participación de las personas jurídicas. Las personas naturales y las sociedades de hecho son en esencia personas naturales y, en conjunto, constituyen los productores individuales. Este grupo conduce el 99.3 % de las unidades agropecuarias, pero sólo controla el 48.6 % de la superficie del total de las UA del departamento. En cambio, las personas jurídicas a pesar de ser en número menor (0.7 % del total de productores), manejan el 51.4 % de las tierras restantes

La mayor parte de la tierra esta concentrada en 15 comunidades campesinas en Castilla con un 63.1%, seguida por personas jurídicas que poseen 30.1%, de la superficie agropecuaria provincial.

2.2.3 Lugar de residencia

En el departamento de Arequipa, el 62.4% de los productores individuales no viven en sus unidades agropecuarias, desconociéndose si sus viviendas están próximas o distantes de las UA; en cambio, 37.2 % declaran residir dentro de sus unidades productivas.

**CUADRO N° 3
CONDICION JURIDICA DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS, SEGUN PROVINCIA**

PROVINCIA Y CONDICION JURIDICA	PRODUCTORES */		SUPERFICIE	
	Nº	%	Has	%
TOTAL	44316	100.00	2041092.50	100.0
PERSONA NATURAL	42590	96.1	869410.73	42.6
SOCIEDAD DE HECHO	1433	3.2	122295.46	6.0
SOCIEDAD RESP. LTDA	27	0.1	437.61	(a)
SOCIEDAD ANONIMA	36	0.1	7835.40	0.4
COMUNIDAD CAMPESINA	91	0.2	1002510.79	49.1
COOPERATIVA	4	(a)	14272.72	0.7
OTRA	135	0.3	24329.79	1.2
CAYLLOMA	10490	100,0	925133,72	100,0
PERSONA NATURAL	9962	94,9	600957,24	65,0
SOCIEDAD DE HECHO	462	4,4	101021,95	10,9
SOCIEDAD RESP. LTDA	4	(a)	35,24	(a)
SOCIEDAD ANONIMA	6	0,1	5567,45	0,6
COMUNIDAD CAMPESINA	17	0,2	194953,46	22,1
OTRA	39	0,4	22598,38	2,4

*/ Sólo considera a los productores con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

(a): Porcentaje no significativo

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

**CUADRO N° 4
LUGAR DE RESIDENCIA DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA**

PROVINCIA Y LUGAR DE RESIDENCIA	PRODUCTORES */	
	Nº	%

TOTAL	44023	100.0
VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	16386	37.2
NO VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	27468	62.4
NO ESPECIFICADO	169	0.4
CAYLLOMA	10424	100,0
VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	4858	45,7
NO VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	5523	53,0
NO ESPECIFICADO	33	0,3

*/ Sólo considera Personas Naturales y/o Sociedades de Hecho con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

(a): Porcentaje no significativo

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.2.4 Condición de alfabetismo

El 84.6% (5513) de los productores agropecuarios individuales que conducen el 79.6% (50804.85 Has.) de las tierras agropecuarias, saben leer y escribir. El 14.5 % restante que conduce el 19.7% de las tierras, por su condición de analfabetos, están en desventaja para conocer por medios escritos lo relacionado con la técnica y administración de sus respectivas unidades productivas.

CUADRO N° 5
CONDICION DE ALFABETISMO DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA

PROVINCIA Y CONDICION DE ALFABETISMO	PRODUCTORES */		SUPERFICIE	
	N°	%	Has.	%
TOTAL	5513	100,0	63849.48	100,0
CAYLLOMA	10424	100,0	701979,19	100,0
SABE LEER Y ESCRIBIR	9019	86,5	587047,63	83,6
NO SABE LEER Y ESCRIBIR	1253	12,0	109719,98	15,6
NO ESPECIFICADO	152	1,5	5211,58	0,8

*/ Sólo considera Personas Naturales y/o Sociedades de Hecho con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.2.5 Nivel educativo

El 53.8 % de los productores agropecuarios tienen nivel de educación primaria y el 24.1 % estudiaron secundaria, siendo muy bajos los porcentajes correspondientes a los que cursaron educación superior no universitaria (1.8 %) y superior universitaria (5.9%). De otro lado, es apreciable el porcentaje (13.6 %) de los que no tienen nivel alguno de educación formal.

CUADRO N° 6

**NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO POR LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES**

PROVINCIA Y NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO	PRODUCTORES */	
	N°	%
TOTAL	10424	100,0
CAYLLOMA		
NINGUN NIVEL	1139	10,9
PRIMARIA	5496	52,7
SECUNDARIA	2716	26,1
SUPERIOR NO UNIVERSITARIA	316	3,0
SUPERIOR UNIVERSITARIA	604	5,8
NO ESPECIFICADO	153	1,5

*/ Sólo considera Personas Naturales y/o Sociedades de Hecho con Unidades Agropecuarias que tienen tierras trabajadas.
FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.2.6 Profesión u oficio

El 81.7% tienen oficios manuales, principalmente, son agricultores y ganaderos. Del resto cabe mencionar, a los técnicos de mando medio (1.7%) y los que tienen formación profesional (3.9 %).

**CUADRO N° 7
PROFESION U OFICIO DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA**

PROVINCIA Y PROFESION U OFICIO	PRODUCTORES */	
	N°	%
TOTAL	5513	100,0
CAYLLOMA	10424	100,0
PROFESIONALES	421	4,0
TÉCNICOS	279	2,7
OFICIOS	9006	86,4
COMERCIANTES	204	2,0
SIN PROFESION U OFICIOS	171	1,6
NO ESPECIFICADO	343	3,3

*/ Sólo considera Personas Naturales y/o Sociedades de Hecho con Unidades Agropecuarias que tienen tierras rebajadas. FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

La actividad humana tiene mayor desarrollo en los valles hasta una altitud de 3,800 m.s.n.m., en donde los pobladores se dedican principalmente a la agricultura y la ganadería. Se dedican al cultivo de cereales (cebada, trigo, maíz, papas); pero entre los 2,300 y 3,800 m.s.n.m., sólo se cultivan cereales. La actividad ganadera está orientada a la crianza de ganado vacuno incentivando la producción de leche que es utilizada para la fabricación de leche evaporada.

CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1 GENERALIDADES

En el área de estudio, se exponen diferentes unidades litológicas, de naturaleza sedimentaria, ígnea y metamórfica, cuyas edades van desde el Precámbrico hasta el Cuaternario reciente.

Las rocas más antiguas están representadas por el Complejo Metamórfico del río Sigüas constituido por gneises, esquistos anfibólicos y granitos potásicos; entidad que en conjunto se considera de edad Precambriana.

Rocas del Paleozoico así como del Triásico no se han reconocido en el área de estudio; la ausencia de formaciones de estas edades probablemente se debe a erosión en unos casos y a la ausencia de depositación en otros.

El Cuaternario-Reciente, está representado mayormente por aluviones y gravas, derrames lávicos y conos piroclásticos.

Tanto la secuencia Mesozoica como las formaciones de la base del Terciario se encuentran afectas por la intrusión de andesitas porfiríticas.

3.2 HIDROLOGIA

3.2.1 Ríos Huanca y Lluta

Los ríos Huanca y Lluta forman principalmente tributarios de otros ríos importantes, los cuales tienen agua permanente y corren a lo largo de valles profundos y encañonados, generalmente con una sección transversal en “V”, estos ríos son tributarios de los ríos Sihuas y Vitor (Fig.2).

El escurrimiento superficial de las quebradas y ríos se debe principalmente a la presencia del Ampato y del descongelamiento del nevado.

El río la Mina, fluye hacia el Oeste, atravesando un conjunto de rocas mesozoicas y terciarias; luego tomando el nombre de río Lluta confluye con el río Pichirijma para formar el río Sigwas, los cuales tienen aguas permanentes y corren a lo largo de valles profundos y encañonados, generalmente con una sección transversal en “V”.

El drenaje del área estudiada se realiza principalmente por el río la Mina y por numerosas quebradas y riachuelos.

3.3 UNIDADES FISIOGRAFICAS (GEOMORFOLOGICAS)

La zona de Huanca y Lluta, geográficamente se ubica en el Flanco Andino Occidental entre altitudes que varía entre 3,000 y 4,700 m.s.n.m.

Las características morfológicas del área se resumen en las siguientes unidades geomorfológicas:

3.3.1 Flanco Occidental Andino

La evolución morfológica es el reflejo de la acción de las fuerzas orogénicas que han afectado el potente pisos mesozoico terciario que ha sido levantado, plegado y deformado fuertemente y de la acción posterior de los agentes erosivos que han labrado valles y modificado las geoformas.

3.3.2 Llanuras

Constituida principalmente por derrames de composición andesítica y basáltica.

Están representadas por altiplanicies suavemente onduladas en las que existen escasos cursos de agua, de carácter temporal y de tipo anárquico; éstas cubren el sector occidental del área de estudio y se ubican entre los 3,200 y 4,000 m.s.n.m. (Pampas Uchupampa y Jarán).

3.3.3 Crestas

Esta subunidad está conformada por las elevaciones que han resultado del plegamiento del piso mesozoico, y parte del terciario, las cuales tienen formas redondeadas y alargadas a manera de lomos orientados de Nor Este a Sur Oeste y que han encerrado cuencas menores de fondo plano y típica coloración rojiza (Laguna Llajapampa).

Las elevaciones más resaltantes están representadas por los Cerros Huilacayo y Pacci (4,613 y 4,670 m.s.n.m., respectivamente). Que son potentes pliegues de la formación Arcurquina. En general estas geoformas ocupan gran parte del área y están comprendidas entre los 4,200 y 4,700 mts. de altitud, los caudales que alimentan los cursos de agua de la zona.

3.3.4 Conos Volcánicos

La actividad como un factor positivo en el modelaje de las geoformas, juega dentro de los límites de nuestra área, un rol secundario y solamente posee expresiones limitadas en los sectores Nor-Oeste y Oeste de la zona.

Estos pequeños conos volcánicos recientes, sobresalen principalmente por su espectacular modo de ocurrencia y su peculiar morfología; generalmente están orientados según la dirección Norte-Sur.

3.3.5 Valles

Estas geoformas se caracterizan por presentar una topografía agreste y de pendientes fuertes; su morfología está íntimamente ligada a la estructura y a la diversa resistencia al intemperismo y erosión de las diferentes unidades litológicas.

El área está surcada por numerosas quebradas y un importante valle “La Mina-Siguas”; la mayoría de los casos muestra una sección transversal en “V” cerrada que evidencia el rejuvenecimiento de la zona.

En conjunto estas geoformas constituyen un sistema de drenaje dendrítico cuyo caudal es recolectado por el río la Mina.

3.3.6 Altiplanicie

Sobre las estribaciones del altiplano, se presentan pequeñas áreas planas, con ligeras ondulaciones y contornos irregulares, disectadas por quebradas profundas que cortan capas volcánicas sub-horizontales.

Estas superficies presentan una ligera inclinación hacia el Oeste y Suroeste, con una pendiente de 4 a 5% y sus altitudes varían entre 3,600 a 4,000 m.s.n.m.

Esta unidad al parecer se extendió ampliamente porque en regiones adyacentes al área de estudio (hojas de Chivay, Arequipa y Characato), se observa su prolongación.

La altiplanicie de la zona podría correlacionarse con la superficie puna de Mc. Laughlin.

En conjunto la geomorfología de la zona, es el resultado de la acción de fenómenos tectónicos y orogénicos, actividad volcánica y agentes erosivos; que han fracturado, plegado y labrado las unidades litológicas, modelando de esta manera las geoformas existentes.

3.3.7 Casquetes de Nieves Perpetuas.- En el área se identifican 3 zonas con nieves perpetuas que corresponden a los Volcanes; Ampato, Sabancaya y Hualcahualca,

En los últimos años, se ha evidenciado retroceso glacial en distintas y apartadas áreas del planeta, la presencia de estos glaciares es relativa y está sujeta a condiciones climatológicas. En esta zona, los glaciares se encuentran por encima de los 5,000 m.s.n.m. El control principal de la existencia de los casquetes de nieves es la altitud.

3.4 ESTRATIGRAFIA

En la región las unidades estratigráficas reconocidas abarcan edades desde el Precámbrico al cuaternario reciente (Fig. 3 y 4), sus características se describen a continuación:

3.4.1 Aluviales recientes

La zona de estudio se encuentra emplazada principalmente sobre depósitos aluviales, correspondiente al cuaternario reciente, los depósitos de ésta clase son como producto de aluvionamientos que constituyen el suelo de la mayor parte de las llanuras y depresiones como la zona de Huanca.

También se encuentran ocupando el lecho y laderas de los diferentes riachuelos, quebradas y a lo largo de los valles principales, como del Vitor, Chili y Yura, donde se observan terrazas bajas de pequeña extensión y algunos abanicos de deyección depositados por sus tributarios.

El material consiste principalmente de gravas o conglomerados poco consolidados, arenas y limos.

El espesor es variable, dependiente del carácter de la depositación y la configuración topográfica de la superficie sobre la cual se depositaron. En algunos lugares asociados

con los materiales aluviales se encuentran pequeños depósitos de travertinos, como los de La Calera, Cuico y Socosani.

3.4.2 Formación Arcurquina

Jenks (1948), estableció este nombre y lo utilizó para describir un conjunto de calizas que afloran en los valles adyacentes al cerro Arcurquina, situado a 11 Km al SE del pueblo Huanca, departamento de Arequipa.

Los afloramientos se circunscriben al valle de Cotahuasi y al cerro Mamas localizado al SE de Pampacolca.

Descansa concordante sobre la formación Huanca, aunque en algunos lugares se observa angularidad. Por erosión muchas veces desaparece la Formación Huanca y entonces encontramos una superficie casi horizontal en las calizas Arcurquina, sobre la cual descansan discordantemente los volcanes del grupo Tacaza.

Las calizas de la Fm. Arcurquina son grises, se presentan en estratos gruesos que llegan hasta 2 m. de espesor; en Taurisma se han encontrado abundantes restos de fósiles, la mayoría con dimensiones menores de 1 cm. Al Norte de Cotahuasi, la caliza se encuentra bastante fracturada y brechosa.

3.4.3 Formación Huanca

Nombre dado por Jenks (1948) a una unidad de color rojo compuesta por rocas sedimentarias de naturaleza areniscosa y conglomerádica que descansa en discordancia angular sobre las calizas de Arcurquina. Vargas (1970), señala que la Formación Huanca yace en contacto con la Formación Arcurquina por medio de una falla normal y, subyace con discordancia angular a los volcánicos Tacaza.

Aflora a lo largo del valle de Huanca, descansando en algunos lugares concordantemente sobre la Formación Arcurquina y también con cierta angularidad sobre las areniscas Yura. Está cortada por una superficie de erosión horizontal sobre la cual descansan los volcánicos Tacaza. Su espesor aproximado es de 1,000 m.

En superficie es de color rojo, en la parte NE forma estratos gruesos con inclinaciones de 25° a 30°

Litológicamente está compuesta por arenisca microconglomerádica de color rojo en su base, seguida por grauwaca con elementos redondeados de volcánicos de color gris, conglomerados violáceos y rojos con elementos redondeados y subredondeados de andesita violácea gris y verde con diámetros de 1 a 20 cm., encontrándose también andesita microbrechosa de color marrón.

La Formación Huanca sobreyace a los depósitos aluviales donde se encuentra asentado el poblado de Huanca.

Esta Formación se depositó después de un gran levantamiento, el que ocurrió posiblemente durante el Cretáceo superior y que correspondería a la fase Peruana (Steinmann, 1930) que plegó moderadamente a los sedimentos inferiores. Sucede que estas capas rojas en muchos lugares se muestran concordantes y en otros discordantes sobre las rocas cretácicas infrayacentes, no habiéndose plegado en muchos sitios.

3.4.4 Grupo Tacaza

El conjunto litológico, predominantemente volcánico, que ocupa una extensa área del cuadrángulo entre el río Yura y el borde Oriental de la formación Huanca y que se extiende hacia el Oeste en áreas aisladas cubriendo las formaciones mesozoicas y algunas partes del Complejo Basal.

Estratigráficamente yace en discordancia angular sobre la formación Huanca y formaciones mesozoicas (también se encuentra sobre las rocas intrusivas) e infrayace en discordancia angular al volcánico Sencca.

Este grupo descansa sobre una superficie casi horizontal que se formó sobre los sedimentos Cretáceos y del Terciario inferior que se hallan bien plegados.

El Grupo Tacaza está expuesto al Norte del poblado de Huanca. Su litología es muy variada y corresponde mayormente a rocas volcánicas, en especial piroclásticas con algo de sedimentitas. Su espesor llega aproximadamente hasta los 1,500 m.

La topografía que se presenta es ondulada y no se observan farallones, la inclinación de los volcánicos se debe mayormente a los desplazamientos ocasionados por fallas.

3.4.5 Formación Chilcane

V. Benavides (1962) consideró como formación Chilcane a unos depósitos que se hallan circunscritos al núcleo de un sinclinal de la formación Arcurquina, desde la quebrada Ludmirca hacia el Norte pasando por el pueblo de Taya, y que probablemente se prolonga al Noreste de Lluta. Estos depósitos son yesíferos y se presenta discontinuos y con volúmenes irregulares a lo largo de la estructura.

El contacto (inferior) con la formación Arcurquina es concordante; mientras que en su parte superior se halla en contacto con la formación Huanca debido a una falla normal que es la misma a la que se ha hecho referencia al tratar la formación Arcurquina.

El yeso es de color blanco con tintes rojizos y verdosos; tiene una ligera estratificación paralela a la de la formación infrayacente, intercalándose con algunas capas delgadas de lodolita roja y lutitas verdes. También, dicho yeso se presenta fibroso, sacaroideo y raras veces cristalizado.

Topográficamente presenta un suave relieve debido a su poca resistencia a los agentes erosivos, en contraste con las rocas que lo albergan.

Depósitos de esta naturaleza por lo general se originan en un ambiente marino bajo condiciones especiales.

3.4.6 Grupo Yura

La región de Lluta, descansa sobre los afloramientos del Grupo Yura, sus afloramientos constituyen farallones en los cortes producidos por los ríos, que contrastan con los taludes tendidos que forman las rocas de la formación Moquegua. En las vecindades de Lluta, los horizontes cuarcíticos dan lugar a pendientes de buzamiento.

La litología del grupo Yura consiste principalmente de cuarcitas blanco-grisáceas, blanco-amarillentas, grises y rosadas, con intercalaciones de lutitas grises y gris oscuras y areniscas blanco-grisáceas hacia la base.

En el área de Lluta, las exposiciones del grupo Yura consisten de cuarcitas rosadas y grises que se intercalan con lutitas grises y gris oscuras, por lo general carbonosas. La formación se encuentra plegada en varios anticlinales y sinclinales orientados al WNW, cuyos ejes pueden seguirse por considerables distancias.

3.4.7 Formación Murco

A pocos kilómetros al Sur de la localidad de Lluta, existen dos pequeños afloramientos alargados en dirección Este-Oeste, constituidos por arcillas y areniscas predominantemente rojas y en parte abigarradas, con intercalaciones de conglomerados grises, similares a lo descrito por Jenks como formación Murco, el pueblo de Murco se halla relativamente cerca de Lluta.

CAPITULO IV

GEODINAMICA EXTERNA

4.1 FACTORES

El nivel de los efectos debido a la ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa que ocurren en el área se correlacionan con los siguientes factores:

-Litología.- Este parámetro involucra los tipos de rocas y/o suelo, su grado de alteración y su talud.

-Estructural.- Se correlaciona con el tipo de estructuras geológicas (relación macizo rocoso-estructura) como plegamientos (anticlinales, sinclinales), fallas, fracturas, diaclasas, etc.

-Sísmico.- La actividad sísmica es una de las causas fundamentales de los procesos de geodinámica externa, como deslizamientos, derrumbes (carretera Huanca-Taya), desprendimiento de rocas, etc., en el cual los sismos actúan como disparadores.

-Clima.- La precipitación es uno de los factores principales de la geodinámica externa, relacionado con inundaciones, deslizamientos y otros.

-Morfología.- La forma del terreno y la pendiente son factores también condicionantes de los fenómenos de geodinámica externa.

4.2 PELIGROS NATURALES O GEOLÓGICOS

Estos pueden producirse como consecuencia de la dinámica propia del medio geológico, correspondiente a acciones previsibles a escala de tiempo humano y fruto de los procesos de geodinámica y que pueden afectar a las personas y a los bienes.

4.2.1 Inundaciones (avenidas extraordinarias)

El nevado Ampato y algunos cerros adyacentes son fuentes principales de las aguas superficiales y subterráneas en el sector de Huanca y Lluta, en vista que estos representan la zona de captación y recarga.

El factor de precipitación siempre representa un peligro latente para los poblados que se ubican principalmente en las partes bajas de los valles y quebradas. Sin embargo, por la topografía del lugar el tipo de construcción con techo de calaminas y la pendiente de la zona, favorece la circulación de las aguas, los poblados que se asientan en el sector no representa un nivel de peligrosidad alta.

4.2.2 Deslizamientos y derrumbes

Los deslizamientos se consideran a algunas de las formas de remoción en masa, en las que volúmenes de material intemperizado (suelo) y/o bloques y masas de roca fresca se desprenden y se desplazan cuesta abajo como una sola unidad sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava.

Estos fenómenos tienen lugar cuando sólo un nivel subsuperficial traspasa el límite de plasticidad, en cuyo caso la masa suprayacente (consolidada o suelta) se desliza sobre este plano

Las causas principales son:

- Incompetencia del material
- Influencia de las filtraciones.
- Influencia de las precipitaciones.
- Acción erosiva de los ríos y quebradas
- Sismos
- Acción antrópica (construcción de carreteras y canales).

Los derrumbes se produce en macizos rocosos y materiales inconsolidados, producidos por heterogeneidad litológica, fracturamiento, taludes pronunciados, precipitación e incidencia sísmica. En el área de estudio se ha logrado identificar varios sectores potencialmente peligrosos en el tramo de la carretera Huanca Taya.

- Por efecto del sismo del 23 de junio en el tramo de la carretera Huanca Taya, se produjeron deslizamientos en ambos extremos de las laderas de los cerros Cuyhua y Yurajmojo, (a 25 Km de Pichirijma a Negropampa).
- En el tramo de la carretera ingresando a Huanca, también se han producido derrumbes, y de igual modo se observa la presencia de otras zonas inestables en el lugar.
- En la zona de Lluta se han presentado daños principalmente en los canales de regadío y en los terrenos que en algunos casos han sufrido agrietamientos como en el poblado de Tinquña.
- En la localidad de Taya, se han presentado daños principalmente en los canales de regadío.
- En los poblados de San Pedro de Querque, Toroy, Hatumpata, Cassau, Santa Cecilia y Denuncio se han presentado agrietamientos en los canales de regadío.

4.2.3 Flujos de barro (activación de quebradas)

Se incluyen varias formas de desplazamiento lento o rápido de materiales, cuesta abajo, por la acción conjunta de la gravedad y la saturación de agua. Los flujos de volúmenes mayores de materiales en estado líquido, que se presentan sobre pendientes inicialmente pronunciadas y confinadas, lo cual determina una gran velocidad de desplazamiento a lo largo de las quebradas y valles, comunicando a los flujos de barro un mayor poder de arrastre y devastación. Los huaycos adquieren suficiente poder de arrastre como para remover materiales sueltos, de finos hasta de gran tamaño (bloques de roca, árboles, animales, viviendas, etc.), presentes a lo largo de la quebrada y conos de deyección, y desplazarlos cuesta abajo en flujos turbulentos y a menudo catastróficos.

En la localidad de Huanca, se han localizado zonas donde se producen ingresos de agua, por activación de quebradas (Anexo E, Plano 2) éstas son:

- Ambas márgenes del río Lihualla (aguas arriba del poblado de Huanca): Huaycos periódicos y ocasionales, que involucrarían a los pobladores ubicados en los sectores de: Tojroyo, Salivayoc y Tancaya.
- A ambos extremos del poblado de Huanca se tiene la presencia y activación de las quebradas de; La Abuela y Achui, los cuales al extremo inferior de Huanca, se unen con el río Lihualla, la activación principalmente incidirían en la parte baja del poblado en la unión con el río Lihualla, que involucraría terrenos de cultivo y las viviendas ubicadas en estos sectores.
- En la localidad de Taya, se tiene la presencia de la Quebrada Lisera, cuya activación involucraría a viviendas y terrenos cercanos a esta Quebrada.
- En la localidad de Lluta por activación de quebradas, se tiene la presencia de dos quebradas que bordean a éste poblado, existiendo algunas viviendas cercanas a los causes de éstas quebradas, La confluencia de éstas dos quebradas en la parte

inferior del poblado, forman la Quebrada Lluta, para posteriormente unirse con el río Lluta.

4.3 PROCESO DE ORIGEN ANTROPICO

Las actividades del hombre, reactivan y/o aceleran los procesos naturales que interfieren y también originan otros nuevos, que pueden constituirse en muy graves para el medio físico y al mismo hombre.

Las principales actividades que realiza el hombre y modifican el medio físico son:

- **Urbanismo:** Emplazamiento de poblados al pie de taludes y suelos inestables.
- **Construcción de Carreteras:** Los cortes en los taludes naturales en muchos casos contribuyen a la reactivación de antiguos derrumbes o deslizamientos, así como a generar nuevos procesos geodinámicos.
- **Terrenos de cultivo:** La expansión de los terrenos de cultivo cercana a los lechos de los ríos y quebradas, el sobrepastoreo, la deforestación (utilización de arbustos y otras plantas para combustible) y en muchos casos la quema de pastizales.

CAPITULO V

GEODINAMICA INTERNA

5.1 SISMICIDAD

La distribución de sismos en tiempo y espacio es un aspecto elemental en sismología, observaciones sísmicas han acumulado una extensa información de la actividad sísmica (Sismicidad).

La definición de la palabra "sismicidad" no es muy precisa, pero podemos describirla como la actividad sísmica en un área particular durante un cierto período de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no sólo el número de eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia y distribución espacial, así como su modo de ocurrencia.

5.1.1 Sismicidad Histórica

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968) y Tesis.

Entre los años de 1471 - 1490.- Gran terremoto que destruyó el primitivo asiento de la ciudad de Arequipa, fue la época del Inca Túpac Yupanqui, en la cual perecieron todos sus habitantes y hubo la erupción del volcán Misti, alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

Entre los años de 1513 - 1515.- Grandes sismos acompañados de formidables deslizamientos de tierra de algunos cerros altos, en la costa el mar sobrepasó muchas veces la línea de playa. En Arequipa alcanzó intensidades de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

22 de Enero 1582.- A las 11:30 terremoto que destruyó la Ciudad de Arequipa. El movimiento se percibió en Lima. Perecieron más de 30 personas sepultadas entre los escombros, tuvo una magnitud de 8.1.(750 Km al NE de Arequipa), el movimiento sísmico alcanzó una intensidad de X en la Escala Modificada de Mercalli, en Socabaya; en Arequipa se sintió con una intensidad de IX.

En el año de 1590.- Fuerte sismo sentido en casi toda la Costa del Sur del Perú, destruyó el pueblo de Camaná debido a la salida del mar y el represamiento del río.

19 de Febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza oscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

24 de Noviembre de 1604.- A las 13:30, la conmoción sísmica arruinó las ciudades de Arequipa y Arica. Un tsunami destruyó la ciudad de Arica y el puerto de Pisco, como consecuencia del Tsunami murieron 23 personas en Arica. Tuvo una magnitud de 7.8, y alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica.

31 de Marzo de 1650.- A las 14:00, se produjo un terremoto en el Cuzco que dejó a la ciudad en ruinas. Fue sentido en Lima y tuvo una magnitud de 7.6.

20 de Octubre de 1687.- Gran movimiento sísmico ocurrido en la ciudad de Arequipa aproximadamente a las 06:30. causando serios daños en los templos y viviendas, los efectos secundarios de éste sismo trajo como consecuencia el agrietamiento de muchos kilómetros de extensión, entre Ica y Cañete, el mar inundó parte del litoral comprendido entre Chancay y Arequipa.

Otros daños ocasionó en los valles de Siguan y Majes, alcanzando en Aplao y Siguan una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

22 de Agosto de 1715.- A las 19:00 horas, en la ciudad de Arequipa ocurrió un gran terremoto que sepultó a pequeños pueblos, por los derrumbes de las partes altas de los cerros, alcanzando una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli, el movimiento se sintió en Arica.

08 de Enero de 1725.- A las 08:00 horas, fuerte temblor remeció la ciudad de Arequipa destruyendo la mayor parte de sus viviendas, éste movimiento sísmico tuvo una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli, como consecuencia del sismo se levantó una gran polvareda que cubrió la ciudad.

27 de Marzo de 1725.- Gran sismo que se sintió en toda la costa sur del Perú, llegándose a sentir hasta el Callao, el pueblo de Camaná fue el que sufrió grandes daños, el mar salió sobrepasándose la línea de playa.

13 de Mayo de 1784.- A las 07:35. Terremoto que arruinó la ciudad de Arequipa, ocasionando graves daños en sus templos, murieron 54 personas, 500 heridos, tuvo una magnitud de 8.4, en Arequipa alcanzó una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.

10 de Julio de 1821.- A las 05:00. Terremoto que causó graves daños en los pueblos de Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y valle de Majes. Se sintió en Lima. Murieron 70 personas en Camaná y Ocoña, 60 en Chuquibamba y 32 en Caravelí, tuvo una magnitud de 7.9, y una intensidad de VII en la Escala Modificada de Mercalli.

08 de Octubre de 1831.- A las 21:15, fuerte sismo en Tacna, Arica y en el interior del departamento. de Arequipa, ocasionó algunas víctimas y alrededor de 32 heridos.

18 de Setiembre de 1833.- A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.

13 de Agosto de 1868.- A las 16:45. Este terremoto alcanzó una intensidad de grado XI y fue acompañado de tsunami. Según el historiador Toribio Polo (1904), este terremoto es uno de los mayores que se han verificado en el Perú desde su conquista. El epicentro posiblemente estuvo en el Puerto de Arica, se sintió hasta unos 1400 Kms. al norte y a la misma distancia hacia el sur. Este movimiento sísmico destruyó la ciudad de Arequipa, llegando a producir fracturas en los cerros de la caldera, inmediatos a los baños de Yura. Este movimiento sísmico ocasionó fuerte destrucción en Arica, Tacna, Moquegua, Ilo, Torata, Iquique y Arequipa. A las 17:37 empezó un impetuoso desbordamiento del mar. La primera ola sísmica alcanzó una altura de 12 metros y arrasó el puerto de Arica. A las 18:30, el mar irrumpió nuevamente con olas de 16 metros de altura, finalmente a las 19:10, se produjo la tercera ola sísmica que varó la corbeta América de 1560 toneladas y el Wateree de los Estados Unidos, que fueron arrojados a unos 300 metros de la playa tierra adentro. Las salidas del mar, arrasaron gran parte del litoral peruano y chileno, muriendo en Chala 30 personas y en Arica unas 300 personas. La agitación del océano llegó hasta California, Hawaii, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelanda. En Moquegua murieron 150 personas, en Arequipa

10 y en Tacna 3, se contaron como 300 movimientos sísmicos o réplicas hasta el 25 de agosto, tuvo una magnitud de 8.6.

03 de Noviembre de 1869.- A las 19:30 horas se produjo un fuerte temblor local en Arequipa que causó deterioros en los edificios, alcanzando una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

09 de Mayo de 1877.- A las 20:28. Un violento sismo que sacudió y averió las poblaciones de Ilo, Arica, Mollendo y otras. Se produjo un tsunami que inundó el puerto de Ilo y destruyó parte del ferrocarril. En la ciudad de Arica el mar avanzó más de 600 metros. Esa misma noche se produjeron como 100 réplicas. La ola sísmica originada por esa conmoción se extendió casi por todo el Pacífico, llegando hasta las costas de Nueva Zelandia y Yokohoma, en Japón.

04 de Mayo de 1906.- A las 19:36. Fuerte temblor en Mollendo, en la ciudad de Tacna ocasionó derrumbes de casas y paredes cuarteadas. Se sintió fuertemente en la ciudad de Arica y aún en Iquique.

28 de Julio de 1913.- A las 01:40. Este movimiento sísmico afectó gran parte de la costa sur situada entre Chala y Mollendo, causando roturas de tres cables submarinos frente a la costa, lo que se atribuyó a un deslizamiento del talud submarino. La posición geográfica del epicentro fue de -17° Lat. S. y -74° Long. W. y alcanzó una magnitud de 7.0.

06 de Agosto de 1913. - A las 17:13. Terremoto que destruyó la ciudad de Caravelí, este movimiento produjo desplome de todos los edificios de dicha ciudad y derrumbes de las laderas del valle. Hubo 4 heridos, además afectó otras poblaciones situadas más al Sur como la de Chuquibamba. En Atico se destruyeron muchas edificaciones, resultando un muerto y varios heridos. En el pueblo de Ocoña el sismo causó daños apreciables en las edificaciones. En la ciudad de Arequipa ocasionó daños en algunos edificios. El epicentro se le ubicó en el Océano Pacífico frente al litoral, siendo su posición geográfica de -17° Lat. S. y -74° Long. W. y su magnitud de 7.7, en Caravelí y Chuquibamba alcanzó una intensidad de VIII en la Escala Modificada de Mercalli, en Ocoña y Caylloma se sintió con una intensidad de VI.

11 de octubre de 1922.- A las 09:50. Fuerte sismo que causó daños considerables en Arequipa, Caravelí y Mollendo. Fue sentido fuertemente en Chala, Acarí, Puquio, Palpa, Ica y Cañete. La posición geográfica fue de -16° Lat. S. y -72.5° Long. W., se estima su profundidad focal en 50 kilómetros y su magnitud 7.4 en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli

11 de Octubre de 1939.- A las 09:59. Se registró un fuerte sismo en el Observatorio Sismológico de Lima. Causó graves daños en el pueblo de Chuquibamba y Caravelí, además provocó daños en las ciudades de Arequipa y Moquegua. Se sintió con gran intensidad en las localidades de Puquio, Quicacha, Palpa, Chala y Mollendo, alcanzando intensidades de VII en Chuquibamba, en Arequipa y Mollendo se sintió con una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

24 de Agosto de 1942.- A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue situado entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados.

Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S. y -76° Long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa alcanzó una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

11 de Mayo de 1948.- A las 03:56. Fuerte movimiento sísmico en la región Sur afectó parte de los Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna. Los efectos destructores fueron máximos dentro de un área aproximada de $3,500 \text{ Km}^2$, dejando el saldo de 1 muerto y 66 heridos. En el área central alcanzó el grado VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del epicentro fue, de -17.4° Lat. S. y -71° Long. W. La profundidad focal se estimó en unos 60-70 Km, con una magnitud de 7.1, en Moquegua se sintió con una intensidad de VII y en Arequipa alcanzó una intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli.

20 de Julio de 1948.- A las 06:03. Sismo ligeramente destructor en las poblaciones de Caravelí y Chuquibamba. En el área epicentral alcanzó el grado VI-VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del sismo fue de -16.6° Lat. S. y -73.6° Long. W., la magnitud fue de 7.1.

03 de Octubre de 1951.- A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S. y -71° Long. W., y su profundidad de 100 Km

15 de Enero de 1958.- A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K.(Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940 (Fig. N° 5).

Se considera los poblados más afectados por este sismo a Tiabaya, Sabandia, Cerrillos, incluyendo las viviendas construidas a base de adobe en el sector de La Pampilla, de igual manera sufrieron daños los domicilios situados a las orillas de la torrentera de San Lázaro; en Sachaca: la iglesia, el cementerio y la gran mayoría de casas fueron cuarteadas; la calle Mercaderes, es una de las zonas que sufrió fuertes daños, en la cual la mayoría de paredes se vinieron al suelo.

Por efectos del sismo, se desprendieron enormes bloques de rocas tanto del volcán Misti como de los cerros circunvecinos. Los derrumbes dañaron en varios tramos la línea del ferrocarril a Puno, la carretera panamericana en el sector comprendido entre Chala y Arequipa, quedó cubierta en varios trechos por deslizamientos de magnitud variable, siendo la zona más afectada entre Camaná y Atico. El movimiento fue sentido de Chíncha a Tarapacá en Chile, por el Este en Cusco, Puno y otras localidades del Altiplano.

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizado en las siguientes coordenadas: -16.479° Lat. y -71.648° Long. W., con una profundidad focal de 60 Km. y una magnitud 6.3.

13 de Enero de 1960.- A las 10:40:34, fuerte terremoto en el departamento de Arequipa que dejó un saldo de 63 muertos y centenares de heridos.

EL pueblo de Chuquibamba quedó reducido a escombros, siendo igualmente destructor en Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina, Moquegua y la ciudad de Arequipa.

En ésta última ciudad los edificios antiguos de sillar afectados por el sismo de 1958 sufrieron gran destrucción, como consecuencia del movimiento una inmensa nube de polvo cubrió gran parte de la ciudad, advirtiéndose gigantescos derrumbes de las faldas del volcán Misti, por toda la ciudad se miraba ruinas; fuera de Arequipa, Miraflores no mostraba mayores daños. Tiabaya, Tingo, Huaranguillo, Tingo Grande, Sachaca, Alata, Arancota, Pampa de Camarones, Chullo y la urbanización de Hunter, exhibían el 90% de sus viviendas destruidas o a medio destruir.

Igual cuadro presentaba La Pampilla, Paucarpata, Characato, Socabaya, Mollebaya y los distritos aledaños a éstos. A consecuencia del movimiento telúrico se produjo en Charcani un derrumbe que cortó el suministro de fluido eléctrico. Los canales de agua sufrieron también ruptura, principalmente el canal de Zamácola.

Todas las casas del distrito de Polobaya, quedaron destruidas por efecto del sismo y apenas pasado el movimiento llovió granizada y la tormenta se produjo con rayos y relámpagos, el 95% de las casas de Puquina y alrededores quedaron completamente destruidas.

En la zona urbana del puerto de Mollendo los daños se limitaron a algunas caídas de cornisas. Las carreteras de penetración a Puno, a las diversas localidades del departamento. y hacia la costa quedaron intransitables por los derrumbes.

El radio de perceptibilidad fue, de aproximadamente 750 Km sintiéndose en toda la extensión de los departamentos de Cuzco, Apurímac y Ayacucho. En el área epicentral la intensidad fue del grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Fig. N° 6). Este sismo fue percibido en la ciudad de Lima con una intensidad del grado III y en la ciudad de la Paz con el grado III-IV. La posición geográfica del epicentro es de: -16.145° Lat. y -72.144° Long. W.. La profundidad focal se estima en 60 Km, y una magnitud de 6.2.

09 de Marzo de 1960.- A las 18:54, se produjo una violenta réplica del terremoto del 13 de enero, en la ciudad de Arequipa se cayeron las cornisas removidas, este sismo fue, sentido en Puno, en los Puertos de Matarani y Mejía tuvo una Intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli, en la ciudad de Arequipa se sintió con una magnitud de 6.0 y una intensidad de grado VIII; el epicentro se ubicó a -16° Lat. S. y -72° Long. W.

26 de Enero de 1964.- A las 04:00 se produjo un sismo en el sur del Perú, en Arequipa como producto del violento movimiento se registró cuatro heridos, y daños en las viviendas que ya se encontraban remecidas por anteriores sismos, este sismo tuvo una

intensidad de VI en la Escala Modificada de Mercalli en la ciudad de Arequipa, en Mollendo y Ubinas alcanzó una intensidad de V.

16 de Febrero de 1979.- A las 05:08:53. Fuerte terremoto en el departamento de Arequipa, que ocasionó algunas muertes y muchos heridos. Este sismo produjo severos daños en las localidades de Chuquibamba y pueblos del valle de Majes. Alcanzó una intensidad máxima del grado VII en la Escala Internacional de Intensidad Sísmica M.S.K. (Fig. N° 7).

En la ciudad de Arequipa el sismo fue del grado VI habiendo afectado seriamente algunas viviendas de sillar. Además ocasionó graves daños en edificios relativamente modernos como el Hospital Regional "N° 2" (Ex-empleado) Programa Académico de Arquitectura y el pabellón Nicholson, ubicados estos 2 últimos en los Campus de la Universidad de San Agustín. La posición geográfica del epicentro es localizada en las siguientes coordenadas: -16.515° Latitud S. y -72.599° Longitud W. La profundidad focal se estima en 52.5 Km., y la magnitud de 6.2.

23 de Junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas.

Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, algunos pueblos del interior y Camaná por el efecto del Tsunami.

El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado la muerte de 35 personas en los departamentos antes mencionados, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas. Las intensidades se presentan en la Fig. N° 8.

5.1.2 Tectonismo de la Región Andina

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, están relacionadas con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo

una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. En esa interacción también deben ser considerados los efectos que causan las placas menores próximas como la de Cocos y la del Caribe en la porción norte y la placa de Escocia en la porción sur, principalmente por presentar diferentes velocidad y direcciones del movimiento con relación a las Placas principales.

De acuerdo con Wortel (1984), el modelo simple de interacción entre una Placa Oceánica y otra Continental sobre la región andina, que fue considerado poco después del lanzamiento de la teoría de la tectónica de placas, al inicio de la década de los 70, fue modificada en base a investigaciones subsecuentes que mostraban la existencia de cambios significativos de norte a sur, en la estructura de la placa sumergida y los procesos asociados con la subducción. entre estos procesos están los fenómenos sísmicos y vulcanológicos, el tectonismo superficial y la formación de depósitos minerales. Esos cambios no concuerdan con la velocidad de la convergencia entre esas placas que es prácticamente uniforme a lo largo de toda la zona de subducción (~10 cm/año), la cual era considera como principal proceso del control de la subducción; esta

discrepancia, de acuerdo con Wortel hace cuestionar la validez del modelo de la tectónica de placas para la región andina.

Esa discrepancia entre tanto puede ser explicada (Wortel, 1984) tomándose en consideración la edad de la Placa Litosférica sumergida. Muchas de las complejidades de la zona de subducción en la región andina, resultan de la circunstancia peculiar de que la zona se encuentra en transición desde una etapa primitiva de absorción de la Placa Litosférica oceánica más antigua (> 70 ma., y que produce sismos profundos). Ese estado de transición habría provocado un modelo tectónico sobre la región andina con variaciones temporales importantes, principalmente con cambio en el ángulo de subducción y la extensión de la Placa sumergida, además varios segmentos de esa placa se encuentran en diferentes etapas de esa evolución.

Entre los elementos tectónicos más importantes relativos a la zona de subducción entre las placas de Nazca y de América del Sur, destacan las Dorsales Marinas Asísmicas, la Fosa Perú - Chile, los Volcanes Activos y la Topografía de la Zona de Subducción.

*** Dorsal de Nazca**

La Dorsal de Nazca es una formidable elevación submarina de rumbo Suroeste. Está a 2500 metros por debajo de la superficie del mar, dividiendo a la Fosa Oceánica en dos segmentos, la Fosa de Arica hacia el SE. y la Fosa de Lima hacia el NW. La Dorsal influye notablemente en la parte continental, determinando una inflexión en la dirección general de la Cadena Andina. Por consiguiente, la Cadena Andina se extiende en dirección NW a SE, a la latitud del contacto de la Dorsal con el continente, se dobla para seguir una nueva orientación de Oeste a Este, posteriormente recupera aproximadamente su dirección inicial, hasta la latitud del codo de Arica, tomando una dirección Sur.

*** Geometría del plano de subducción**

Ha sido frecuentemente estudiada debido a las características peculiares presentes en la placa de Nazca subduida bajo la Región Andina. Los investigadores como Isacks & Molnar (1971), Sykes (1972), Barazangi & Isacks (1976, 1979), Sacks (1977), Snoke et al. (1977), tomando como base los datos de los catálogos internacionales y las soluciones de los mecanismos focales muestran la existencia de características distintas en el plano de subducción.

Utilizando la distribución hipocentral de los sismos con focos superficiales e intermedios, fueron reconocidas hasta cuatro porciones en la placa de Nazca (Stauder, 1973, 1975; Barazangi & Isacks, 1976, 1979; Isacks & Barazangi, 1977). Estos investigadores concluyeron que entre 2° - 15° S, el plano tiene un ángulo de subducción entre 5 y 10 grados hacia el Este, o sea un plano casi horizontal donde no hay actividad volcánica, más aún, sin deformación en el continente, en tanto que desde los 15° a los 24° S y al Sur de los 33° S el ángulo de subducción alcanza los 30° hacia el Este, y por el contrario, existe presencia de la actividad volcánica (Jordán et al., 1983), Además la "Deflexión de Abancay", una importante estructura transversal andina, que comprende seis sectores de fallas discontinuas con longitudes entre 3 y 18 kms, se presenta al norte de la zona de transición entre la zona de subducción casi horizontal y la porción con una subducción de 30° (Mercier et al, 1992).

Los cambios en la geometría del plano de subducción sobre el sur del Perú y norte de Chile, fueron estudiados, posteriormente, por medio de datos de redes sísmicas locales, en trabajos presentados por Hasegawa & Sacks (1981), Grange et al. (1984), y Boyd et

al. (1984), que confirmaron un plano con un ángulo de buzamiento menor en la porción central del Perú y un ángulo de casi 30° al Sur del Perú, y atribuían este cambio a una contracción y no a un empuje como había sido propuesto por Barazangi & Isacks (1979). Schneider & Sacks (1987) demostró que efectivamente en el sur del Perú la actividad sísmica muestra un ángulo de subducción mayor que el observado en el Perú Central, proponiendo entonces que se trata de una contorsión en la Placa. En la región Norte de Chile también se realizó varios estudios sismológicos; Comte & Suárez (1994) y Comte et al. (1994) han publicado algunos trabajos sobre el plano en esta región. Ellos dan evidencias de una fase de transformación a lo largo de la porción subduida, con fallamiento normal e inverso entre 100 y 200 km. de profundidad y la ausencia de una corteza oceánica subduida.

Estudios efectuados por Abe & Kanamori (1979) mencionan que los sismos profundos e intermedios proveyeron importante información sobre las propiedades mecánicas y la distribución de esfuerzos de la placa oceánica subduida. Estudios sobre los sismos profundos en América del Sur, con esta finalidad, fueron efectuados por Suyehiro (1967), Khattri (1969), Mendiguren (1969), Wyss (1970), Isacks & Molnar (1971), Linde & Sacks (1972), Giardini (1984, 1986, 1988).

A partir de los 300 Km de profundidad, no hay presencia de actividad sísmica en la zona de Benioff sobre la región andina, sin embargo ésta vuelve aparecer cerca de los 500 Km, lo que conduce a especulaciones sobre la continuidad en profundidad de la zona de Benioff, sobre esa región (Baranzangi & Isacks, 1976, 1979; Berrocal, 1991).

Berrocal & Fernández (1997), proponen que la porción de la placa de Nazca que es subduida entre 24° y 14.5° S, parece tener continuidad lateral y en profundidad hasta los 600 km. Esa porción de la placa subduida, según ese trabajo, parece que está siendo contorsionada hacia el Sur, cuando se correlaciona con los sismos muy profundos ocurridos en el extremo Sur, sugiriendo además, que la placa que es subduida correspondiente a los otros sismos profundos es contorsionada en menor proporción que la del extremo Sur. También sobre la base de un mapa de contornos del plano de subducción, elaborado por los mismos autores, se observa el efecto provocado por las dorsales de Nazca y de Juan Fernández en la topografía de la porción subduida de la placa de Nazca, una contorción del Plano de Benioff parece ser originada por la subducción de esas dorsales. El efecto de la dorsal de Nazca es más evidente y provoca una porción subduida flotante, representada por la amplia separación de las Isopacas y la contorción cóncava y convexa de esos contornos alrededor del contacto de la dorsal con el continente. Esto también es observado en la subducción de la dorsal de Juan Fernández sobre Chile Central, en tanto que la dorsal Perdida aparentemente se curva hacia el Norte antes de ser subduida sobre la costa de Chile.

5.1.3 Análisis de la sismicidad

Distribución epicentral en el área de estudio.- La distribución epicentral se encuentra representada en las Figuras 9 y 10, las cuales representan todos los sismos disponibles para el área de estudio. La Figura 9 muestra la distribución de los sismos para el periodo 1964 a 1998 usando para ello el catálogo Engdahl (Engdahl et al. 1998). Se puede ver en esta figura, en una primera aproximación que la sismicidad en un rango de profundidades superficiales ($h < 70$ Km) toman lugar continuamente a lo largo de la línea de costa conformando la porción más superficial de la subducción. En esta área han ocurrido los sismos más destructivos en la historia de la sismicidad de esta región como son los sismos de 1604 y de 1868 frente al Sur del Perú, sin embargo, otros sismos superficiales se encuentran ubicados dentro del continente los que pueden estar

asociados a estructuras activas provocadas principalmente por el levantamiento de los Andes.

La actividad intermedia ($70 < h < 300$) se distribuye hacia el interior del continente determinando de esta manera el Plano de Benioff en esta región. Del mismo modo, los sismos profundos, que son escasos, se hallan distribuidos en la franja NS, al Sur del paralelo 15° S., sufriendo un desvío hacia el oeste a los 14° S. Estos sismos representan la porción más profunda del plano.

Sin embargo dada la escasez de datos para el Sur del Perú contenidos en el catálogo de Engdahl no es posible determinar fuentes sismogénicas significativas asociadas a estructuras activas en el interior del continente, por tal motivo ha sido necesario utilizar información de campañas sísmicas locales.

En la Figura 10, a diferencia de la Figura 9, muestra con mejor detalle la sismicidad local del área de estudio obtenida a partir de campañas sísmicas locales a pesar de que el

período de adquisición de datos de dichas campañas es muy corto (1965, 1969, 1975-1976, 1980-1981), podemos notar dos claros alineamientos posiblemente asociados a estructuras activas, el primero cerca a la ciudad de Arequipa que tiene un largo aproximadamente de 150km. y 40km. de ancho y oscila en un rango de profundidades superficiales. El segundo alineamiento se encuentra más pegado a la costa y tiene un largo de aproximado de 140 km. y un ancho de 30km, oscila en un rango de profundidades entre superficiales e intermedias, profundidades que serán mejor detalladas al realizar las secciones sísmicas las mismas que permitirán hacer una mejor zonificación. También se puede notar actividad correspondiente a la zona de subducción hacia el oeste de la línea de costa.

El rango de magnitudes de esta actividad es muy pequeño, se encuentran sismos desde una magnitud de 2.5 a 4.0 como se puede ver en el catálogo obtenido a través del reprocesamiento de los datos de Schneider y usando la fórmula obtenida para la determinación de la magnitud (M_D) a partir de la coda de duración de los sismos.

Secciones sísmicas.- Estas secciones (Fig. 11) son elaboradas para conocer la morfología de las fuentes sismogénicas, a través de la distribución espacial de los hipocentros, que son proyectados en planos verticales convenientemente orientados. El análisis de las secciones sísmicas permitieron determinar que los sismos en las

cordilleras oceánicas son superficiales, en tanto que los sismos más profundos se presentan en los márgenes activos de los continentes. En América del Sur son superficiales en la zona de la costa y profundos en el interior del continente.

5.2 PELIGRO POTENCIAL DEL VOLCAN SABANCAYA

En la zona de Estudio, la presencia del volcán Sabancaya, Ampato y Hualcahualca, representan un riesgo a los poblados cercanos, particularmente el Volcán Sabancaya el cual tuvo sus primeras manifestaciones de reactivación el año 1990, con sismos de regular magnitud que empezaron en el mes de abril del 90, éstos fueron los primeros indicios importantes o mayores de la actividad del Volcán, y posteriormente a fines del mes de mayo el Volcán Sabancaya empezó a lanzar emisiones de vapor y cenizas.

Los Estudios sísmicos realizados en los años de 1990 y 1994, confirman que la fuente principal de la actividad sísmica de la región se encuentra localizado próximo al Volcán

Hualcahualca (Fig. N° 12). La profundidad focal de los sismos esta en un rango de 3 a 9 Km.

En éste Estudio se utilizaron equipos portátiles modernos (adquiridos mediante el Proyecto de Investigación ONU-UNSA), instalándose 3 equipo sísmicos, distribuidos geoméricamente en torno al área del Volcán Sabancaya y una estación telemétrica ubicada en el Instituto Geofísico de la UNSA (Fig. N° 13).

El volcán Sabancaya está ubicado en la Cadena Andina (Pliocuaternario), que forma la Cordillera de los andes, a una distancia de 85 Km al NW de la ciudad de Arequipa, y a 18 Km del Cañón del Colca (Chivay). Este Volcán forma parte de un sistema volcánico (Ampato, Sabancaya y Hualcahualca).

5.2.1 Ubicación de las estaciones sísmicas

Para la ejecución de la Campaña 94, se conformó tres brigadas, las cuales estaban a cargo de la operación y mantenimiento de cada Estación Sísmica.

CUADRO 8
UBICACIÓN DE ESTACIONES SISMICAS(VOLCAN SABANCAYA)

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
SALLALLI	15°50.52´	71°46.8´	4425m
MACA	15°38.90´	71°47.0´	3700m
CABANACONDE	15°38.67´	71°56.7´	3800m
AREQUIPA	16°27.73´	71°29.5´	2452m

5.2.2 Procesamiento

La mayoría de los sismos registrado son de alta frecuencia, que corresponden al tipo A en la clasificación de sismos volcánicos, también se ha registrado señales armónicas, que de acuerdo a las observaciones son como consecuencia de la emisión de columnas eruptivas, que producen resonancia al ascender por el conducto del volcán.

Se ha efectuado el análisis de los sismos (registrados por un periodo de 7 días), para cada una de las estaciones; obteniéndose la siguiente información:

CUADRO N° 9
N° DE SISMOS OBTENIDOS POR LA RED DE ESTACIONES
DEL VOLCAN SABANCAYA

ESTACION SISMICA	N° DE SISMOS
MACA	44
SALLALLI	35
CABANACONDE	28

En el cuadro se observa que la Estación ubicada en el poblado de Maca, ha registrado una mayor cantidad de sismos, además de otros sismos que son muy locales, con una diferencia de S-P de 0.5 Seg., (por su bajo nivel energético no han sido registrados en las otras Estaciones), lo que indica la existencia de otra actividad sísmica propia del

lugar, de bajo nivel energético, y que sólo es detectada por la Estación ubicada en ésta zona, cuya procedencia puede ser como consecuencia de fenómenos geodinámicos, que ocurren próximos a esta área, convirtiéndolo en un poblado sumamente vulnerable.

Seguidamente, la Estación que ha registrado mayores sismos es la Estación de Sallalli, también se han registrado sismos muy locales con valores de S-P similares al anterior, y finalmente la Estación de Cabanaconde al igual que las anteriores, ha registrado estos sismos pero en menor proporción. La mayoría de estos sismos locales (S-P = 0.5 Seg.) son de muy bajo nivel energético, por consiguiente no son registrados por las demás Estaciones.

De lo expuesto se deduce la gran inestabilidad tectónica que involucra a una basta zona.

El número de sismos que se han utilizado para el procesamiento de información son 13, tomándose en consideración que son sismos de regular magnitud y que han sido registrados en 3 Estaciones.

5.2.3 Distribución epicentral de los sismos detectados

Los sismos detectados han sido ploteados en una carta de la zona de estudio (Escala 1:100,000), la distribución epicentral de estos sismos (Fig. N° 14) están en un radio de acción de 10 Km donde la mayor concentración esta próximo y al Este del Volcán Hualcahualca, lo que parece indicar que en toda el área de este Volcán existe actividad sísmica. Esta distribución también se encontró en la anterior Campaña Sísmica efectuada en el 90 y con los resultados obtenidos en esta Campaña se confirma que la mayor actividad sísmica del área de estudio se encuentra en las cercanías del Volcán Hualcahualca.

También se ha ubicado un sismo a 3 Km al norte del Volcán Sabancaya y otros más distantes ubicados al NE del Volcán. De acuerdo a los sismogramas de la Estación ubicada en este lugar (Sallalli) existen sismos que se están generando en esta zona, pero que son débiles y no pueden ser detectados por las otras Estaciones, y por lo tanto no se puede determinar su ubicación.

De igual modo se han ubicado 2 sismos que se encuentran entre el poblado de Maca y el Volcán Hualcahualca, ubicándose en el área epicentral donde ocurrió el terremoto de Maca (23 julio del 91).

Cabe mencionar que la campaña efectuada ha sido realizada en una etapa donde el Volcán Sabancaya y el área de Maca no tenían mayor actividad, pero sin embargo si se ha logrado obtener información muy importante, lo cual además confirma que la zona de estudio está en constante actividad sísmica y volcánica y que en determinados periodos esta actividad se incrementa, representando un peligro permanente para los poblados cercanos a este lugar.

En la figura 15, se ha planteado los sismos de la campaña efectuada en el año 1990 y el año 1994, con la finalidad de poder determinar si ha ocurrido una variación o una evolución de la actividad sísmica, (los sismos de la campaña de 1990 están planteados en círculos en blanco y los del 94 en círculos oscuros), de los resultados se puede observar que en forma general la actividad sísmica continúa y permanece en la misma área, con ligeras variaciones ya que la actividad sísmica del 90 se ubicaba al N y NE del Hualcahualca. El sismo ubicado a 3 Km al norte del Sabancaya coincide con el ubicado

en el 90, lo que indica también que ésta es otra zona de actividad sísmica más cercana al Sabancaya, pero que se presentan con menor regularidad, su actividad es de menor magnitud para poder ser registrado por las otras Estaciones.

5.2.4 Actividad en el área del Volcán Hualcahualca

Del resultado obtenido se muestra que la mayor actividad sísmica se encuentra en la zona del Volcán Hualcahualca.

Otros fenómenos que han ocurrido en este lugar y que pueden estar relacionados con la actividad sismo-volcánica del Hualcahualca, es el Flujo de Lodo (lahares) que se originó en la cima del Hualcahualca y que se desplazó ladera abajo por los cauces de la Quebrada Huayuray (Fig. N° 16), cerca del poblado de Pinchollo. Este fenómeno fue confirmado también por la expedición de ingenieros de Instituto Geofísico de la UNSA que se desplazaron hasta las cercanías de la cima del Hualcahualca (1991). Este flujo de lodo se presentó hasta en 2 oportunidades, (1991-1993) poniendo en riesgo la infraestructura del Proyecto de Irrigación Majes, asimismo, la destrucción de la toma y Canales de regadío del Poblado de Pinchollo. Otra manifestación que se ha presentado en esta zona ha sido el incremento en la actividad geotermal que allí existen.

Como se sabe estos flujos de lodo pueden ocurrir de dos formas: a) cuando se funde la nieve en la cumbre del Volcán, y b) cuando existe un lago en el cráter, o cuando abunda el agua a causa de las lluvias. La manifestación de estos flujos de lodo se presentaron por primera vez en el 91 y el 93 que concuerdan con la reactivación del área Volcánica Sabancaya-Hualcahualca. También es probable que la caída de cenizas haya contribuido en estos, pero en menos porcentaje.

5.2.5 Profundidad de los sismos registrados

La profundidad de los sismos detectados fluctúan en un rango de 3 a 9 Km, esta profundidad es determinada en relación al datúm de las estaciones ubicadas en el área de estudio. Cabe mencionar que existe la presunción de que el proceso que dio inicio a la reactivación volcánica fue como consecuencia de una actividad sísmica superficial de gran extensión.

La actividad sísmica detectada, puede ser como consecuencia de varios factores; tales como procesos de desgasificación, desestabilización tectónica, fallas, intrusión magmática, etc., procesos que pueden estar ocasionando esfuerzos, y la liberación de estos sismos.

5.2.6 Interpretación de la Actividad Sísmica-Volcánica

De acuerdo al análisis efectuada en profundidad de la sismicidad de la Zona de Estudio, se puede distinguir la actividad sísmica como producto de la subducción y la actividad sísmica detectada en el área del Volcán Sabancaya, (muy superficial) y que define claramente la probable cámara magmática del grupo volcánico.

El proceso de subducción que ocurre en la zona; es decir la corteza oceánica que se introduce bajo la continental alcanza en la zona del Volcán Sabancaya una profundidad de 150 Km.

De acuerdo a estudios realizados de la actividad en zonas de subducción, el tipo de volcanismo es Andesítico (que es intermedio entre el Basáltico y el Granítico, sus propiedades también son intermedias y sus flujos son menos extensos que aquellos producidos por magmas basálticos, sin embargo un alto porcentaje de Magma

Andesítico es expelido como material piroclástico, y por su composición rico en sílice comúnmente produce flujos de ceniza, estrato volcanes, y colapso de calderas).

El complejo volcánico actual empezó a emerger hace unos 15m.a. (D.E. James 73), con una serie de erupciones volcánicas explosivas, causando el depósito de grandes masas de cenizas volcánicas silíceas, al finalizar, fue seguido por flujo de lavas andesíticas, constituyendo grandes estratos volcánicos, algunos todavía activos, tales como el Sabancaya, que predominan en la Cadena Andina, con altitudes de hasta 6 Km. El estilo de deformación es extensional, es decir, la Tierra se está dilatando.

5.2.7 Principales amenazas

El 23 de junio de 1990, se preparó un mapa de la amenaza potencial del volcán Sabancaya (Fig. N° 17), donde se ha podido identificar las siguientes zonas de peligro:

a) Zona de Máximo Peligro (0 a 8 Km):

- **Proyectiles Balísticos:** Desde varios centímetros hasta metros de diámetro.
- **Caida de Piroclastos:** Acumulándose espesores, de centímetros hasta decímetros.
- **Flujos Piroclásticos:** Podría ser comprendido entre decenas de metros de espesor. Todo flujo de piroclastos es acompañado por una nube donde el material es siempre de menor densidad y su avance es mayor.
- **Flujos de Lava:** De algunos metros a unas decenas de metros de espesor los cuales se desplazarían preferentemente hacia el oriente y el occidente.
- **Flujos de Escombros:** Hacia el oriente y occidente, en caso de destrucción parcial del edificio volcánico.
- **Flujos de Lodo:** Principalmente hacia el Nor-Oeste, Sur-Este y Sur si se tiene en cuenta las zonas de debilidad allí presentes. No se descarta la posibilidad de su ocurrencia hacia otras direcciones en proporciones menores.

b) Zona de Moderado Peligro (8 a 13 Km):

- **Caida de Piroclastos:** Acumulándose espesores de varios centímetros
- **Flujos Piroclásticos:** Y su nube acompañante con alturas del orden de hasta decenas de metros.

c) Zona de Alto Peligro:

- **Flujos de Lodo (Lahares):** Principalmente hacia el Noroeste, Sur Este y Sur, no se descarta la posibilidad de su ocurrencia hacia otras direcciones en proporciones menores en función a su pendiente.

5.3 MICROZONIFICACION SISMICA

Para identificar los tipos de suelos y particularmente sus características físicas en las localidades de Huanca y Lluta, se ha utilizado los métodos geofísicos de Refracción Sísmica, Sondaje Eléctrico Vertical y Perfiles de muestreo. La ubicación de estos puntos se pueden observar en el (Anexo E). Mediante estos métodos se ha logrado

identificar sectores estables e inestables y los resultados de estos perfiles se pueden observar en los Anexos B y C.

5.3.1 Refracción Sísmica

5.3.1.1 Poblado de Huanca

En Huanca se efectuaron 10 perfiles de refracción sísmica los que se distribuyeron de forma regular en todo el poblado. La extensión de los perfiles ha permitido tener una adecuada investigación de la calidad de suelos en base a las velocidades sísmicas obtenidas, así como obtener información de los espesores del substrato.

- Los perfiles sísmicos 1 y 2, se encuentran ubicados en la calle Ramón Castilla, determinándose tres estructuras, la primera estructura presenta velocidades de 353 a 454m/seg, con un espesor de 0.7m. y 3.0m. que correspondería a materiales aluviales poco consolidados. La segunda estructura tiene velocidades de 714m/seg. a 800m/seg. que correspondería al mismo material pero más compacto, con un espesor de 9.43m. y 15.07m, subyaciendo a esta estructura tenemos una estructura con una velocidad sísmica de 1176.00m/seg a 1923.00m/seg., que correspondería a materiales aluviales medianamente densos (Anexo B, Fig. 1).

- El perfil sísmico 3, se efectuó en la calle Ayacucho, encontrándose dos horizontes refractores, el primero con una velocidad de 416.7m/seg. y un espesor de 0.95m que se relacionaría con materiales aluviales poco consolidados, el segundo horizonte refractor presenta una velocidad de 657.9m/seg., que se relacionaría con el mismo material que el horizonte anterior, algo compacto, el tercer horizonte refractor presenta una velocidad de 1538.5m/seg. que correspondería al mismo material con mayor compacidad.

- El perfil sísmico 4, se ejecutó en la Calle Junin e intersección de la calle Pampa Bernado, al Oeste de la plaza de armas del poblado, determinándose una estructura con una velocidad sísmica de 645m/seg. y un espesor de 1.8 m, que se relacionaría con materiales aluviales, subyaciendo a esta se tiene otra estructura con una velocidad de 740 m/seg., que correspondería al mismo material pero algo más compacto (Anexo B, Fig. 2).

- El perfil sísmico 5, se realizó en la calle 3 de setiembre, ubicada al Sur Este de la Plaza de Armas, se obtuvo tres horizontes refractores, el primero con una velocidad de 277.8m/seg. con un espesor de 0.51m, que se relacionaría con materiales aluviales, de acuerdo a la velocidad sísmica obtenida, ésta capa representaría a una estructura de características poco compacta. Subyaciendo a esta estructura se tiene una velocidad sísmica de 769.2m/seg. y un espesor de 1.01m, que correspondería a un material aluvial algo compacto, y subyaciendo a éste se tiene otra estructura con una velocidad sísmica de 1298.7 m/seg. y un espesor de 13.72m, correspondiendo a un material aluvial compacto y una cuarta estructura con una velocidad sísmica de 2500m/seg., que correspondería al mismo material anterior pero más compacto.

- El perfil sísmico 6, se realizó en la calle Junín, al Este de la Plaza de Armas, se obtuvo dos horizontes refractores, el primero con una velocidad sísmica de 400m/seg. y un espesor de 1m, que correspondería a materiales aluviales poco compactos, subyaciendo a ésta estructura se tiene una capa con una velocidad sísmica de 1000m/seg., y un espesor de 3.38m, que correspondería a materiales aluviales algo compacto, y una tercera estructura con una velocidad sísmica de 1219.5m/seg., que se trataría del mismo material anterior pero más denso (Anexo B, Fig. 3).

- El perfil sísmico 7, se realizó en la calle Comercio, ubicado al Nor Este de la Plaza de Armas, en este lugar se ha determinado dos estructuras; la primera con una velocidad sísmica de 469.5m/seg. y un espesor de 1.38m, que correspondería a materiales aluviales, subyaciendo a ésta se tiene otra estructura con una velocidad sísmica de 877.2m/seg., y un espesor de 8.7m, correspondiendo también a materiales aluviales algo compacto, y una tercera estructura con una velocidad sísmica de 1515.2m/seg., correspondiendo también al mismo material con mayor compacidad.

- El perfil sísmico 8, se encuentra ubicado en la calle Arequipa, al Nor Este de la Plaza de Armas, en este lugar se han determinado 3 estructuras, la primera con una velocidad sísmica de 333.3m/seg. y un espesor de 0.43m, que correspondería a materiales aluviales poco compactado y de poco espesor. Subyaciendo a ésta, se tiene otra estructura, con una velocidad sísmica de 485.4m/seg. y un espesor de 3.16m, que correspondería a materiales aluviales. Subyaciendo a ésta, se tiene otra estructura con una velocidad sísmica de 909.1m/seg. y un espesor de 17.13m, correspondiendo al mismo material anterior, y una cuarta estructura con una velocidad sísmica de 3030.3m/seg., que por sus características correspondería a materiales aluviales de fuerte compactación (Anexo B, Fig. 4).

- El perfil sísmico 9, se realizó en la calle Arica, ubicado al Norte de la Plaza de Armas de la localidad, en este lugar se han determinado dos estructuras; la primera con una velocidad sísmica de 344.8m/seg. y un espesor de 0.8m, que correspondería a materiales granulares con contenido orgánico. Subyaciendo a ésta se tiene una estructura con una velocidad sísmica de 800m/seg. y con un espesor de 20.6m, que correspondería a materiales aluviales. Y una tercera estructura con una velocidad sísmica de 2000m/seg. que correspondería a materiales aluviales más compactos.

- El perfil sísmico 10, se realizó en la calle San Antonio, ubicado al Sur Oeste de la Plaza de Armas, en este lugar se ha determinado una estructura, con una velocidad sísmica de 385m/seg., con un espesor 0.85m, que correspondería a materiales granulares con contenido orgánico poco compacto. Subyaciendo a esta estructura se tiene otra con una velocidad sísmica de 1052.6m. que correspondería a materiales aluviales algo densos (Anexo B, Fig. 5).

CUADRO 10
VELOCIDADES Y ESPESORES DE HUANCA

PRS	CAPA1		CAPA 2		CAPA3		CAPA4		TOTAL
	V ₁ (m/seg)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/seg)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/seg)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/seg)	Z ₄ (m)	ΣZ(m)
1	353.3	3.10	800.0	15.07	1923.1				18.70
2	454.5	0.70	714.3	9.43	1176.5				10.13
3	416.7	0.95	657.9	15.96	1538.5				16.91
4	645.2	1.80	740.7						1.80

5	277.8	0.51	769.2	1.01	1298.7	13.72	2500.0		15.24
6	400.0	1.00	1000.0	3.38	1219.5				4.38
7	469.5	1.38	877.2	8.70	1515.2				10.08
8	333.3	0.43	485.4	3.16	909.1	17.13	3030.3		20.72
9	344.8	0.80	800.0	20.60	2000.0				21.40
10	385.0	0.85	1052.6						0.85

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

V_1, V_2, \dots Velocidad de los diferentes horizontes

Z_1, Z_2, \dots Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

- Conclusiones

De acuerdo a los resultados se puede precisar que los suelos del poblado de Huanca se pueden dividir en función a la densidad en dos niveles, los suelos con mejores características de estabilidad son los ubicados en la franja Oeste del Pueblo, a excepción de la parte baja (es decir de la Plaza de Armas hacia abajo) los suelos medianamente densos se sitúan en la parte Nor Este del poblado que comprende parte de las calles; Ramón Castilla, Arequipa, El Olvido, Ricardo Palma, Alfonso Ugarte Y Mariscal sucre, comprendiendo un sector aproximado de once manzanas, y un tercer nivel con suelos menos densos (valores bajos de velocidad sísmica) corresponde solamente a un sector ubicado en la calle 3 de setiembre (parte Este de la Plaza de Armas).

En general los suelos del poblado de Huanca son suelos estables por la homogeneidad del tipo de material; materiales aluviales de la formación Huanca. Las viviendas afectadas por el terremoto del 23 de junio, son aquellas viviendas precarias construidas de adobe, piedra y barro, que no poseen ninguna consistencia estructural.

En el Anexo E (P-5) se presenta un Plano de zonificación sísmica en base a las velocidades sísmicas determinadas por el método de Refracción Sísmica.

5.3.1.2 Poblado de Lluta

En el Distrito de Lluta se efectuaron 04 perfiles de Refracción Sísmica (Calle Unión, Gonzáles Prada, Victoria y Calvario).

- El perfil sísmico 1, se llevo a cabo en la calle Unión, determinándose dos estructuras, la primera con una velocidad de 427.3m/seg. y con un espesor de 0.50m, que correspondería a materiales sueltos, subyaciendo a esta estructura se tiene velocidades sísmicas de 1111.1 m/seg. y un espesor de 5.26m, que podría corresponder a materiales poco compacto, subyaciendo a ésta se tiene una estructura con una velocidad sísmica de 2000.0 m/seg., cuyos valores corresponderían a rocas del Grupo Yura alterados (Formación Moquegua).

- El 2do perfil sísmico se llevó a cabo en la calle Gonzáles Prada, determinándose dos estructuras, la 1ra con una velocidad sísmica de 454.5m/seg. y un espesor de 1.07m, correspondiendo a materiales sueltos, subyaciendo a ésta, se tiene otra estructura con una velocidad sísmica de 1388.9m/seg. con un espesor de 16.52m, que podría corresponder a material perteneciente al Grupo Yura, y una tercera estructura con una velocidad sísmica de 3333.3m/seg. que correspondería al basamento del lugar (Grupo Yura), algo más compacto (Anexo B, Fig. 6).

- El 3er perfil sísmico se realizó en la calle Victoria, determinándose tres estructuras; la primera con una velocidad sísmica de 357.1m/seg. con un espesor de 1.00m, correspondiendo a materiales sueltos, arenas y limos, subyaciendo a esta, se tiene una

2da estructura con una velocidad sísmica de 909.0m/seg. con un espesor de 2.02m, que podría corresponder a un material compacto; lutita, cuarcita, limos, subyaciendo a ésta, se tiene una 3ra estructura de 1333.3 m/seg. y un espesor de 10.20m, que podría corresponder al mismo material anterior pero compacto, y una 4ta estructura con una velocidad sísmica de 2500ms/seg., que correspondería al basamento del lugar (Grupo Yura).

- El 4to perfil sísmico se llevó a cabo en la calle Calvario, ubicado al Norte de la Plaza de Armas, determinándose dos estructuras; la primera con una velocidad sísmica de 357.1m/seg. y un espesor de 0.5m correspondiendo a materiales sueltos y subyaciendo a ésta, se tiene una 2da estructura con una velocidad sísmica de 952.4m/seg. y un espesor de 2.4m, cuyos materiales podrían corresponder a lutitas y cuarcitas, arenas y limos, subyaciendo a ésta se tiene una 3ra estructura con una velocidad sísmica de 1538.5m/seg., que podría corresponder a materiales del Grupo Yura; lutitas, cuarcitas más compactas (Anexo B, Fig. 7).

CUADRO 11
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LLUTA

PRS	CAPA1		CAPA 2		CAPA3		CAPA4		TOTAL
	V ₁ (m/seg.)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/seg.)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/seg.)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/seg.)	Z ₄ (m)	ΣZ(m)
1	427.3	0.50	1111.1	5.26	2000.0				5.76
2	454.5	1.07	1388.9	16.52	3333.3				17.59
3	357.1	1.00	909.0	2.02	1333.3	10.2	2500		13.40
4	357.1	0.50	952.4	2.40	1538.5				2.90

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidad de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

- Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se ha determinado que los suelos de Lluta son suelos competentes, consistente en materiales aluviales, lutitas, cuarcitas y limos, que se encuentran distribuidas relativamente en forma uniforme, esto de acuerdo a los valores de las velocidades sísmicas y espesores.

De acuerdo a los resultados se puede precisar que los suelos del poblado de Lluta se pueden dividir en función a la densidad del suelo, en dos niveles, aproximadamente una a partir de la mitad superior del poblado y otra en la parte inferior, los suelos con mejores características de estabilidad son los ubicados en la mitad inferior, y la segunda la correspondiente a la otra mitad superior del poblado (Anexo E, P-6).

Las construcciones o viviendas tanto de Lluta como de los Anexos del Area de estudio, que han sido destruidas o dañadas por efectos del sismo, son debidos principalmente a la precariedad de las construcciones (construcciones de adobe, barro y piedra)

5.3.2 Resistividad Geoeléctrica

Adicionalmente al método de Refracción Sísmica, también se ha realizado el método de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), (dispositivo tipo asimétrico trielectrónico Schlumberger) con la finalidad de determinar las características de las estructuras donde están asentados los poblados de Huanca y Lluta.

5.3.2.1 Zona de Huanca

Se ejecutaron 03 SEVs, distribuidos en el área de estudio de acuerdo a las necesidades requeridas (Anexo E).

CUADRO 12
RESISTIVIDADES Y ESPEORES DE HUANCA

SEV N°	H ₁		H ₂		H ₃		H ₄	
	R ₁	E ₁	R ₂	E ₂	R ₃	E ₃	R ₄	E ₄
1	51	0.9	130	39.1	43	93	940	----
2	68	0.8	200	21.2	54	148	209	----
3	55	0.8	210	22.2	71	155	1200	----

H₁ - Horizonte geoelectrico

R₁ - Resistividad

E₁ - Espesor de la Estructura Geoelectrica

Descripción de los Horizontes Geoelectricos (Huanca)

Horizonte H1.- Este horizonte presenta resistividades entre 51 y 68 Ohmios-metro y espesores de 0.8 a 0.9 metros, esta primera estructura geoelectrica está constituida por material granular de origen aluvio-proluvional con contenido de material orgánico, presenta humedad.

Horizonte H2.- Tiene resistividades entre 130 y 210 Ohmios-metro y espesores de 21.2 a 39.1 metros respectivamente; está constituida por materiales de origen aluvial (conglomerados) pertenecientes a la Formación Huanca, estas estructuras presentan fuerte compactación y carentes de humedad.

Horizonte H3.- Esta tercera estructura geoelectrica presenta resistividades entre 43 y 71 Ohmios-metro y espesores entre 93 y 155 metros, constituida por material de origen aluvial (conglomerados), correspondiente a la Formación Huanca, en esta parte esta estructura presenta gran contenido de humedad y tiene características de un acuífero.

Horizonte H4.- En este horizonte geoelectrico se observa valores altos de resistividad entre 209 y 1200 Ohmios-metro y de espesor indeterminado, estaría constituida por material de origen sedimentario perteneciente al Grupo Yura, se comporta como el basamento rocoso de la zona de estudio sobre la cual se asienta la población de Huanca.

Se ha elaborado un perfil geoelectrico, constituido por los SEVs 1, 2 y 3, los que se ubican de la siguiente manera: el primero en la parte alta de la población, el segundo en la parte intermedia del mismo y por último el tercero en la parte baja de la población (Ver Anexo E), se han correlacionado los horizontes determinados del cuadro 1, en este perfil se observa como está constituido el suelo y la disposición de los estratos geoelectricos determinados para la localidad de Huanca, el cual muestra en su parte superior, una pequeña cobertura superficial constituida por materiales de origen aluvio-proluvional, luego tenemos una fuerte cobertura constituida por materiales aluviales (conglomerados) pertenecientes a la Formación Huanca, la misma que en profundidad presenta fuerte contenido de humedad, esta estructura descansa sobre el basamento rocoso constituido por el Grupo Yura (Figura 1, Anexo C).

Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de resistividades, la localidad de Huanca se encuentra emplazada sobre suelos constituidos por materiales de origen aluvial (Formación Huanca), superficialmente compactados y con características de acuífero a partir de los 25 metros de profundidad, por lo que podemos decir que se trata de suelos estables de acuerdo a la profundidad a la que se presenta la estructura acuífera.

5.3.2.2 Zona de Lluta

Tal como lo realizado en la localidad de Huanca, se han realizado 02 SEVs, cuya ubicación en el área de estudio se realizó de acuerdo a las necesidades requeridas (Ver Anexo E).

**CUADRO 13
RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE LLUTA**

SEV N°	H ₁		H ₂		H ₃		H ₄		H ₅	
	R ₁	E ₁	R ₂	E ₂	R ₃	E ₃	R ₄	E ₄	R ₅	E ₅
1	51	0.9	44	0.8	16	11.6	----	----	133	----
2	41	1.2	----	----	21	3.8	32	18	146	----

H1 - Horizonte geoelectrico
R1 - Resistividad
E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

Descripción de los Horizontes Geoelectricos (Lluta)

Horizonte H1.- Este horizonte presenta resistividades de 51 y 41 Ohmios-metro y espesores de 0.9 y 1.2 metros respectivamente, esta primera estructura geoelectrica está constituida por material de origen aluvial con presencia de limos y material orgánico; presenta cierto contenido de humedad.

Horizonte H2.- Se presenta sólo en el SEV 1, tiene una resistividad de 44 Ohmios-metro y un espesor de 0.8 metros, está constituido por material aluvial con limos, se encuentra saturado de humedad.

Horizonte H3.- Esta tercera estructura geoelectrica tiene resistividades de 16 y 21 Ohmios-metro y espesores de 11.6 y 3.8 metros, constituida probablemente por material perteneciente al Grupo Yura, Formación Cachios, esta estructura presenta contenido de humedad.

Horizonte H4.- Este horizonte geoelectrico se le observa sólo en el SEV 2, tiene valor de resistividad de 32 Ohmios-metro y espesor de 18 metros, estaría constituida por material perteneciente al Grupo Yura, Formación Cachios, con menor contenido de humedad que la estructura anterior.

Horizonte H5.- Esta estructura tiene resistividades entre 133 y 146 Ohmios-metro y de espesor indefinido, constituye el basamento rocoso de la zona de estudio constituido posiblemente por rocas del Grupo Yura.

Se ha elaborado un perfil geoelectrico, constituido por los SEVs 1 y 2 ubicados, el primero en la parte alta de la población y el segundo en la parte baja del mismo (Anexo E). Se correlacionan los horizontes determinados del cuadro 2, en este perfil se observa que existe una pequeña cobertura superficial de material de origen aluvial con contenido de limos y material orgánico, subyace rocas pertenecientes al Grupo Yura, Formación Cachios saturada de humedad, todas estas descansan sobre material más compacto también del Grupo Yura, posiblemente Formación Puente (Figura 2, Anexo C).

Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de SEV, se observa que en Lluta existe una pequeña cobertura superficial de material de origen aluvial los que se asientan sobre rocas sedimentarias del Grupo Yura, Formación Cachios, saturada

de humedad, lo cual nos lleva a la conclusión de que se trata de suelos estables para su habilitación urbana.

5.3.3 Estudio Geotécnico

5.3.3.1 Mecánica de Suelos

Para el estudio de Mecánica de suelos de las localidades de Huanca y Lluta, se han efectuado muestreos de perfiles existentes, con el objetivo de realizar la descripción de las características físicas y mecánicas.

*** Muestreo**

Los objetivos y usos de las muestras son necesarios para identificar y clasificar los suelos correctamente, siendo la parte inicial de la caracterización la determinación de la densidad y humedad para las pruebas de laboratorio.

El muestreo se ha realizado por sectores y de acuerdo con las características estratigráficas, obteniéndose muestras de los cortes existentes para luego ser transportadas al laboratorio con la finalidad de realizar los ensayos correspondientes, conforme a las normas A.S.T.M.

*** Humedad**

La humedad del suelo esta definida como la relación del peso del agua contenido en la muestra.

*** Granulometría**

Es el análisis del tamaño de las partículas, mediante una combinación del cribado y de análisis mecánico en agua, conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), determinando de acuerdo con los diámetros comprendidos entre 3 pulgadas a la malla N° 4 como gravas, los diámetros comprendidos entre las mallas N° 4 y N° 200 como arenas y los diámetros menores a la malla N° 200 denominadas como limos y arcillas

*** Límites de Atterberg**

Límite líquido, definido por el contenido de agua por encima del cual el suelo se comporta como un líquido viscoso.

Límite plástico, definido por el contenido de humedad por encima del cual el suelo se comporta como un material plástico, con una resistencia al esfuerzo cortante nula.

Límite de contracción, definido al grado de saturación del 100 % bajo el cual no ocurre un cambio ulterior de volumen del suelo con un secado adicional.

*** Peso específico**

El peso específico, esta constituido por el valor del peso unitario del suelo, siendo la relación del peso entre el volumen.

*** Corte Directo**

El valor de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, constituye el parámetro más importante, siendo un parámetro para determinar entre otros factores la estabilidad de taludes.

*** Análisis Químico**

Los análisis químicos permiten determinar la composición química, esto es determinar la presencia de agentes agresivos, tales como las sales solubles, cloruros, carbonatos, sulfatos entre otros.

Con los resultados de todos los ensayos realizados, se ha podido categorizar en cuatro calidades de suelos; Suelos Tipo I, suelos rocosos muy estables con muy buenas características de capacidad portante, Suelos Tipo II, suelos granulares de buenas características, Suelos Tipo III, suelos arenosos de medianas condiciones de capacidad portante y Suelos Tipo IV, caracterizado por suelos finos de baja capacidad portante.

*** Cálculo de capacidad portante**

La capacidad de carga última de un suelo bajo una carga de cimentación depende principalmente de la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad permisible o de trabajo para diseño se tomará en consideración la resistencia al corte y las características de deformación

La determinación del valor de la capacidad de carga del suelo, es el valor de resistencia a soportar la transmisión de las cargas de sollicitación de una superestructura, entre la más aplicada de las ecuaciones para la determinación de dicho valor se halla la ecuación de Hansen:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + \gamma DN_q S_q d_q + 1/2 \gamma BN \gamma S \gamma d \gamma$$

Con los resultados de los valores obtenidos, se ha procedido a realizar, una zonificación de los suelos, agrupando por zonas de acuerdo con las características de los suelos.

5.3.3.2 Tipos de Suelos

De acuerdo con lo descrito anteriormente, y en función a las propiedades físico-mecánicas de los suelos se ha determinado lo siguiente.

5.3.3.2.1 Localidad de Huanca (Suelos Tipo II)

Caracterizado por suelos de origen aluvial, constituyendo básicamente por un solo tipo de material; Conglomerados medianamente compactados, pertenecientes a la Formación Huanca, encontrándose el poblado de Huanca asentada en esta Formación; bajo estos criterios y con los valores obtenidos en los análisis de laboratorio, se puede establecer valores de capacidad portante comprendidas hasta de 2.00 kg/cm² (Fotos: 5 y 6)

5.3.3.2.2 Localidad de Lluta (Suelos Tipo II)

Caracterizado por suelos proluviales, con presencia de gravas areno-limosas, medianamente compactas, de color marrón claro, y la presencia subyacente de rocas de la Grupo Yura, Formación Cachios (presencia de cuarcitas y lutitas); de acuerdo con lo

avizorados y en función de los resultados obtenidos en laboratorio; se puede establecer valores de capacidad portante de hasta 2.00 kg/cm^2 (Foto 7).

En la foto 8, se observa el tipo de suelos de la zona de Taya.

*** Conclusiones**

- **Localidad de Lluta**, se ha caracterizado básicamente en dos tipos de suelos, de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas.

El primero constituido por materiales de origen aluvial, caracterizado por gravas arenolimosas con una matriz fina medianamente compacta, con materiales poco compactos superficialmente, provenientes de la desintegración y fracturamiento de los materiales superiores; determinándose valores de capacidad portante menores a 2.00 kg/cm^2 .

El segundo constituido por materiales del Grupo Yura correspondiente a la Formación Cachíos, caracterizado por cuarcitas, lutitas y materiales finos, conformando una superficie mucho más uniforme y compacta, determinándose valores de capacidad portante mayores a 2.00 kg/cm².

- **Localidad de Huanca**, caracterizado básicamente por un solo tipo de suelo, caracterizado en su parte superior más superficial por materiales sueltos y medianamente compactados, prosiguiendo un material más compacto de tipo conglomerádico en toda la localidad de Huanca, y correspondiendo a la Formación Huanca, determinándose valores de capacidades portantes mayores a 2.00 kg/cm².

Los daños causados por el sismo son debidos fundamentalmente a la antigüedad de las construcciones y la precariedad de estas (construidos por adobe, piedra y barro), es recomendable un adecuado sistema de construcción, con un control y dirección técnica profesional correspondiente, así con una simetría arquitectónica y estructural con la finalidad de atenuar los efectos que pudieran causar las sollicitaciones dinámicas causadas por un sismo de severas condiciones.

5.4 DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001

La localidad de Lluta, por efecto del sismo, sufrió principalmente la incomunicación del Distrito, quedando familias sin viviendas, enseres y alimentación, y de igual modo los canales de regadío fueron sepultados por desprendimientos, perjudicando a la agricultura y ganadería. A continuación en los siguientes cuadros se presenta la evaluación de daños del Distrito de Lluta (Prov. Caylloma), se considera, Centros Educativos, Iglesias, Canales de regadíos, Agricultura, Puentes, Edificaciones públicas entre otros:

CUADRO 14
EVALUACIÓN DE DAÑOS DEL DISTRITO DE LLUTA
(PROV. CAYLLOMA)

	UBICACIÓN	ESTADO	
--	-----------	--------	--

DISTRITOS	URB.	RURAL	DESTR.	AFFECT.	OBSERVACIONES
LLUTA	X	X	15	150	- Iglesia agrietada, torre totalmente agrietada - C.E. con fisura, agrietamiento y vidrios rotos - Canal de regadío y terrenos agrietados,(Tinquña) se requiere reubicación, reservorio
TAYA	X	X	10	140	- Iglesia agrietada - C.E. Ligeras fisuras y vidrios rotos - Canal de regadío agrietado
SAN PEDRO DE QUERQUE		X	5	60	- Capilla agrietada - C.E. Con grietas, fisuras y vidrios rotos - Canal agrietado y con escombros
TOROY		X	5	20	- Capilla agrietada - C.E. con fisuras y vidrios rotos - Canal de regadío agrietado
HATUMPATA		X	5	50	- C.E. agrietado y vidrios rotos - Canal de riego agrietado
CASSAU		X	3	20	- Capilla agrietada - C.E. Agrietado y con vidrios rotos - Canal de riego agrietado
SANTA CECILIA		X	6	20	- Canal de riego agrietado
DENUNCIO		X	4	30	- Canal de riego agrietado
MOKA-CUÑIRCA			10	50	- C.E. agrietado y vidrios rotos
CARRETERA					- Vías de comunicación semides-truidas con derrumbes a 25 Km de Pichirigma a Negropampa
OTROS					- Se requiere urgente la laguna de oxidación para evitar epidemias y contaminación.

FUENTE: Municipio de Lluta

CUADRO 15
LUGARES AFECTADOS EN EL DISTRITO DE LLUTA
(PROV. DE CAYLLOMA)

AREAS AFECTADAS	DISTRITO	LOCALIDAD
AGRICULTURA		
1. Canal Principal de Lluta Cajamarca, Titicane, Seccana, Piscone, Curinta, Ccolpa, Chulune, Tio Pascana, Huatac Chico y Huatac Grande	Lluta	Lluta
2. Canal San Luis	Lluta	San Luis
3. Canal Paccha	Lluta	Paccha - Querque

4. Canal de Huasamayo	Lluta	Huasamayo
5. Canal de Copallau	Lluta	Lluta
6. Canal de Hatumpata (cerro vencedores y otros)	Lluta	Hatumpata - Taya
7. Canal San Miguel	Lluta	Taya
8. Canal de Irrigación	Lluta	Taya
9. Bocatoma	Lluta	Taya
10. Canal de Denuncio	Lluta	Lluta
CENTROS EDUCATIVOS		
1. Centro Educativo inicial de Toroy	Lluta	Toroy
2. Centro Educativo Inicial de Querque	Lluta	Querque
3. C.E. Primario – Cassau	Lluta	Cassau
4. C.E. 40388 Lluta	Lluta	Lluta
PUENTES		
1. Puente Río Huasamayo	Lluta	Tinquiña – Lluta
VIAS: Fueron afectados 25 Km con derrumbes, agrietamientos y otros, faltando rehabilitar:		
1. Daños Plataforma 200m, hacer muro de contención	Lluta	Pichiriema – Taya
2. Daños Plataforma 100m carretera Lluta Empalme Huambo, hacer muro de Contención	Lluta	Santa Rosa – Lluta
3. Limpieza de 100m Seccanca se necesita explosivos y Maquinaria pesada (Tractor)	Lluta	San Luis – Lluta
EDIFICACIONES PÚBLICAS		
1. Local Municipal – agrietada adobe de 2 plantas	Lluta	Lluta
2. Iglesia Espíritu Santo agrietada la Torre y Ambientes	Lluta	Lluta
3. Estadio Municipal (graderías)	Lluta	Lluta
OBRAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL. Desagüe de Lluta		
1. Planta de HIFMO colapsado contaminando el ambiente y las aguas que transcurren al Valle de Sigwas – Irrigación Majes.	Lluta	Lluta
OBRAS PRIVADAS		
Viviendas: un total de 500 afectados en las zonas de Lluta, Taya, Toroy, Querque, Cassau y otros.		
FUENTE: Municipio de Lluta		

CUADRO 16
EVALUACION DE DAÑOS DEL DISTRITO DE HUANCA
(PROV. CAYLLOMA)

EVALUACION	DAÑOS
- Personas heridas y atendidas en el C. de Salud	2
- Local de PNP Huanca	Paredes agrietadas
- Centro Educativo 40384	Vidrios rotos en todas las aulas

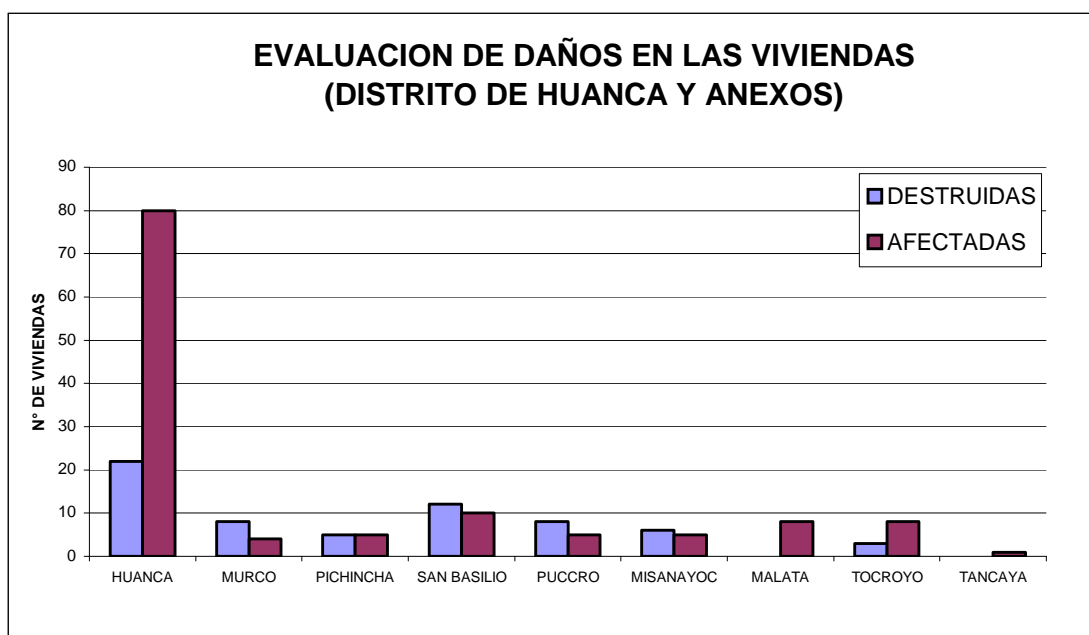
- Iglesia	Muros cuarteados y torre destruida
- Huertas	Muros destruidos
- Canales de regadío y tomas	Destruídos 90%
- Servicios de Luz eléctrica	Medidores parcialmente destruidos
- Carreteras	Derrumbes en varios tramos
- Viviendas	Mayoría de paredes cuarteadas (en construcciones de piedra adobe y barro).

CUADRO 17
POBLADOS O ANEXOS AFECTADOS
(DISTRITO DE HUANCA-PROV.CAYLLOMA)

POBLADO O ANEXO	VIVIENDAS	
	DESTRUIDA	AFECTADA
HUANCA	22	80
MURCO	8	4
PICHINCHA	5	5
SAN BASILIO	12	10
PUCURO	8	5
MISANAYOC	6	5
MALATA	-	8
TOCROYO	3	8
TANCAYA	-	1

FUENTE: Informe del Municipio de Huanca

CUADRO 18
EVALUACION DE DAÑOS EN LAS VIVIENDAS DEL
DISTRITO DE HUANCA Y ANEXOS-PROV. CAYLLOMA



5.5 MAPA DE PELIGROS DE HUANCA Y LLUTA

En el mapa de peligros (Anexo E, P-7), se consigna la evaluación de las localidades de Lluta y Huanca; por inundaciones, deslizamiento y derrumbes, pendientes y activación de quebradas. Por efectos del sismo del 23 de junio, se ha logrado precisar diversos sectores con distintos grados de peligrosidad.

5.5.1 Por efecto del sismo del 23 de junio

A consecuencia del sismo del 23 de junio, han sido afectadas principalmente las viviendas, centros educativos, iglesias, canales de regadío y carreteras de las localidades comprendidas en el presente estudio (Fotos: 9-22).

- Deslizamientos y derrumbes

En el sector de Pichirijma se producen periódicamente deslizamientos y derrumbes, en la carretera que une Huanca-Taya-Lluta, debido a lo accidentado de su topografía y a las rocas deleznable existentes. A consecuencia del sismo del 23 de junio del 2001, se produjeron derrumbes de grandes proporciones en varios tramos de dicha carretera, obstaculizando el tránsito vehicular por varios días (Fotos: 23, 24 y 25).

De igual forma en el sector de la carretera Lluta a Toroy y la Plataforma del Canal de Negropampa también sufrieron derrumbes en diferentes puntos, respecto a la nueva

carretera Lluta empalme Huambo e Irrigación Majes en los primeros 6 Km, se tuvo algunos desprendimientos de materiales rocosos, encontrándose dichas vías intransitables. También a consecuencia del sismo.

5.5.2 Por efecto de peligros existentes en las zonas de estudio

- Inundaciones (avenidas extraordinarias)- Activación de quebradas

Por inundaciones en el poblado de Huanca se tiene la presencia de las quebradas La Abuela y Achauí (Fotos: 26, 27, 28 y 29) estas dos quebradas bordean al poblado de Huanca, cuyo cauce son regularmente profundas no involucrando peligro al poblado, pero sí a algunas viviendas y terrenos ubicados en los márgenes de éstas quebradas. En

relación al río Lihualla (Fotos 30 y 31), en avenidas extraordinarias podría involucrar a los poblados asentados a ambos márgenes del río, poblados tales como: Tojroyo, Salviayoc, Arayquipa y Tancaya. En este río confluyen las quebradas antes mencionadas

En relación al poblado de Lluta, existe la presencia de dos quebradas que bordean a éste poblado, pero que no representa peligro alguno, la confluencia de estas dos quebradas en la parte inferior del poblado forman la quebrada de Lluta.

En la foto 32, se observa al poblado de Taya, su geomorfología, terrenos de cultivo y la presencia de las quebradas a ambos márgenes del poblado, que no representan peligro a éste poblado.

- Deslizamientos y derrumbes

En el sector de Santa Cecilia (Huanca), se tiene la reactivación de un deslizamiento antiguo por filtraciones de agua de riego, pudiendo afectar terrenos de cultivo

En el sector La Mancha (Margen izquierda río Lihuaya-Huanca), existe el peligro de derrumbes por efecto de las lluvias estacionales y la pendiente de la ladera, por erosión en el pie de la ribera y filtraciones de agua de regadío, involucrando depósitos coluvio-proluviales, afectando terrenos de cultivo, canales de regadío y caminos de herradura; la pendiente de la ladera es de 30°-35°.

Frente al Santuario del Sr. de Huanca, existe el peligro de deslizamiento, por efecto de erosión fluvial en el pie de ladera, margen izquierda del río Lihuaya, por la naturaleza de los suelos, filtraciones de los suelos y de las partes superiores, ocasionando asentamiento del terreno y derrumbes que comprometen terrenos de cultivo; suelos coluvio-proluviales.

En la Falda del Cerro Pampacollo (Huanca), existe el peligro de desprendimiento por caída de rocas, por causa de la presencia de flujos piroclásticos tobáceos con escarpas subverticales y fracturamiento paralelo al talud, que por efecto de la presencia de sismos puede ocasionar el desprendimiento de grandes bloques de roca interrumpiendo el tráfico en el tramo de la carretera Huanca-Arequipa.

A, 2.5Km arriba de Huanca, existe el peligro de desprendimiento por derrumbes, por efecto de las filtraciones de agua de riego y erosión fluvial en el pie de la ladera, compuesta por depósitos proluviales; talud de 60°-70° de pendiente, donde también se observa cicatrices de antiguos derrumbes y otros recientes que han sido forestadas.

A, 300m aguas arriba de la quebrada Hualhuayoc-Lluta, afluente del río Lluta, existe el peligro de deslizamiento, por efecto de lluvias excepcionales; filtraciones de agua de

regadío; reactivación de deslizamiento antiguo que involucra suelos coluviales saturados en ladera de fuerte pendiente (40° - 45°), pudiendo afectar terrenos de cultivo, se presenta como un deslizamiento con flujo, provocado por lluvias excepcionales (niño 82-83)

Sector Huiturca (margen izquierda río Lluta), existe el peligro de deslizamiento, por efectos de lluvias excepcionales que saturan los suelos coluvio-proluviales, en cuerpo de deslizamiento antiguo, reactivándolo en la parte inferior; filtraciones de agua de riego y erosión en el pie del talud por el río Lluta, afectando terrenos de cultivo y caminos de herradura (Ver Anexo E, P-2b).

Margen derecha de la Qda. Lluta, existe el peligro de deslizamiento, por efecto de la naturaleza de suelos poco consolidados en laderas de fuerte pendiente; incentivación con lluvias excepcionales por sobresaturación, pudiendo afectar terrenos de cultivo y trocha carrozable.

Margen izquierda del río Pichirijma(sector Huasamayo-Lluta), existe el peligro de deslizamiento, por filtraciones de aguas de regadío en suelos coluviales, lluvias excepcionales; fracturamiento en el substrato rocoso y sismos, pudiendo afectar terrenos de cultivo.

Margen derecha del río Pichirijma-Lluta, existe el peligro por desprendimiento; caída de rocas, por la presencia de rocas fracturadas, pendiente alta y la actividad sísmica, pudiendo afectar sólo áreas de cultivo.

- Erosión de laderas

En el sector de Huancanayoc-Huanca, existe el peligro por erosión de laderas, por causa de la naturaleza de los suelos y rocas que conforman el substrato (Fm. Huanca: conglomerados y areniscas rojas); lluvias estacionales, pendiente de la ladera, pudiendo afectar grandes áreas de terrenos de cultivo.

En la ladera Este del Cerro Sombreroyoc(Huanca), existe el peligro por erosión de laderas, cuyas causas son la presencia de capas rojas conglomeráticas, fácilmente erosionables con agua de lluvias estacionales a excepcionales, en ladera con pendiente moderada a fuerte (40°); produciendo erosión en surcos o cárcabas pronunciada, flujos de lodo y chorreras en un tramo de 10 a 15 Km (por sectores) de la carretera Huanca-Arequipa; en algunos casos las alcantarillas son insuficientes.

En la margen derecha del río Pichirijma-Lluta, existe el peligro por erosión de laderas, por efecto de la litología(tobas); precipitaciones pluviales abundantes; pendiente fuerte; filtraciones de agua de regadío, la pendiente de la ladera es de 60°, con ausencia de vegetación, afectando a los terrenos de cultivo

- Canales de regadío

Los canales en diferentes sectores fueron enterrados por derrumbes y en algunos sitios con rocas de gran tamaño, obstaculizando el paso del agua, para el riego de la zona agrícola. También las filtraciones de aguas de regadío en suelos coluviales, pueden ocasionar deslizamientos en la margen izquierda del río Pichirijma (sector Huasamayo)

- Por efectos de precipitación

En Huanca y Lluta, se tiene la presencia de fuertes lluvias estacionales; materiales sueltos en las laderas desprovistas de vegetación, pudiendo ocasionar la presencia de huaycos ocasionales.

En el sector de Murco(río Lihuaya-Huanca), existe el peligro por flujos ocasionado huaycos ocasionales por efecto de la presencia de fuertes lluvias estacionales; material suelto en laderas desprovistas de vegetación, también se observa desprendimientos de rocas; pudiendo afectar terrenos de cultivo en los taludes cercanos a la ribera

En la quebrada Huaylla viejo (sector Chilcane-Huanca), existe el peligro de la presencia de flujos como huaycos excepcionales, por precipitaciones excepcionales en cuenca amplia de quebrada con gran aporte de tributarios. Observándose que anteriormente la carretera fue erosionada en el margen derecho y el poder erosivo aumenta al confluir con la quebrada Chilcane.

En la Falda del Cerro Socoquilla-Huanca, se tiene el peligro de Flujos por Huaycos ocasionales, por precipitaciones estacionales que remueven materiales coluviales acumulados en laderas y quebradas.

A 1Km al Oeste de Tojroyo-Huanca, se tiene el peligro de Flujos por Huaycos excepcionales, por lluvias estacionales a excepcionales; depósitos coluviales en laderas fácilmente removibles con agua de precipitaciones.

En la quebrada Huayco-Huanca, se tiene el peligro de Flujos por Huaycos periódicos, por lluvias estacionales; materiales coluviales en su cuenca; clastos de 30 a 60 cm de diámetro en un 40%, pudiendo afectar la trocha carrozable que va al Santuario del Señor de Huanca y al caserío de Tojroyo.

En el sector de la quebrada Lisera (desvío de carretera a Taya), existe el peligro de Flujos por Huaycos periódicos, por efecto de lluvias estacionales; cuenca de recepción con material disponible, afectando el tramo de carretera en el período de lluvias, acceso a Taya.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

*** Huanca**

- Método Sísmico

- En la parte superficial los suelos del poblado de Huanca se pueden dividir en función a la densidad en dos niveles, los suelos con mejores características de estabilidad son los ubicados en la franja Oeste y Norte del Pueblo, a excepción

de la parte baja del pueblo (es decir de la Plaza de Armas hacia abajo) cuyos suelos superficiales son medianamente densos.

- En general los suelos del poblado de Huanca son suelos estables por la homogeneidad del tipo de material; materiales aluviales de la formación Huanca.
- Fundamentalmente, los daños producidos por el terremoto del 23 de junio del 2001, han sido en las viviendas precarias construidas de adobe, piedra y barro, que no poseen ninguna consistencia estructural.

- Método de Resistividades

- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de resistividades, la localidad de Huanca se encuentra emplazada sobre suelos constituidos por materiales de origen aluvial (Formación Huanca), compactados y con características de acuífero a partir de los 25 metros de profundidad, y cuyos suelos son estables de acuerdo a la profundidad a la que se presenta la estructura acuífera.

- Geotecnia

- El suelo de Huanca, en general está caracterizado básicamente por un solo tipo de suelo, que en su parte más superficial, está constituido por materiales sueltos y medianamente compactados, prosiguiendo un material más compacto, conformado por conglomerados, correspondiendo a la Formación Huanca, determinándose valores de capacidades portantes mayores a 2.00 kg/cm².
- Los daños causados por el sismo son debidos principalmente a la antigüedad de las construcciones y la precariedad de estas (construidos con adobe, piedra y barro), es recomendable un adecuado sistema de construcción, con un control y dirección técnica profesional correspondiente, así con una simetría arquitectónica y estructural con la finalidad de atenuar los efectos que pudieran causar las sollicitaciones dinámicas causadas por un sismo de severas condiciones.

*** Lluta**

- Método Sísmico

- De acuerdo al estudio realizado, se ha determinado que los suelos del poblado de Lluta se pueden dividir en función a la densidad del suelo, relativamente en dos niveles, los cuales están ligeramente diferenciados, aproximadamente una a partir de la mitad superior del poblado y otra en la parte inferior, los suelos con mejores características de estabilidad son los ubicados en la mitad inferior.
- En general se ha determinado que los suelos de Lluta son suelos competentes, consistente en materiales aluviales, lutitas, cuarcitas y limos, que se encuentran distribuidas relativamente en forma uniforme, esto de acuerdo a los valores de las velocidades sísmicas y espesores obtenidos en el estudio.
- Las construcciones o viviendas tanto de Lluta como de los Anexos del Area de estudio, que han sido destruidas o dañadas por efectos del sismo, son debidos principalmente a la precariedad de las construcciones (construcciones de adobe, barro y piedra)

- Método de Resistividades

- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de SEV, se observa que en Lluta existe una pequeña cobertura superficial de material de origen aluvial los

que se asientan sobre rocas sedimentarias del Grupo Yura, saturada de humedad, representado suelos estables para la habilitación urbana.

- *Geotecnia*

- Se ha caracterizado básicamente en dos tipos de suelos, de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas.
- El primero constituido por materiales de origen aluvial, caracterizado por gravas areno-limoso con una matriz fina medianamente compacta, con materiales poco compactos superficialmente, provenientes de la desintegración y fracturamiento de los materiales superficiales; determinándose valores de capacidad portante menores a 2.00 kg/cm².
- El segundo constituido por materiales del Grupo Yura correspondiente a la Formación Cachíos, caracterizado por cuarcitas, lutitas y materiales finos, conformando una superficie mucho más uniforme y compacta, determinándose valores de capacidad portante mayores a 2.00 kg/cm².

*** Por efecto del sismo del 23 de junio**

- A consecuencia del sismo del 23 de junio, han sido afectadas principalmente las viviendas, centros educativos, iglesias, canales de regadío y carreteras de las localidades comprendidas en el presente estudio.
- Se produjeron derrumbes de grandes proporciones en varios tramos de la carretera Huanca-Taya-Lluta (sector de Pichirijma), obstaculizando el tránsito vehicular por varios días, debido a lo accidentado de su topografía y a las rocas deleznales existentes en la zona.
- En el sector de la carretera Lluta a Toroy y en la Plataforma del Canal de Negropampa también sufrieron derrumbes en diferentes puntos, respecto a la nueva carretera Lluta y el empalme Huambo e Irrigación Majes, en los primeros 6 Km se tuvo algunos desprendimientos de materiales rocosos, encontrándose dichas vías intransitables.

*** Por efecto de peligros existentes en las zonas de estudio**

- Por inundaciones en el poblado de Huanca se tiene la presencia del río Lihualla y las quebradas La Abuela y Achahui, ésta dos quebradas bordean al poblado de Huanca pero cuyo cause son regularmente profundas no involucrando peligro al poblado, pero sí a las viviendas y terrenos ubicados en los márgenes de éstas quebradas.
- En relación al río Lihualla, en avenidas extraordinarias podría involucrar a los poblados asentados a ambas márgenes del río, poblados tales como: Tojroyo, Salviayoc, Arayquipa y Tancaya. En este río confluyen las quebradas La Abuela y Achahui.
- En el poblado de Lluta, existe la presencia de dos quebradas que bordean a éste poblado, pero que no representa peligro alguno.
- En varios sectores de los poblados de Huanca, Taya, Lluta y anexos, existe el peligro de: reactivación de deslizamientos antiguos por filtraciones de agua de riego, lluvias excepcionales que causan la sobresaturación, efecto de la erosión fluvial, naturaleza de los suelos y su topografía, desprendimiento por caída de rocas, derrumbes por efecto de las lluvias estacionales, pendiente de las laderas, erosiones en el pie de las riberas. Todos estos factores mencionados pueden acelerarse por sismos eventuales; pudiendo afectar las viviendas ubicadas en estos sectores, carreteras, canales de regadío y los terrenos de cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abe, K., & Kanamori, H., (1979). Temporal variation of the activity of intermediate and deep focus earthquakes, *J. Geophysics. Res.*, 84, 3589 - 3595.
- Barazangi, M., & Isacks, B.L., (1979). subduction of the Nazca plate beneath Peru: evidences from spatial distribution of earthquakes, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 57, 537-555.
- Bellido B. Geología del Cuadrángulo de Moquegua Hoja 35-u (Boletín N° 15- Carta Geológica Nacional- INGENMET), 1979.

- Boletín N° 23, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N°1. INGEMMET, Lima-Perú, Dic. 2000.
- Cantos Figuerola J. Geofísica Aplicada Edit. Omega, Barcelona 1976.
- Comte, D., Roecker, S.W, & Suárez, G., (1994). Velocity structure in northern Chile: evidence of subducted oceanic crust in the Nazca Plate, *Geophys. J. Int.*, 117, 625-629.
- Dobrin M.B. Introducción a la Prospección Geofísica Ed. Omega. Barcelona 1969.
- Engdahl, R., Van der Hilst, R., & Buland, R., (1997). Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 1998.
- Grange, F., Hatzfeld, D., Cunningham, P., Molnar, P., Roecker, S.W., Suárez, G., Rodríguez, A. & Ocola, L., (1984). Tectonic implications of the microearthquake seismicity and fault plane solutions in southern Peru and their implications, *J. Geophys. Res.*, 89, 6139-6152.
- Griffiths D.H. King R.F. Geofísica Aplicada para Ingenieros y Geólogos. Ed. Paraninfo Madrid. 1972.
- Guizado J. Geología del Cuadrángulo de Aplao Servicio de Geología y Minería noviembre 1968.
- Gutenberg, B., & Richter, C., (1954). Seismicity of the Earth and associated phenomena, Princeton University Press, New Jersey, 2 Ed., 310p.
- James, D. E., (1971). Plate tectonic model for the evolution of the central Andes, *Geological Soc. Amer. Bull.*, 82, 3325-3346.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona San José de Uzuña. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona Cutanayo Pochi. Arequipa. Octubre 1991 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona de Chalhuanca. Arequipa. Noviembre 1991.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio Geoeléctrico y Sísmico de la zona de Bamputañe. Arequipa. 1992, Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. y otros Estudio de Refracción Sísmica de La Joya-Arequipa. Agosto 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica del Sector Cerro Muyoorco Reservorio R-13 Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica y Geoeléctrico del Sector San Sebastián, Reservorio R- 10 Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica y Geoeléctrico del Sector Kenkoro Pata, Reservorio R- 12 en el Distrito de San Jerónimo Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994.
- Kosaka M. Soto V. Palza A-B. Minaya L. Estudio Geofísico en las Lagunas de Comercocha y Senejillayoc. Región Inka Arequipa Junio 1995.
- Kosaka R., González E., Minaya A., Soto J. Campaña Sísmica del Valle del Colca y el Volcán Sabancaya Arequipa, mayo, 1995
- Minaya, A., Lazo, M., Ticona, J., Escalante, C., Aguilar, V., Berrocal, J., & Fernández, C., (2000). Earthquake Hazard Assessment in the Southern Peru (13o S - 18.5o S). 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro - Brasil.
- Narvaez S. Geología del Cuadrángulo de Ilo y Locumba Hoja 36-t y 36-u

- (Boletín N° 7-Carta Geológica Nacional- INGENMET), 1964.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa Cuenca del Río Camaná-Majes Volumen I 1973.
 - Parasnis D.S. Principios de Geofísica Aplicada. Paraninfo. Madrid. España 1971.
 - Resumen Ejecutivo. Planes de Mitigación de los Efectos producidos por los Desastres Naturales, Programa de Ciudades Sostenibles-I Etapa. Lima, octubre, 2000.
 - Smoll L., Zavala C. Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Camaná-Majes (Colca) Boletín N°14 INGENMET, Lima diciembre 1994
 - Ticona, J., Minaya, A., Lazo, M., Escalante, C., Aguilar, V., Berrocal, J., & Fernández, C.,(2000). Recent Large destructed earthquakes occurred in Arequipa, Southern Peru, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro - Brasil.
 - Zavala C. Nuñez J. Estudio Geológico – Geotécnico de la Región SurOccidental del Perú (Boletín N° 22-INGENMET), Lima, setiembre 1999.
 - Tupia Salazar Efrain, “Implementación de un Programa de Desarrollo Microregional Aproximación: Microregión Caylloma, Departamento de Arequipa., Arequipa mayo 1988. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín.
 - Lupo Jara, “Análisis de la Agroindustria en Areas Deprimidas de las Comunidades Campesinas: específicamente la Agroindustria rural láctea y la política de promoción social y organización en la Comunidad Campesina de Taya, Anexo Lluta, Provincia de Caylloma, Región de Arequipa (años 1990-1992), Arequipa, 1995. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín.

ANEXOS

A. LISTA DE PERFILES SISMICOS

HUANCA

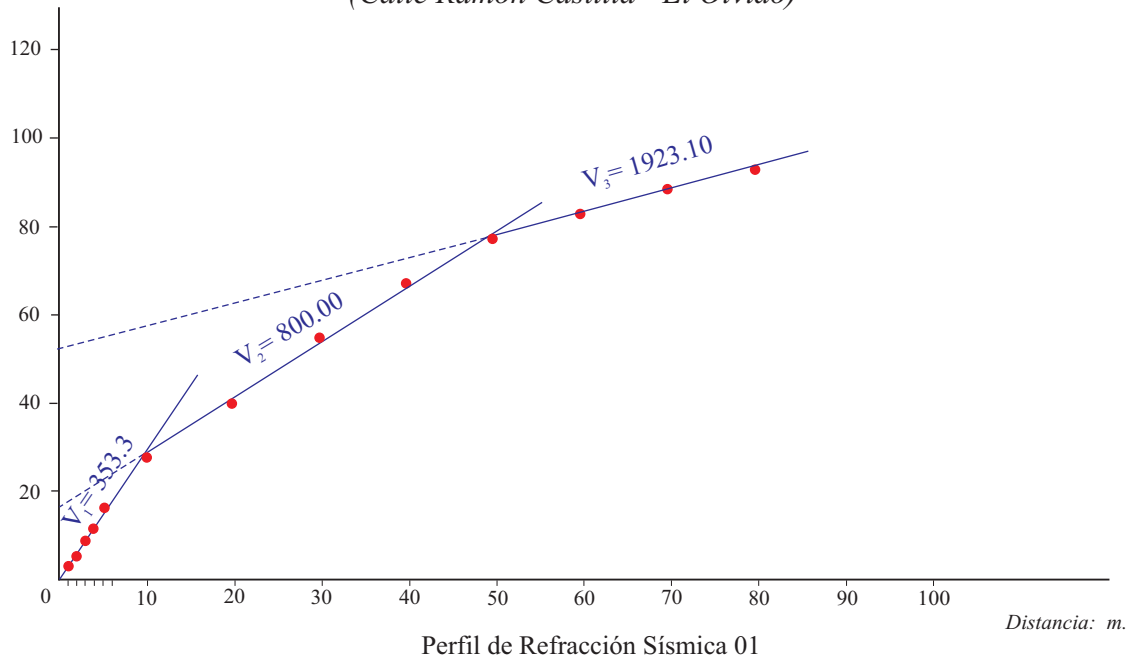
1. Perfil sísmico, Calle Ramón Castilla-El Olvido
2. Perfil sísmico, Calle Ramón Castilla-Bernardo
3. Perfil sísmico, Calle Ayacucho
4. Perfil sísmico, Calle Junín
5. Perfil sísmico, Calle Ugarte-3 de setiembre
6. Perfil sísmico, Calle Junín
7. Perfil sísmico, Calle Comercio
8. Perfil sísmico, Calle Arequipa
9. Perfil sísmico, Calle Arica
10. Perfil sísmico, Calle San Antonio

LLUTA

1. Perfil sísmico, Calle Unión
2. Perfil sísmico, Calle Gonzáles Prada
3. Perfil sísmico, Calle Victoria
4. Perfil sísmico, Calle Calvario

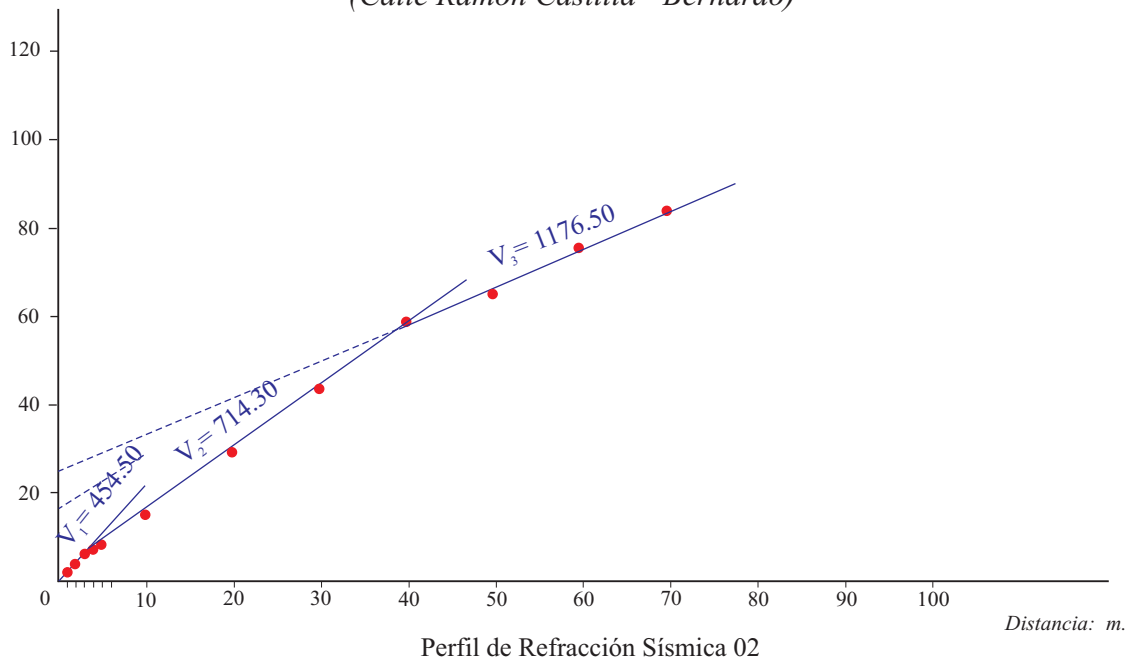
Tiempo:
mseg.

HUANCA - 1
(Calle Ramón Castilla - El Olvido)



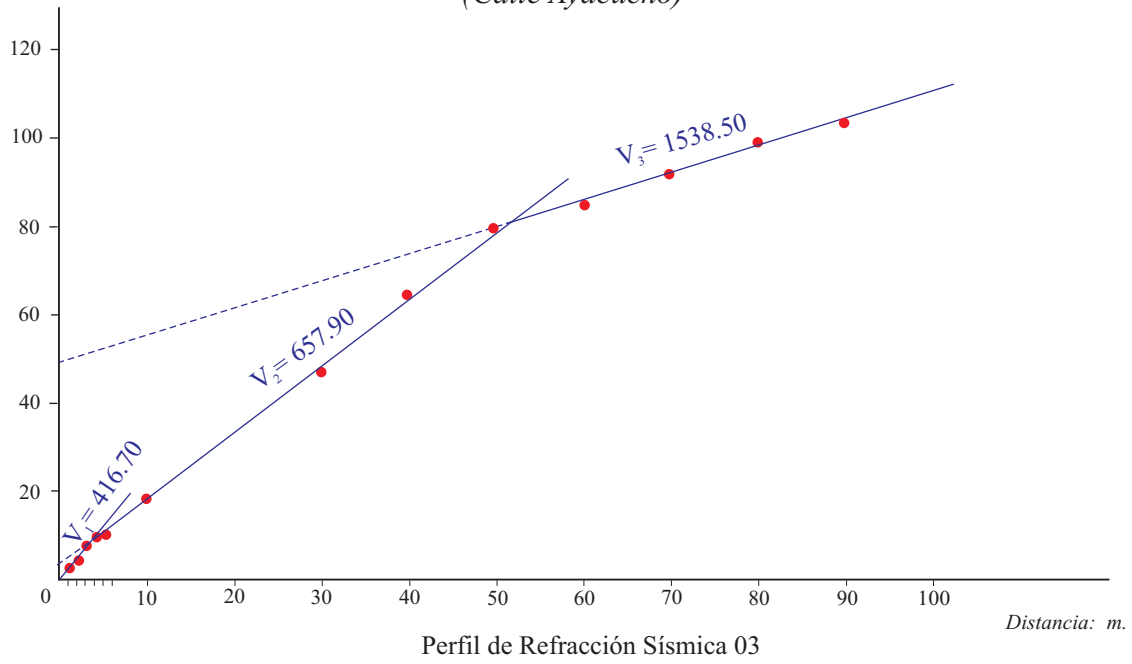
Tiempo:
mseg.

HUANCA - 2
(Calle Ramón Castilla - Bernardo)



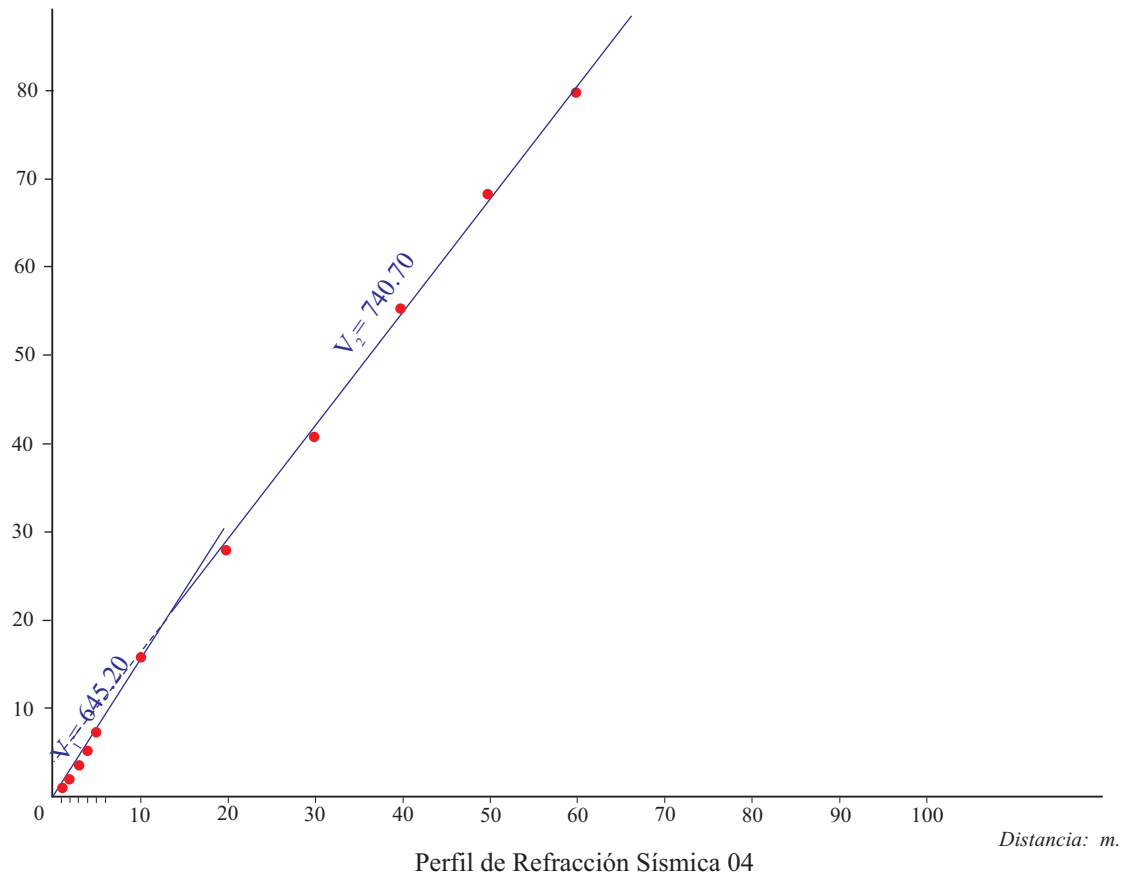
Tiempo:
mseg.

HUANCA - 3 (Calle Ayacucho)



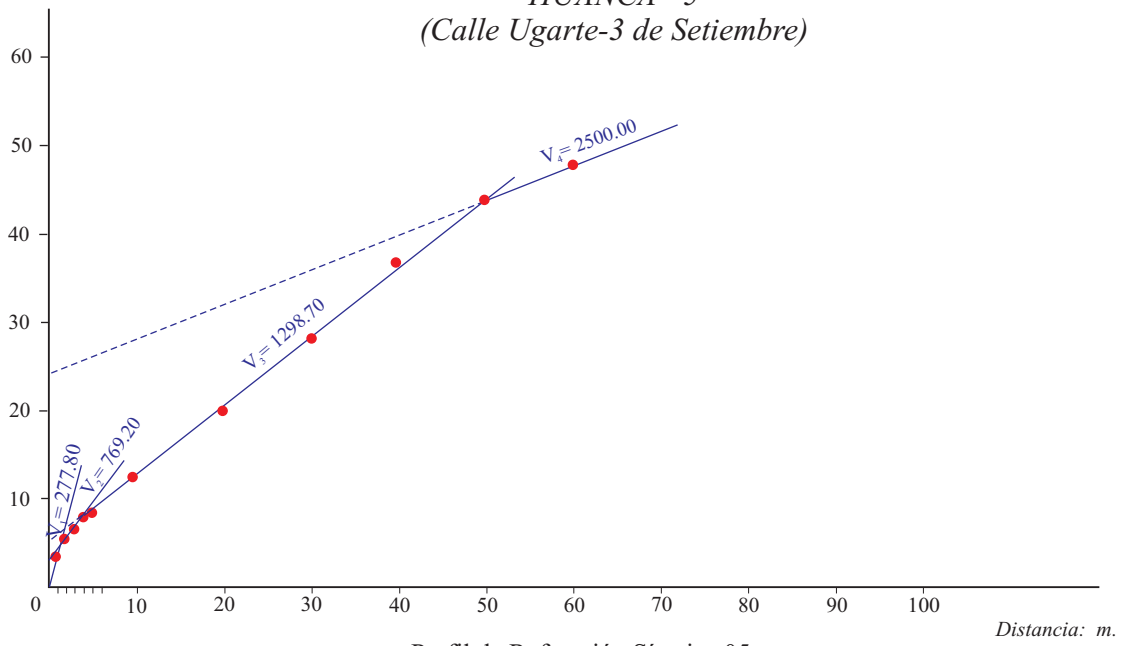
Tiempo:
mseg.

HUANCA - 4 (Calle Junín)



Tiempo:
mseg.

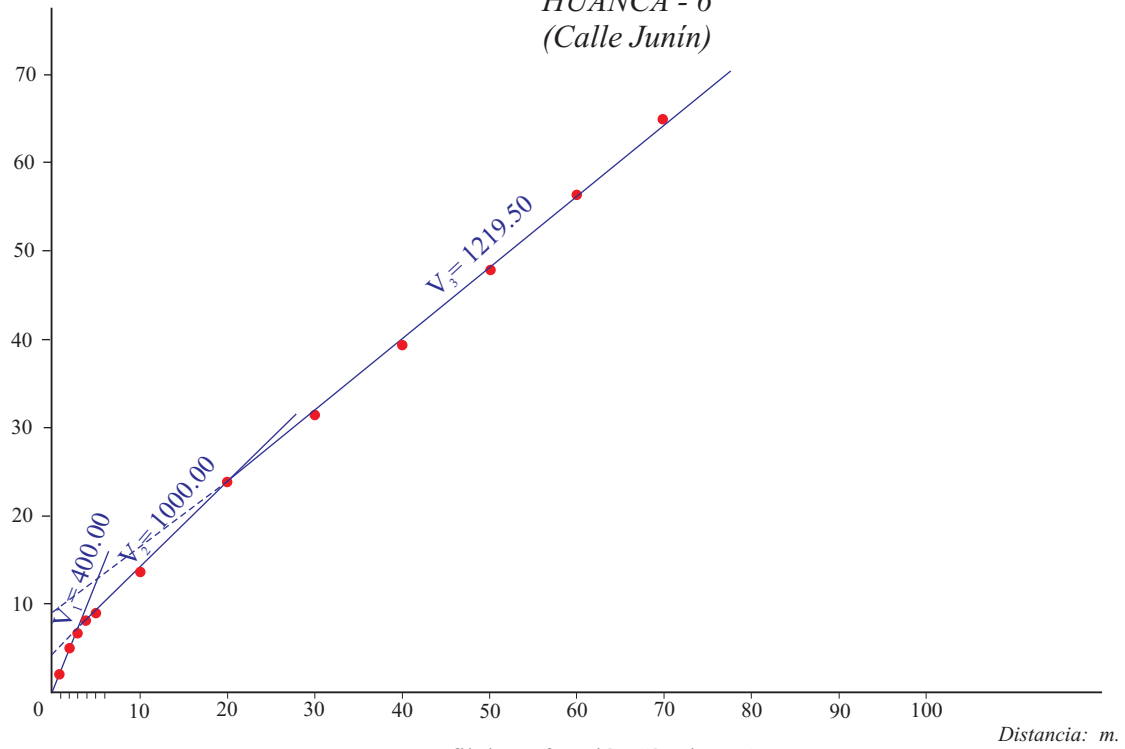
HUANCA - 5
(Calle Ugarte-3 de Setiembre)



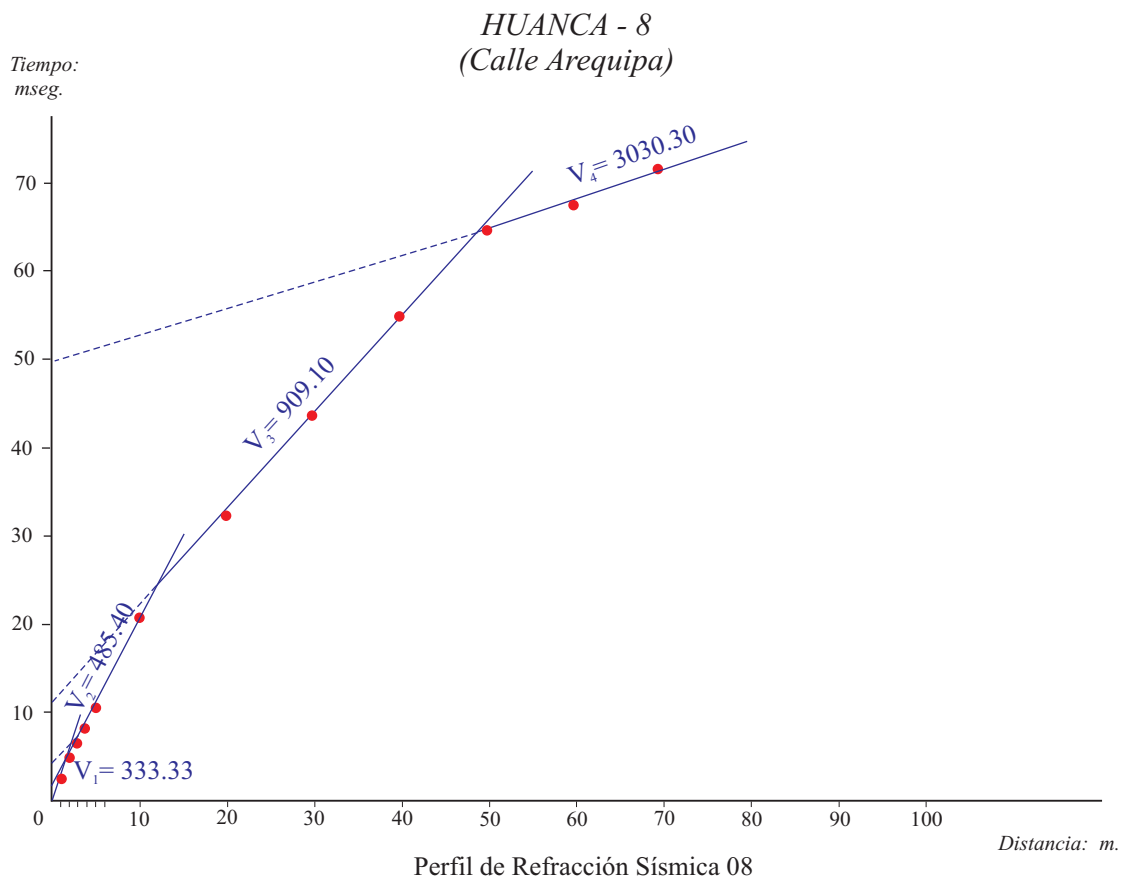
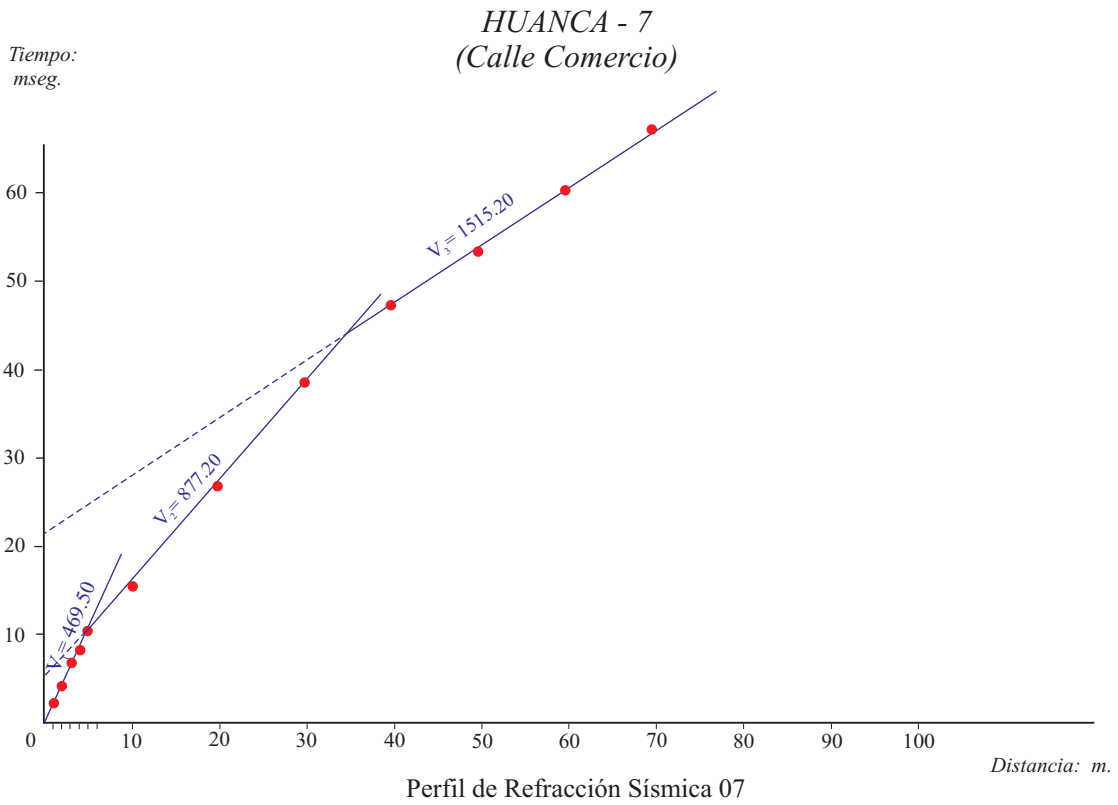
Perfil de Refracción Sísmica 05

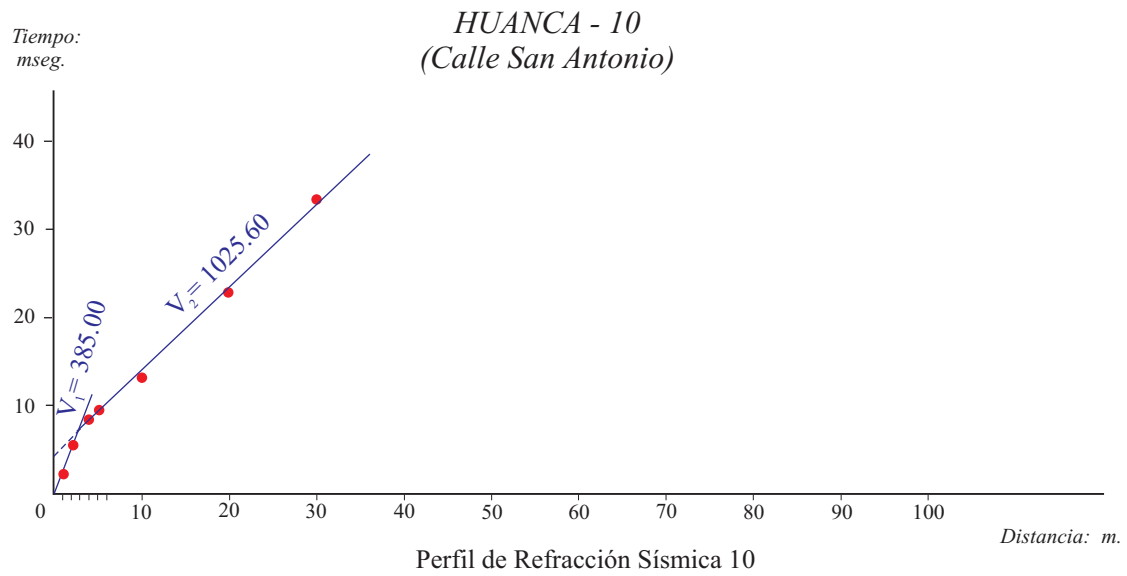
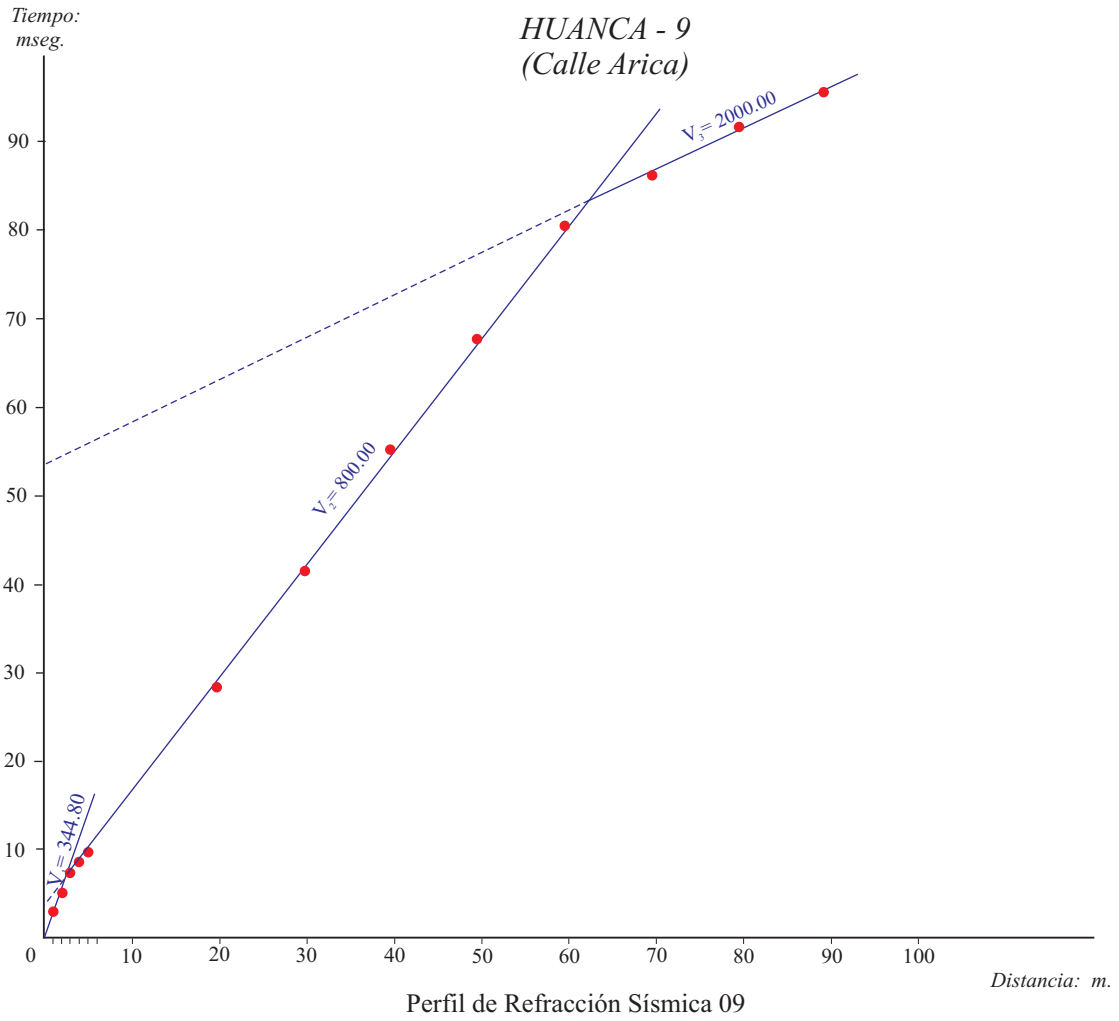
Tiempo:
mseg.

HUANCA - 6
(Calle Junín)



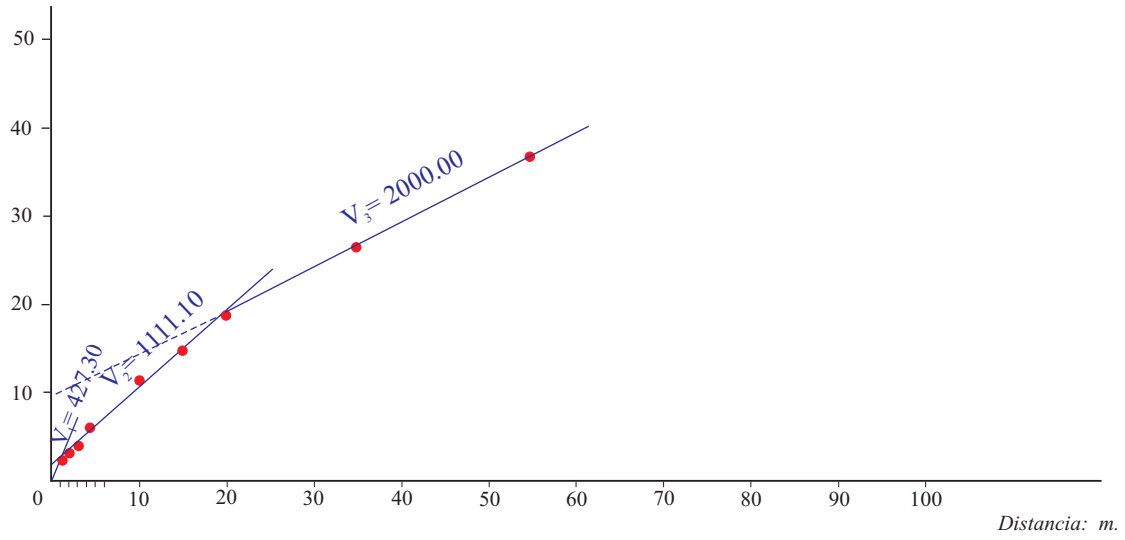
Perfil de Refracción Sísmica 06





LLUTA - 1
(Calle Unión)

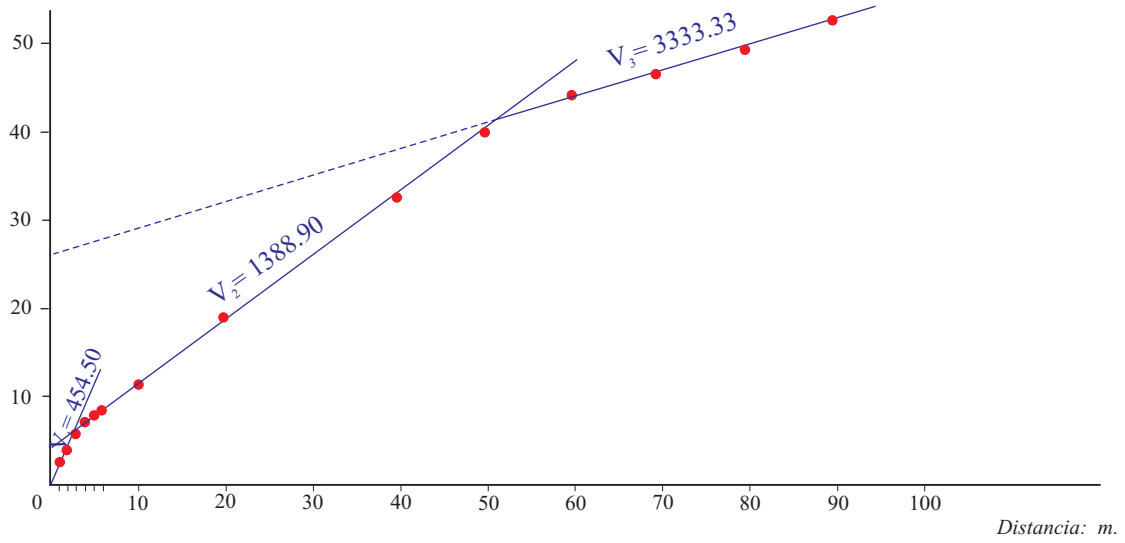
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 11

LLUTA - 2
(Calle Gonzáles Prada)

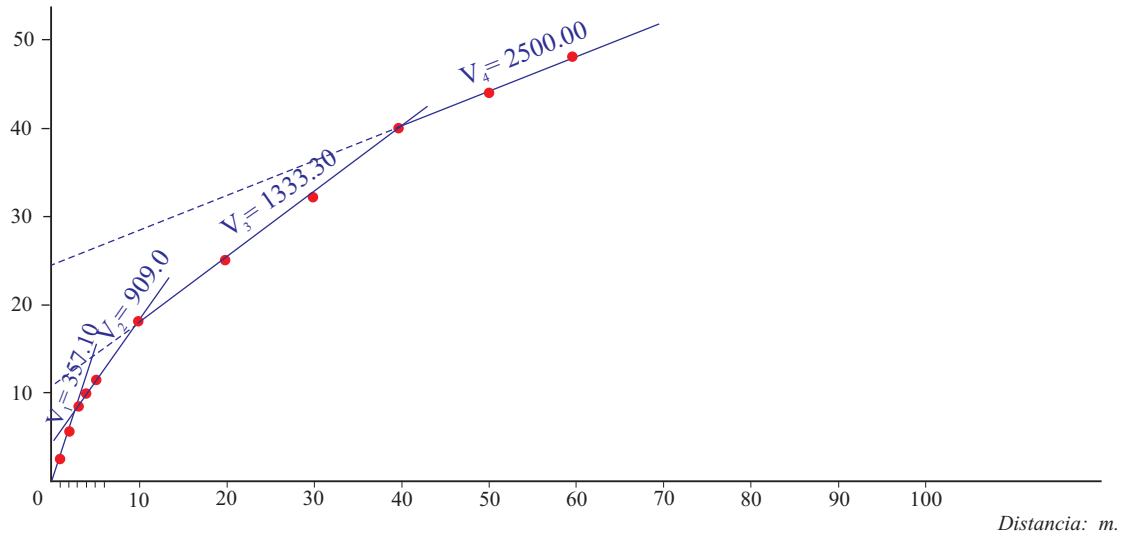
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 12

LLUTA - 3
(Calle Victoria)

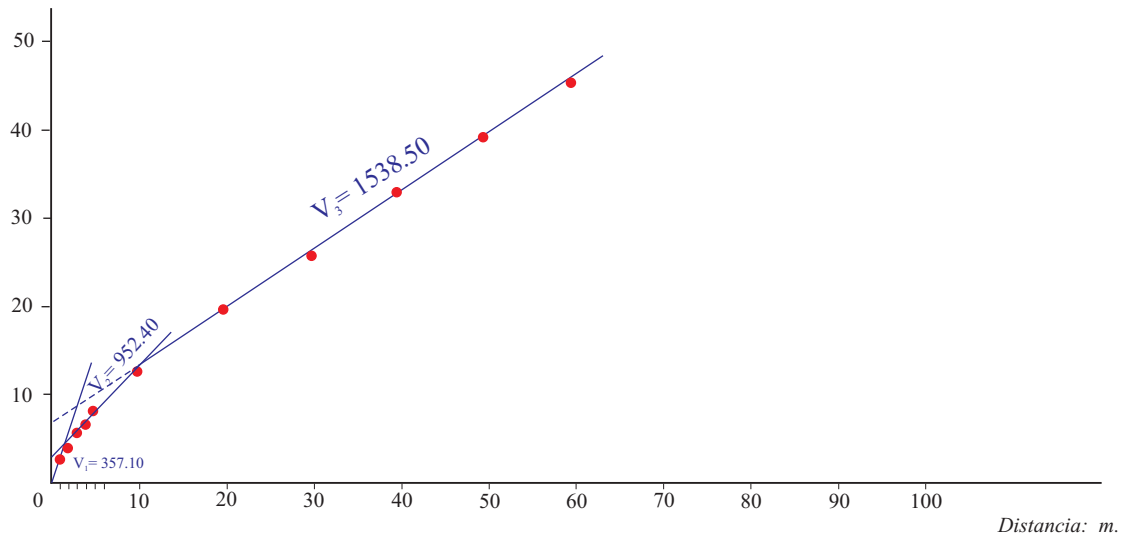
Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 13

LLUTA - 4
(Calle Calvario)

Tiempo:
mseg.



Perfil de Refracción Sísmica 14

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

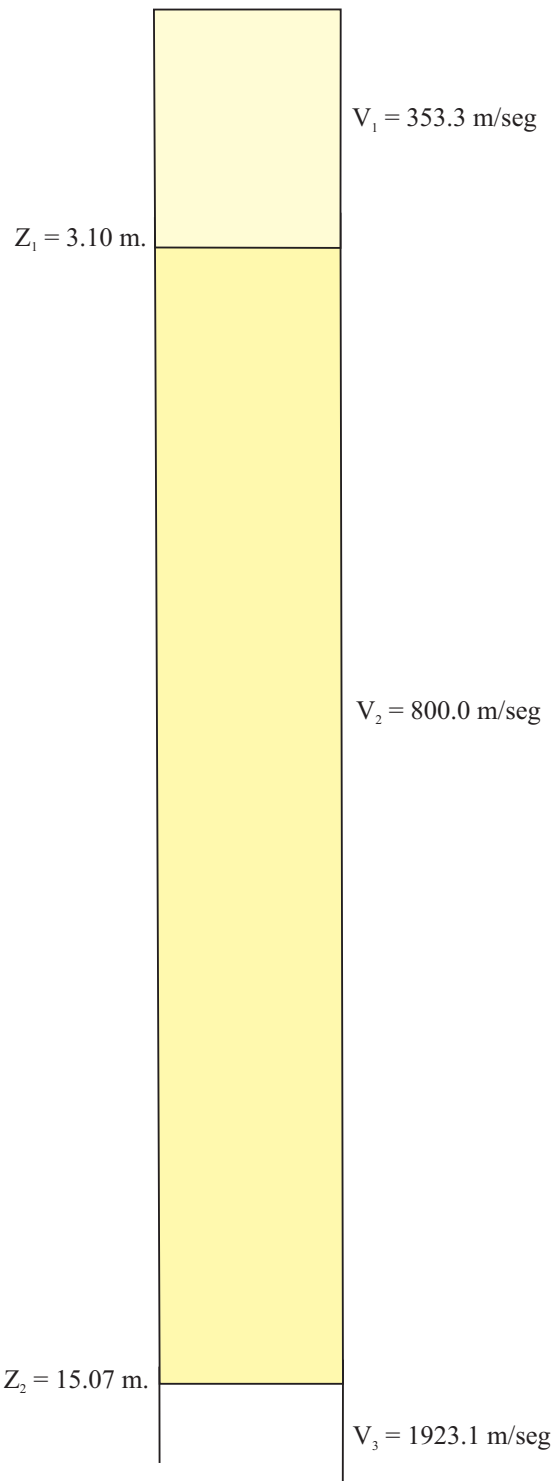
HUANCA

- 1a. COLUMNA SISMICA (Calle Ramón Castilla-El olvido)
- 1b. COLUMNA SISMICA (Calle Ramón Castilla-Bernardo)
- 2a. COLUMNA SISMICA (Calle Ayacucho)
- 2b. COLUMNA SISMICA(Calle Junin)
- 3a. COLUMNA SISMICA (Calle Ugarte-3 de setiembre)
- 3b. COLUMNA SISMICA (Calle Junin)
- 4a. COLUMNA SISMICA (Calle Comercio)
- 4b. COLUMNA SISMICA (Calle Arequipa)
- 5a. COLUMNA SISMICA (Calle Arica)
- 5b. COLUMNA SISMICA (Calle San Antonio)

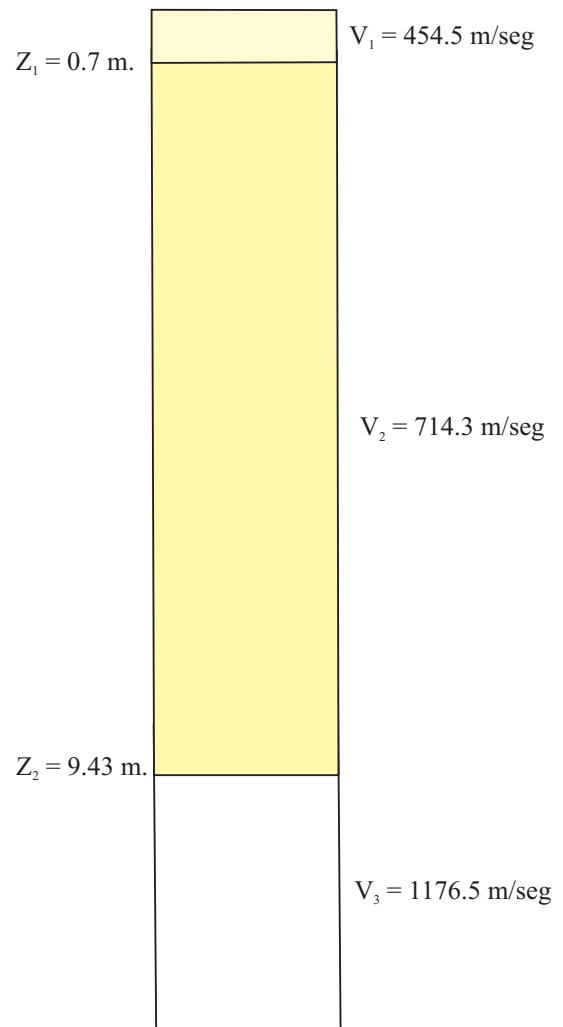
LLUTA

- 6a. COLUMNA SISMICA (Calle Unión)
- 6b. COLUMNA SISMICA (Calle Gonzáles Prada)
- 7a. COLUMNA SISMICA (Calle Victoria)
- 7b. COLUMNA SISMICA (Calle Calvario)




HUANCA - RS 1
(Calle Ramón Castilla - El Olvido)



HUANCA - RS 2
(Calle Ramón Castilla - Calle Bernardo)



Leyenda

-  Materiales aluviales poco consolidados
-  Materiales aluviales algo más compactos
-  Materiales aluviales medianamente densos

$Z_1 \dots$ = Profundidad

$V_1 \dots$ = Velocidad



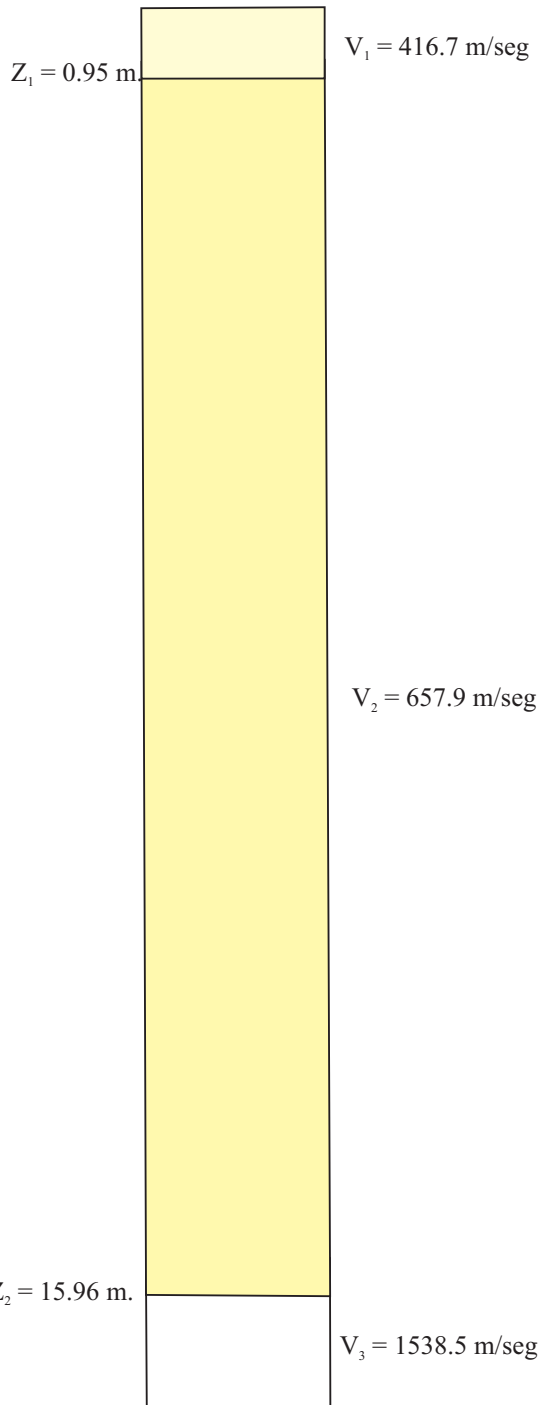
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
DE HUANCA

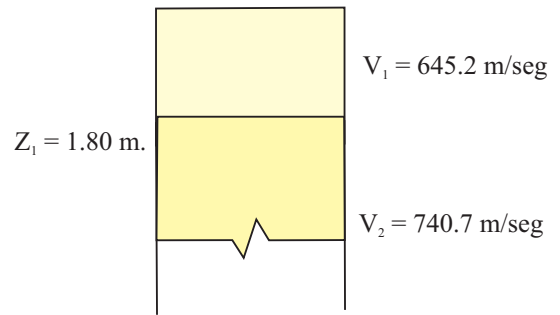
Fecha: enero, 2002

Fig. N° 1

**HUANCA - RS 3
(Calle Ayacucho)**



**HUANCA - RS 4
(Calle Junín)**



Leyenda

- Materiales aluviales
- Materiales aluviales algo más compactos
- Materiales aluviales pero de mayor compacidad

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



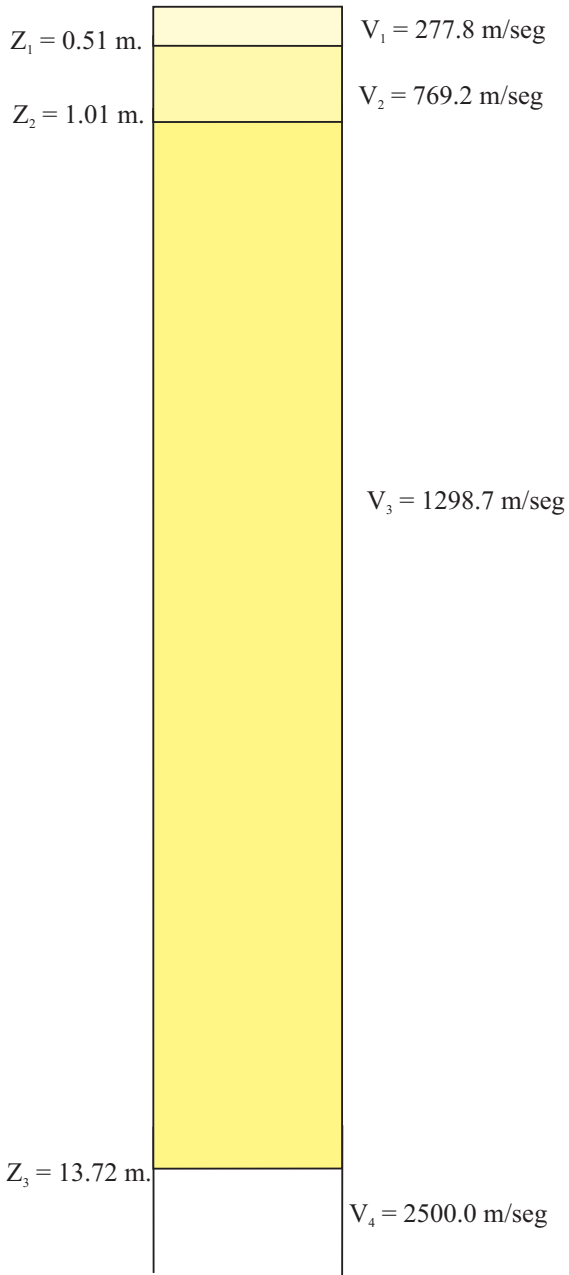
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA SISMICA
DE HUANCA**

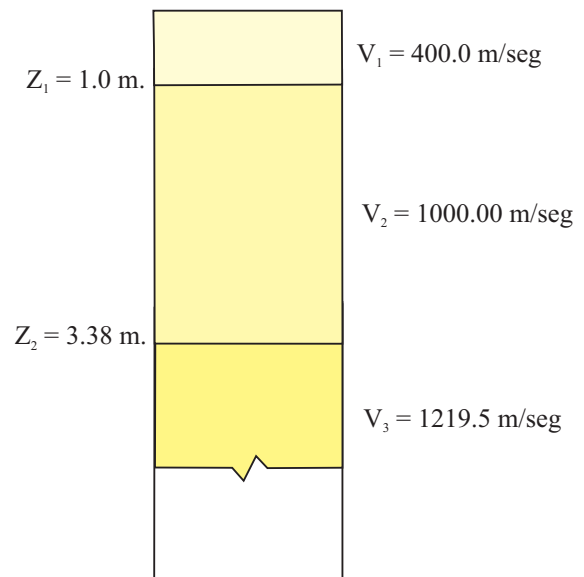
Fecha: enero, 2002

Fig. N° 2

**HUANCA - RS 5
(Calle Ugarte - 3 de Setiembre)**



**HUANCA - RS 6
(Calle Junín)**



Leyenda

- Materiales aluviales no consolidados
- Materiales aluviales poco compactos
- Materiales aluviales algo compactos
- Materiales aluviales algo más compactos

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



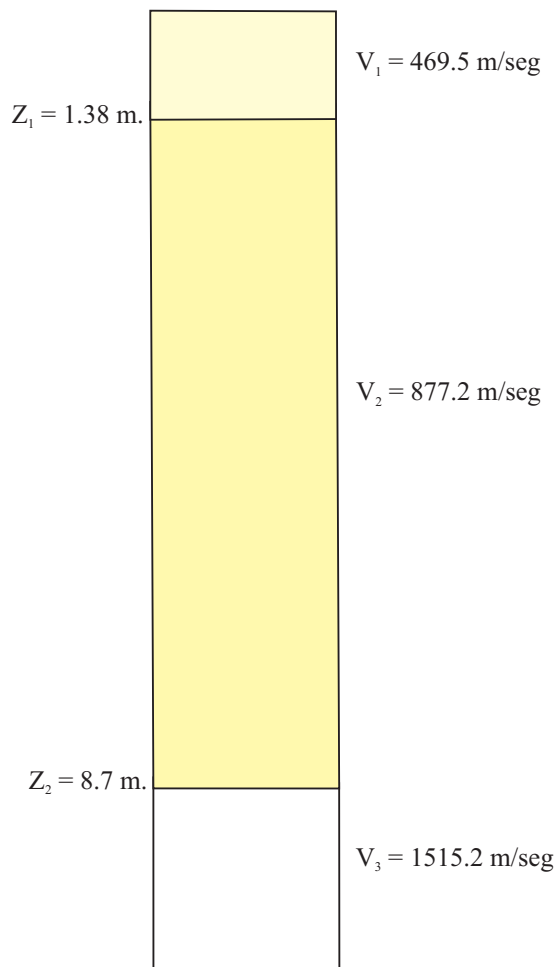
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA SISMICA
DE HUANCA**

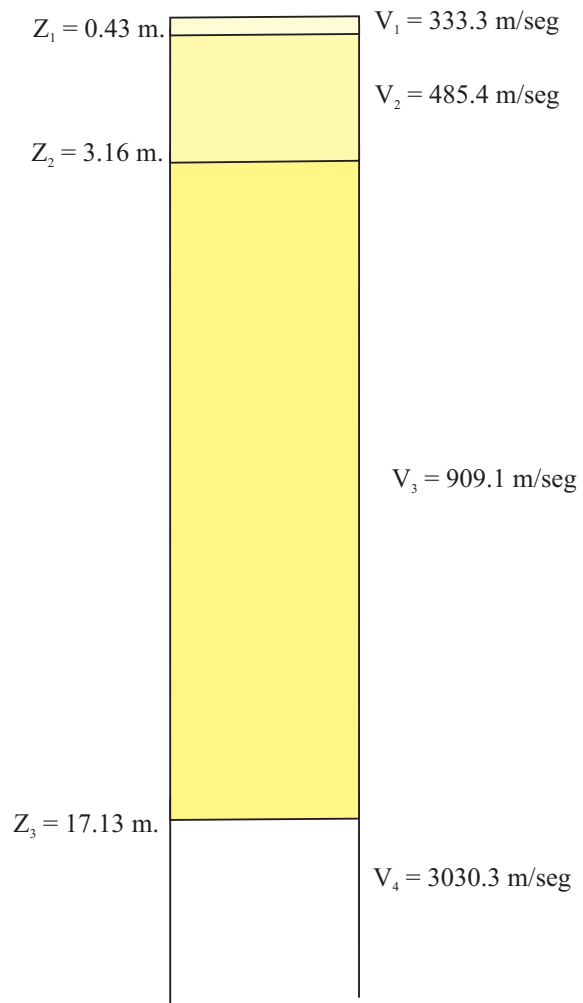
Fecha: enero, 2002

Fig. N° 3

**HUANCA - RS 7
(Calle Comercio)**



**HUANCA - RS 8
(Calle Arequipa)**



Leyenda

- Materiales aluviales
- Materiales aluviales algo compactos
- Materiales aluviales con mayor compacidad

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad

Leyenda

- Material aluvial poco compactos
- Materiales aluviales
- Materiales aluviales algo compactos
- Materiales aluviales de fuerte compacidad

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



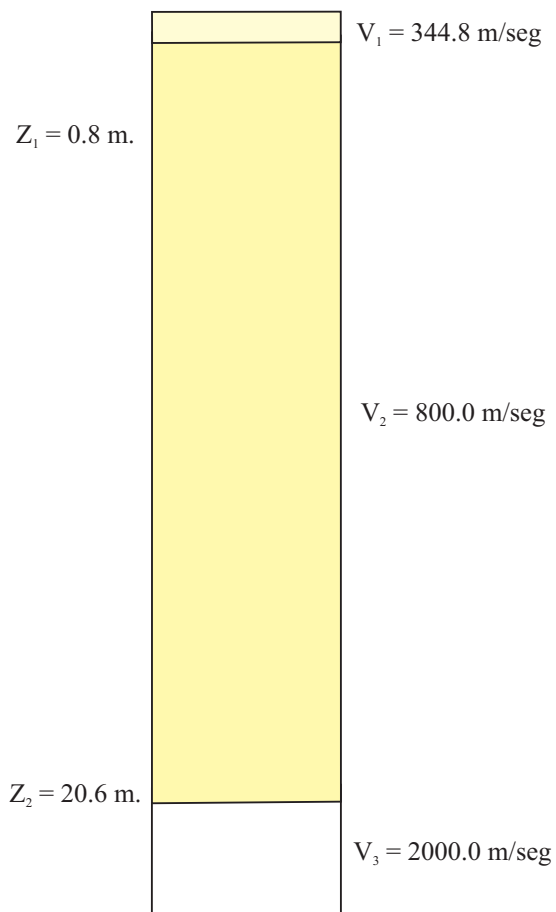
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA SISMICA
DE HUANCA**

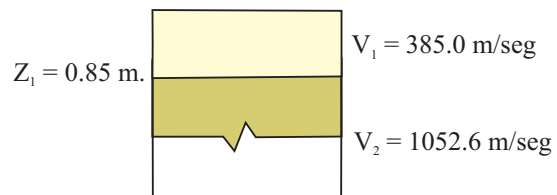
Fecha: enero, 2002

Fig. N° 4





**HUANCA - RS 9
(Calle Arica)**



**HUANCA - RS 10
(Calle San Antonio)**



Leyenda

-  Material granular con contenido orgánico
-  Materiales aluviales
-  Materiales aluviales algo densos
-  Materiales aluviales más compactos

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



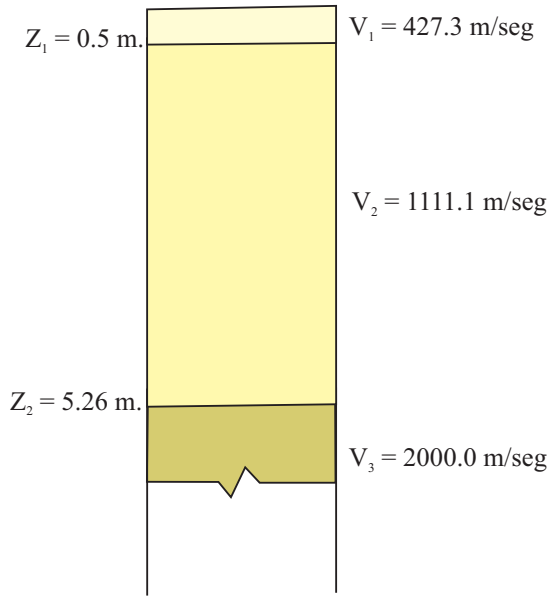
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA SISMICA
DE HUANCA**

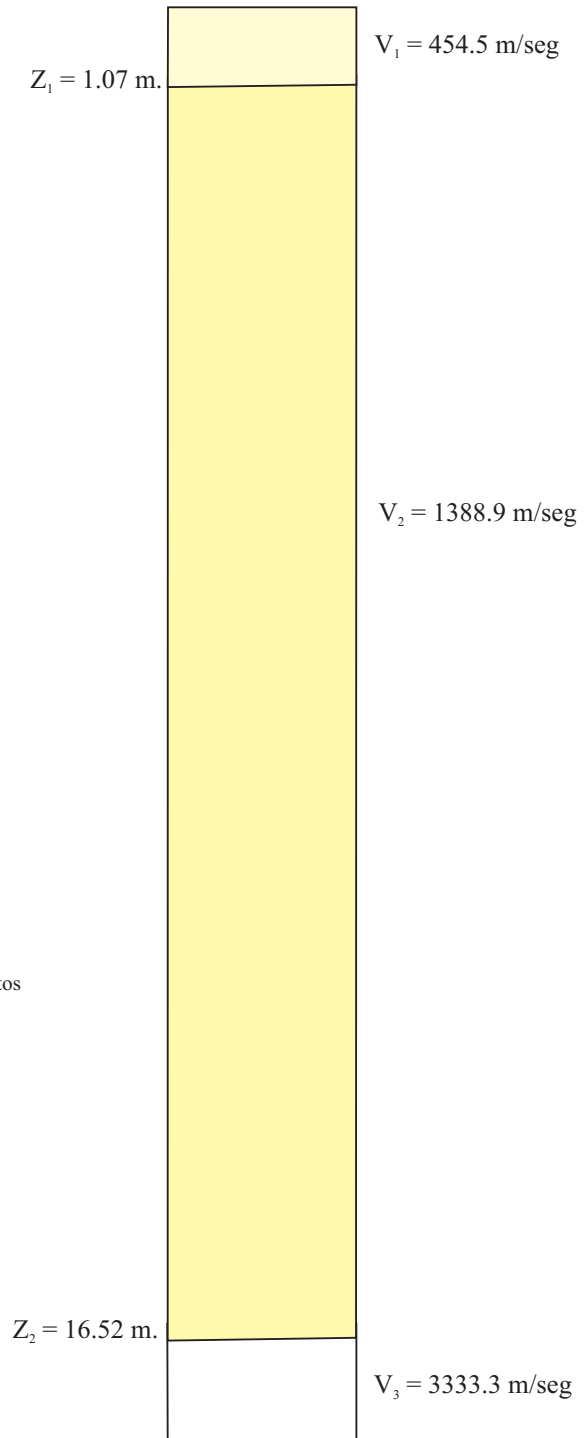
Fecha: enero, 2002

Fig. N° 5





**LLUTA - RS 11
(Calle Unión)**



**LLUTA - RS 12
(Calle Gonzáles Prada)**



Leyenda

-  Materiales sueltos
-  Materiales del Grupo Yura poco compactos
-  Rocas del Grupo Yura alteradas
-  Basamento del lugar

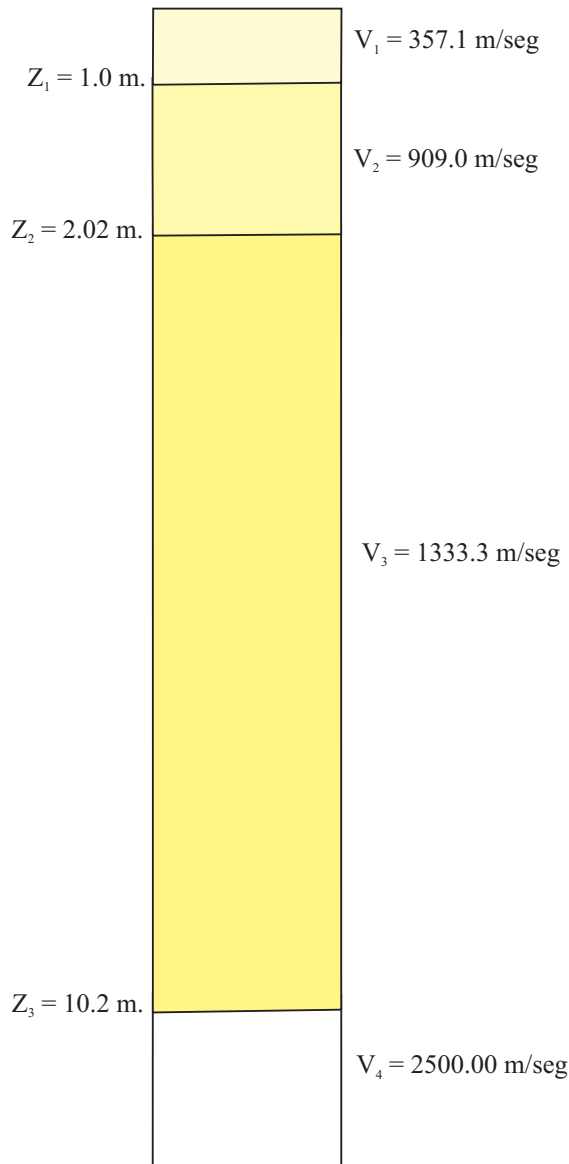
$Z_1 \dots =$ Profundidad
 $V_1 \dots =$ Velocidad



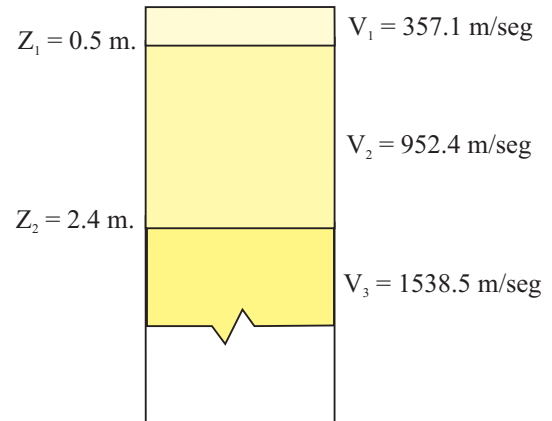
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
 DE LLUTA

**LLUTA - RS 13
(Calle Victoria)**



**LLUTA - RS 14
(Calle Calvario)**



Leyenda

- Materiales sueltos, arenas y limos
- Material compacto de lutita, cuarcitas y limos
- Material algo más compacto
- Basamento del lugar

$Z_1 \dots =$ Profundidad
 $V_1 \dots =$ Velocidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
 DE LUTA

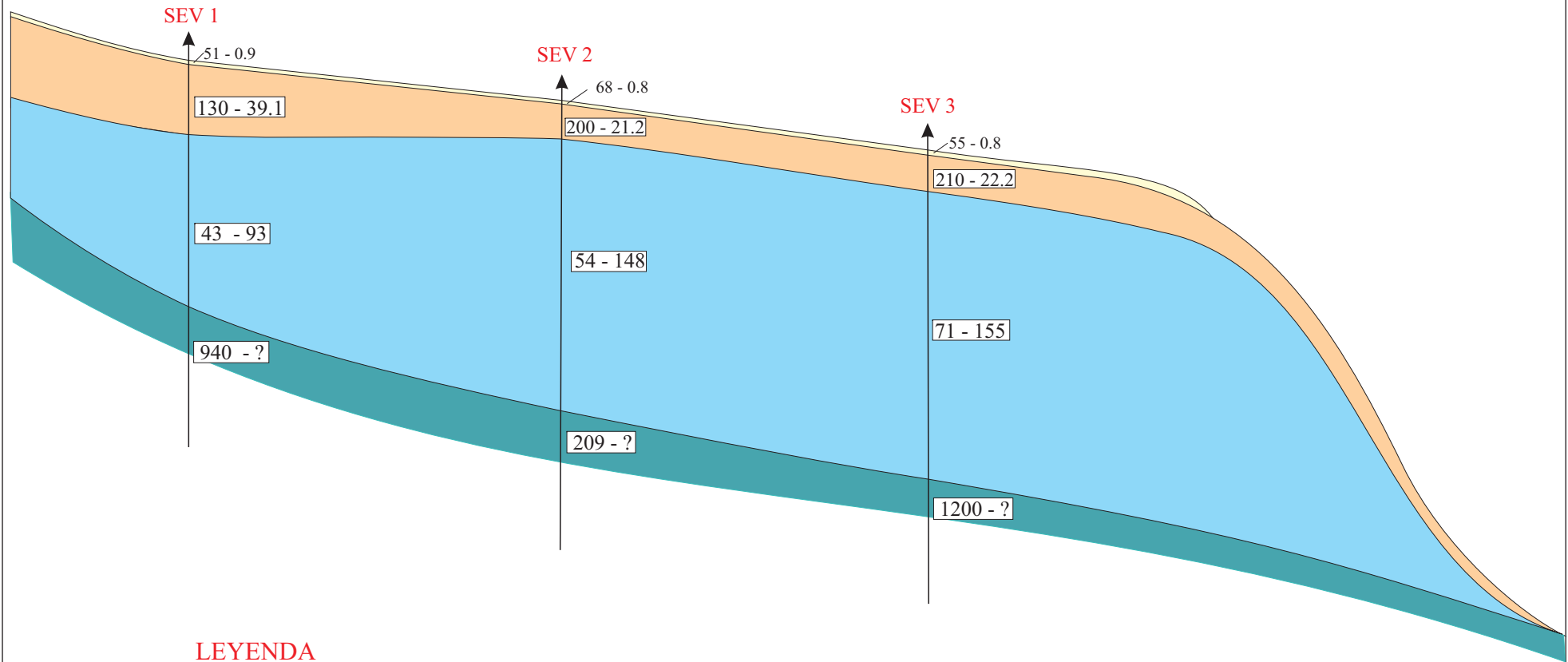
Fecha: enero, 2002

Fig. N° 7

**C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJE ELECTRICO
VERTICAL(SEV)**

1. PERFIL GEOELECTRICO DE HUANCA
2. PERFIL GEOELECTRICO DE LLUTA

PERFIL GEOELECTRICO DE HUANCA



LEYENDA

- Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
- Material de origen Aluvial, Formación Huanca (Conglomerado sin humedad)
- Material de origen Aluvial, Formación Huanca (Conglomerado Saturado de Humedad)
- Material Pertenciente al Grupo Yura

43 - 93

Resistividad - Espesor



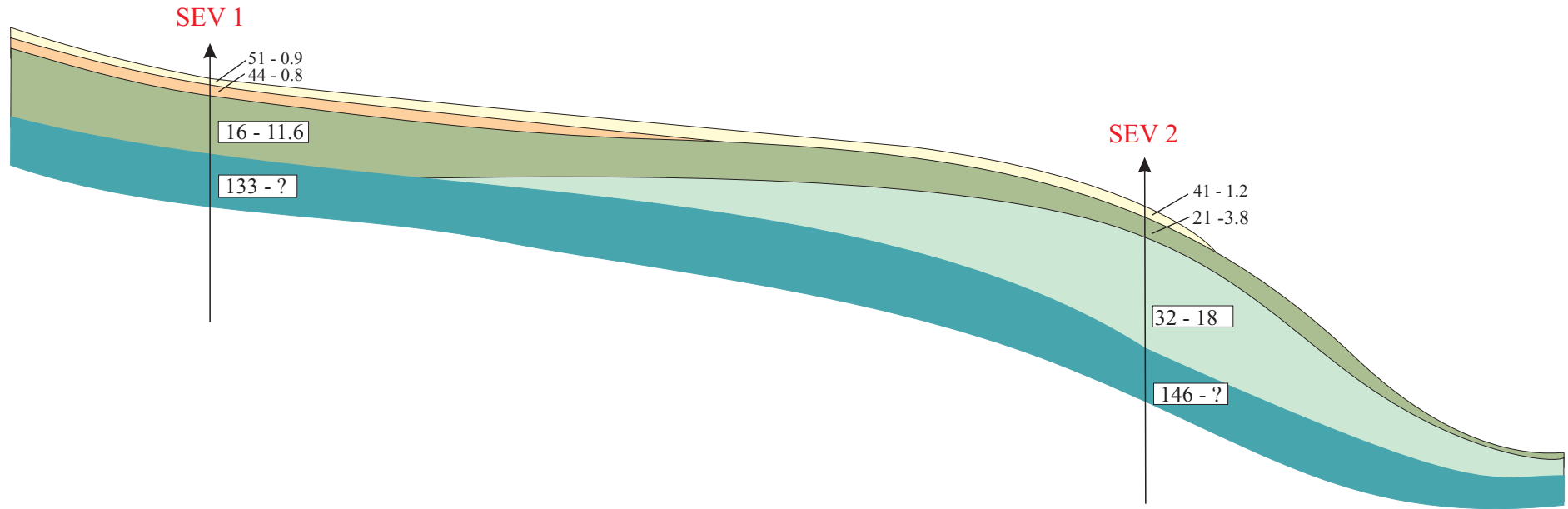
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO
DE HUANCA

Fecha: enero, 2002

Fig. N° 1

PERFIL GEOELECTRICO DE LLUTA



LEYENDA

- Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
- Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
- Material Pertenciente al Grupo Yura (Miembro Cachios, fracturado con humedad)
- Material Pertenciente al Grupo Yura (Miembro Cachios, con Humedad)
- Material Pertenciente al Grupo Yura (Miembro Puente)

16 - 11.6
 Resistividad - Espesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELCTRICO
 DE LLUTA

Fecha: enero, 2002

Fig. N° 2

D. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

- Huanca
 - Ensayo Contenido de Humedad
 - Ensayo Densidad Máxima, Mínima
 - Ensayo Gravedad Específica
 - Ensayo Granulométrico Mecánico
- Lluta
 - Ensayo Contenido de Humedad
 - Ensayo Densidad Máxima, Mínima
 - Ensayo Gravedad Específica
 - Ensayo Granulométrico Mecánico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Entrada a Huanca
PROFUNDIDAD : 4 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1318,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	1314,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	4,0	
Peso de la muestra seca	(g)	1314,0	
Contenido de humedad	(%)	0,30	

Contenido de Humedad Promedio (%)	0,30
--	-------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Entrada a Huanca
PROFUNDIDAD : 4 m. **FECHA :** 26/12/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5263,00	5263,00	5263,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1040,00	1040,00	1040,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	721,52	780,90	772,85
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,441	1,332	1,346

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,373 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5263,00	5263,00	5262,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1040,00	1040,00	1039,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	618,86	597,73	586,66
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,681	1,740	1,771

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,730 g/cm³
--	-------------------------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Entrada a Huanca
PROFUNDIDAD : 4 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1341,50	
Peso de la fiola + agua	(g)	1249,50	
Peso de la muestra seca	(g)	150,00	
Peso específico del agua	(g/cm ³)	1,00	
Coefficiente de corrección de temperatura	α	1,0000	
Gravedad específica de los sólidos		2,59	

Gravedad específica de los sólidos promedio	2,59
--	-------------

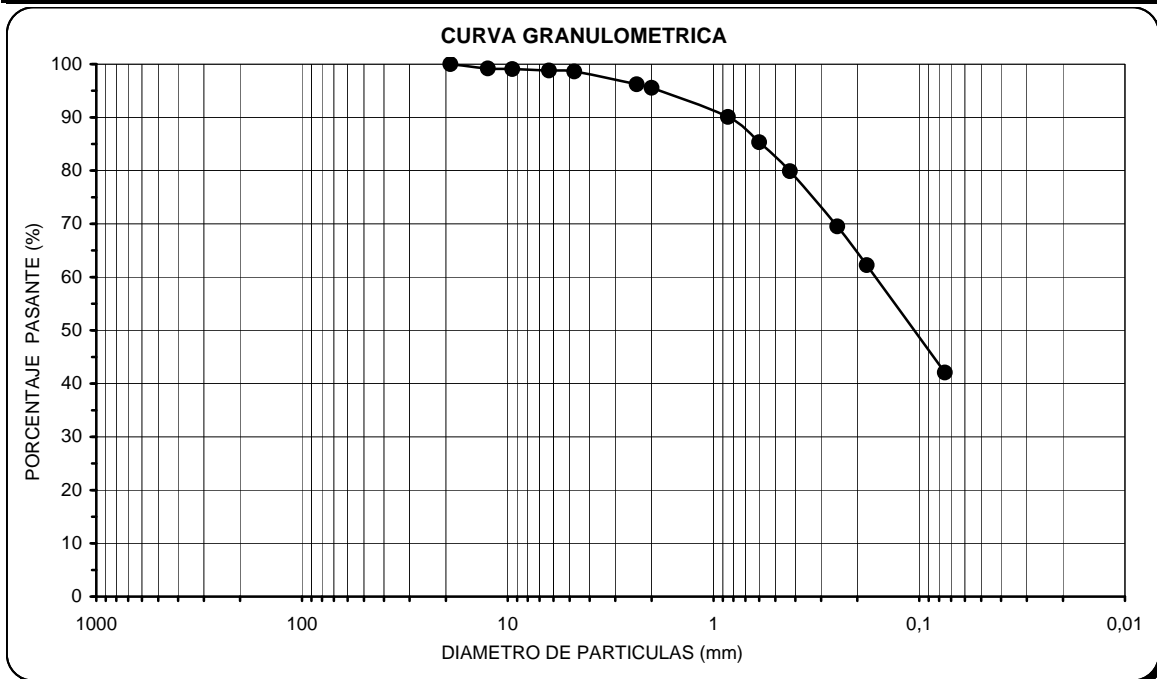
OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO
 CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Entrada a Huanca
PROFUNDIDAD : 4 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0			D ₁₀ 0,024 D ₃₀ 0,046 D ₅₀ 0,107 D ₆₀ 0,163 C _u 6,668 C _c 0,532
1 1/2"	37,5			
1"	25,0			
3/4"	19,0		100,00	
1/2"	12,5	8,70	99,20	
3/8"	9,50	1,50	99,06	
1/4"	6,30	2,70	98,81	
N° 4	4,75	2,10	98,62	
N° 8	2,36	11,80	96,22	
N° 10	2,00	3,30	95,55	
N° 20	0,850	26,90	90,08	CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	23,30	85,34	SM ARENA LIMOSA
N° 40	0,425	26,80	79,89	
N° 60	0,250	51,00	69,52	
N° 80	0,180	35,70	62,26	
N° 200	0,075	99,30	42,07	
BANDEJA		206,90	0,00	



OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Gonzáles Prada (Lluta)
PROFUNDIDAD : 1.30 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1515,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	1412,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	103,0	
Peso de la muestra seca	(g)	1412,0	
Contenido de humedad	(%)	7,29	

Contenido de Humedad Promedio (%)	7,29
--	-------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Gonzáles Prada (Lluta)
PROFUNDIDAD : 1.30 m. **FECHA :** 26/12/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5268,00	5266,00	5265,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1045,00	1043,00	1042,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,115	1,113	1,112

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,114 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5483,00	5483,00	5482,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1260,00	1260,00	1259,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	869,47	860,41	857,39
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,449	1,464	1,468

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,461 g/cm³
--	-------------------------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS**

ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Gonzáles Prada (Lluta)
PROFUNDIDAD : 1.30 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1348,60	
Peso de la fiola + agua	(g)	1254,20	
Peso de la muestra seca	(g)	150,00	
Peso específico del agua	(g/cm ³)	1,00	
Coefficiente de corrección de temperatura	α	1,0000	
Gravedad especifica de los sólidos		2,70	

Gravedad especifica de los sólidos promedio	2,70
--	-------------

OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados

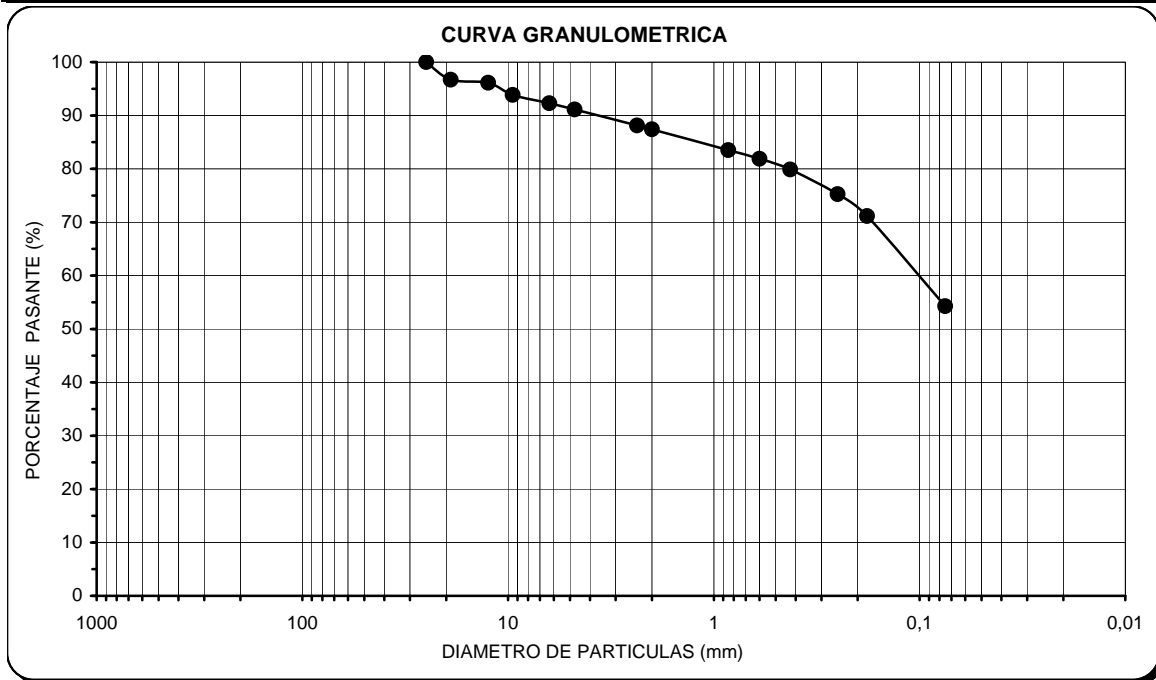


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Gonzáles Prada (Lluta)
PROFUNDIDAD : 1.30 m. **FECHA :** 26/12/2001

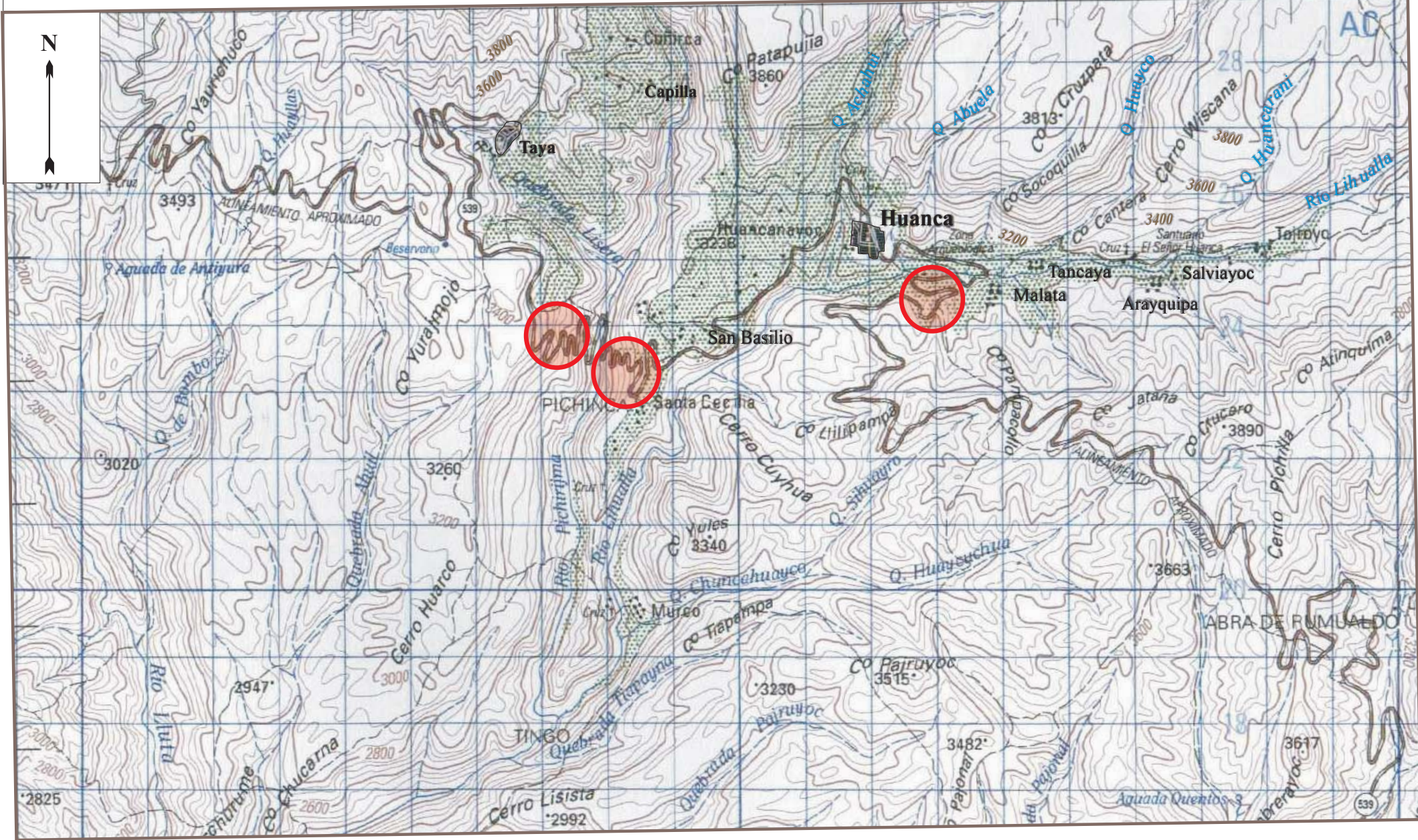
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0			D ₁₀ 0,013 D ₃₀ 0,030 D ₅₀ 0,063 D ₆₀ 0,101 C _u 7,621 C _c 0,679
1 1/2"	37,5			
1"	25,0		100,00	
3/4"	19,0	16,50	96,70	
1/2"	12,5	2,80	96,14	
3/8"	9,50	11,40	93,86	
1/4"	6,30	7,80	92,30	
N° 4	4,75	5,90	91,12	
N° 8	2,36	14,90	88,14	
N° 10	2,00	3,60	87,42	
N° 20	0,850	19,50	83,52	CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	8,10	81,90	ML LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
N° 40	0,425	10,10	79,88	
N° 60	0,250	23,10	75,26	
N° 80	0,180	20,60	71,14	
N° 200	0,075	84,40	54,26	
BANDEJA		271,30	0,00	



OBSERVACIONES: La muestra fue puesta en el laboratorio por los interesados

E. LISTA DE PLANOS

1. Plano de Deslizamiento y Derrumbes (Huanca-Taya,)
2. Plano de Activación de quebradas (Huanca-Taya)
3. Plano de Activación de quebradas (Lluta)
4. Plano de Ubicación de Refracción Sísmica, SEVs y Perfiles de muestreo(HUANCA)
5. Plano de Ubicación de Refracción Sísmica, SEVs y Perfiles de muestreo(LLUTA)
6. Plano de Zonificación Sísmica (Met. Sísmico, Eléctrico y Geotécnico), HUANCA
7. Plano de Zonificación Sísmica (Met. Sísmico, Eléctrico y Geotécnico), LLUTA
8. Mapa de Peligros



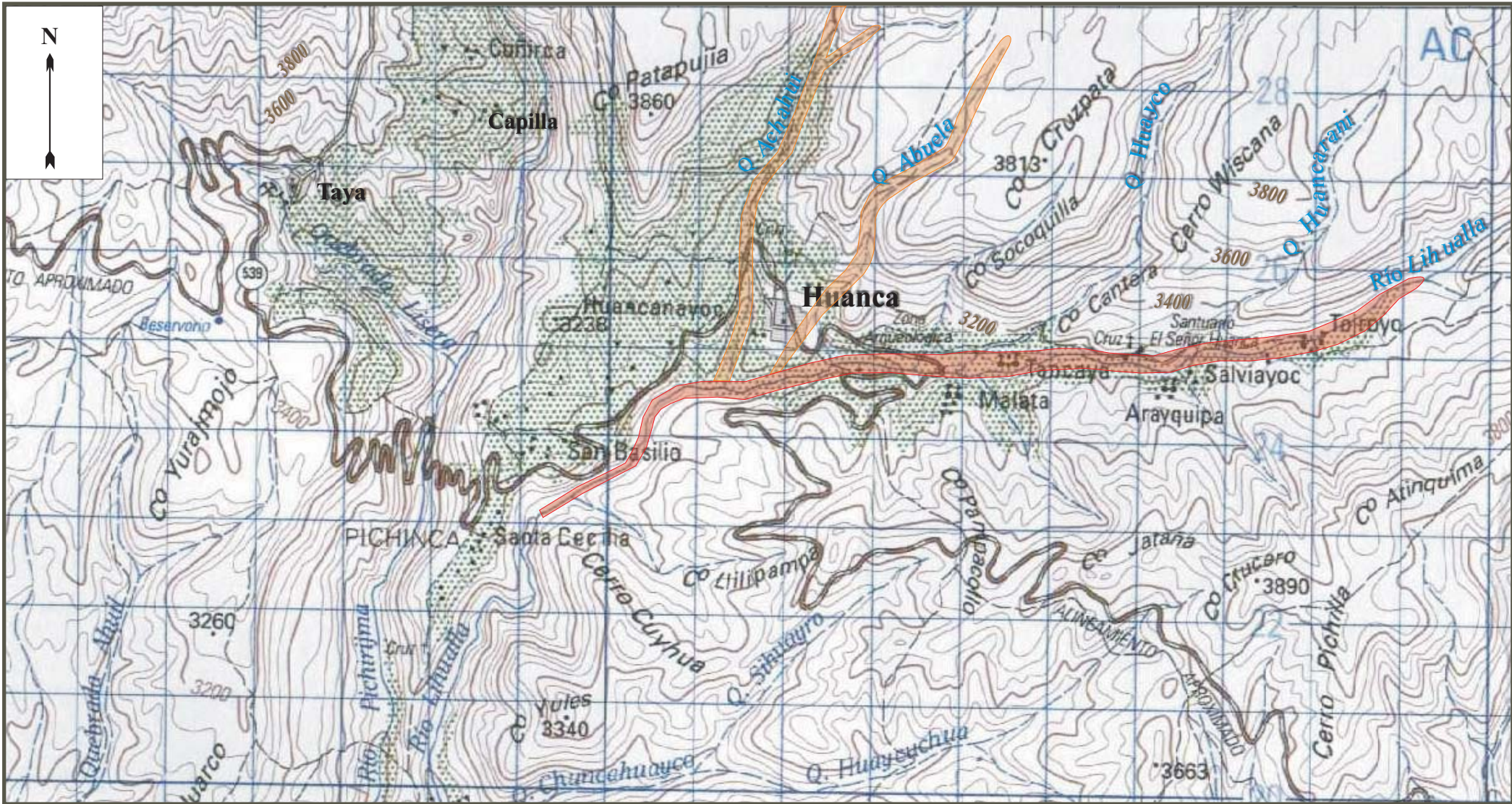
Escala Gráfica

LEYENDA

 ZONAS DE DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI



PLANO DE DESLIZAMIENTO Y DERRUMBES DE HUANCA - TAYA




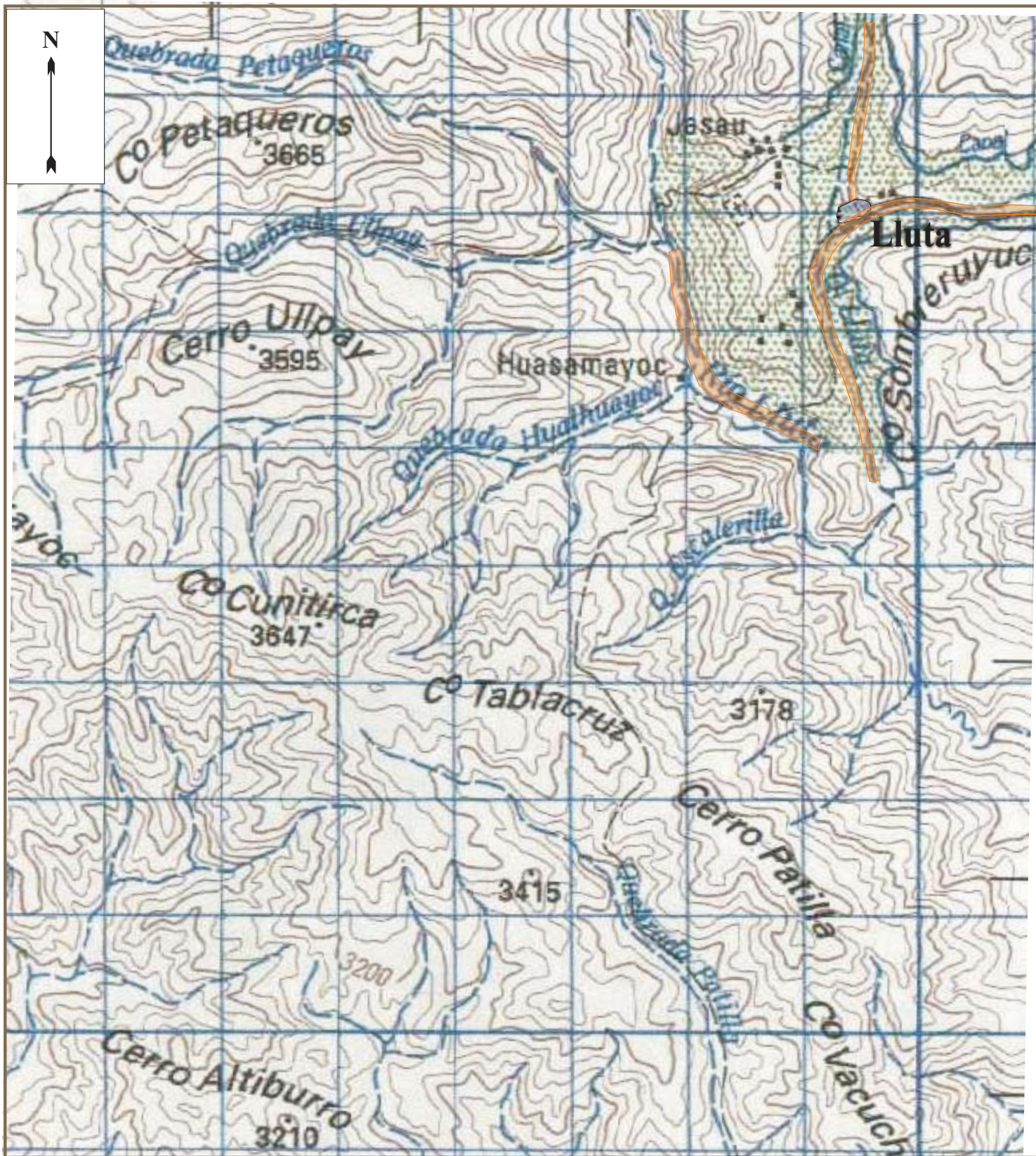
0 1 2 3 4 5 Kilómetros

Escala Gráfica

LEYENDA

-  Peligroso
-  Altamente Peligroso

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI
	PLANO DE ACTIVACION DE QUEBRADAS (HUANCA - TAYA)
Fecha: enero, 2002 Mapa Base: I.G.N. PLANO N° 2	



0 1 2 3 Kilómetros

Escala Gráfica

LEYENDA

 Peligroso



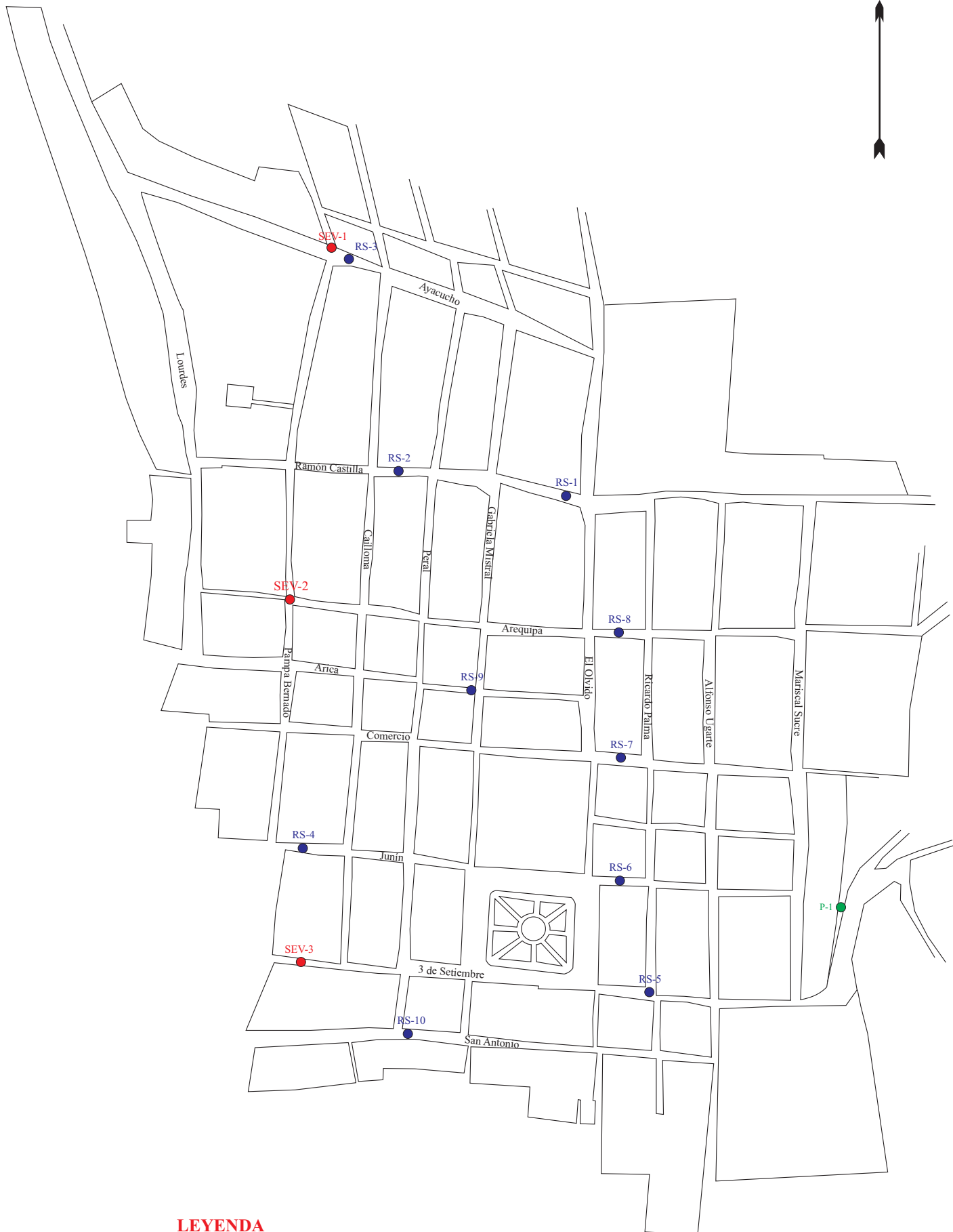
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

PLANO DE ACTIVACIÓN DE
 QUEBRADAS (LLUTA)

Fecha: enero, 2002

Mapa Base: I.G.N.

PLANO N° 3



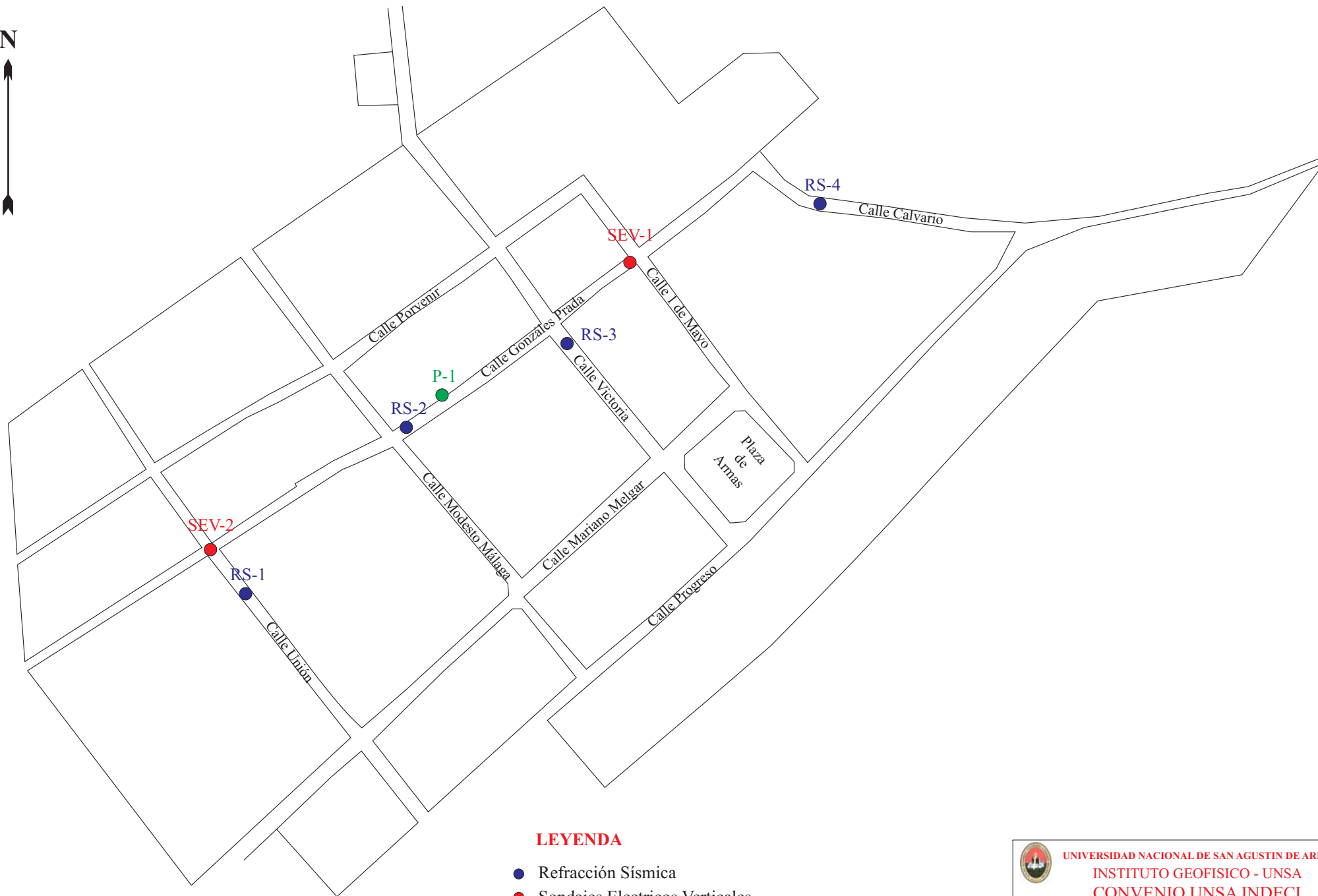
LEYENDA

- Refracción Sísmica
- Sondajes Eléctricos Verticales
- Perfil de muestreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFÍSICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PLANO DE UBICACIÓN DE
REFRACCIÓN SÍSMICA, SONDAJES
ELÉCTRICOS Y PERFIL DE MUESTREO
DE HUANCA



LEYENDA

- Refracción Sísmica
- Sondajes Electricos Verticales
- Perfil de muestreo

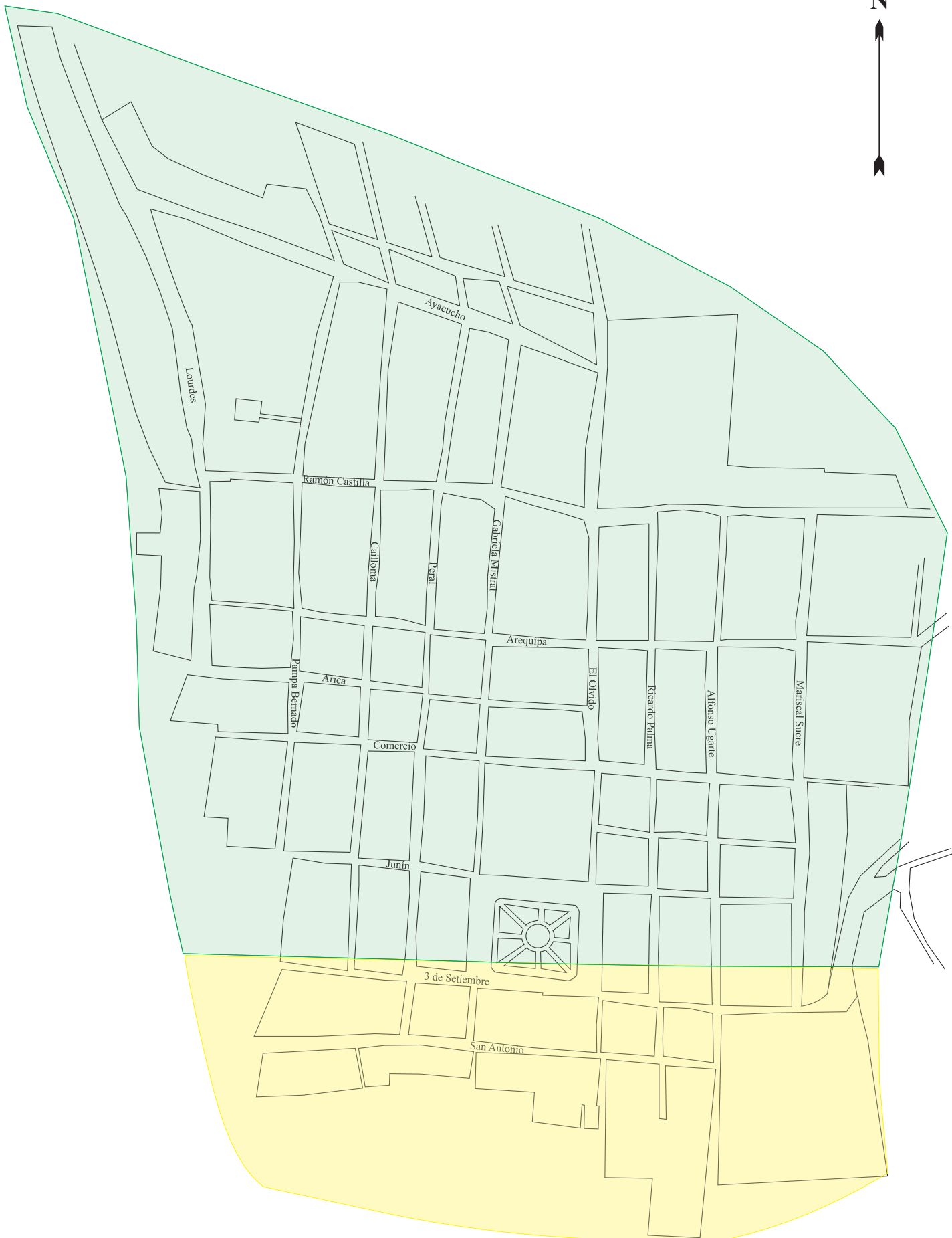


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI



PLANO DE UBICACIÓN DE REFRACCIÓN
SÍSMICA, SONDAJES ELÉCTRICOS Y PERFIL
DE MUESTREO DE LLUTA

Fecha: enero, 2002

PLANO N° 5



LEYENDA

-  PELIGRO BAJO
-  PELIGRO MODERADO

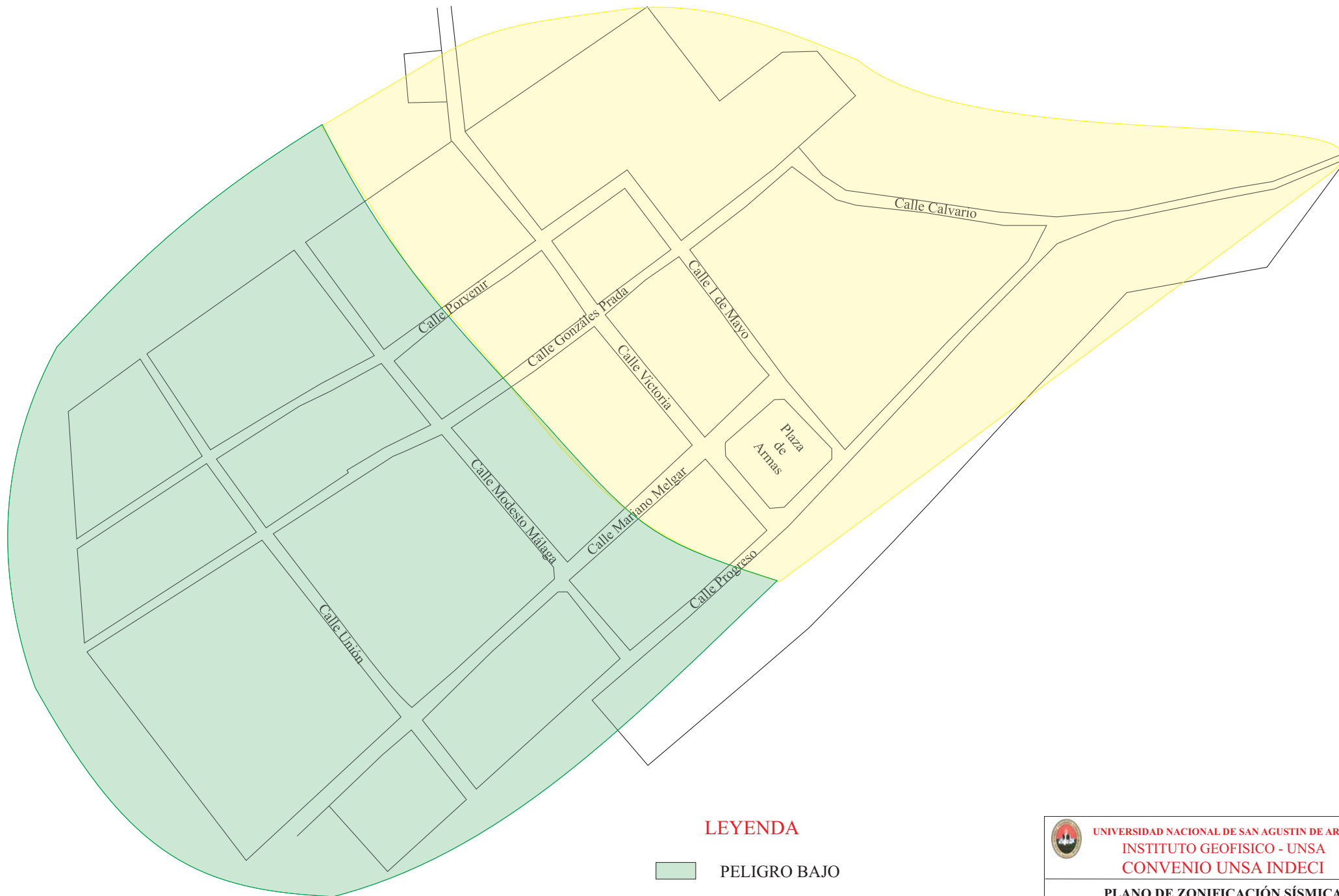


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

**PLANO DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA
(METODO SISMICO, ELECTRICO Y
GEOTÉCNICO) DE HUANCA**

Fecha: enero, 2002

PLANO N° 6



LEYENDA

- PELIGRO BAJO
- PELIGRO MODERADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI


**PLANO DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA
 (METODO SISMICO, ELECTRICO Y
 GEOTÉCNICO) DE LLUTA**

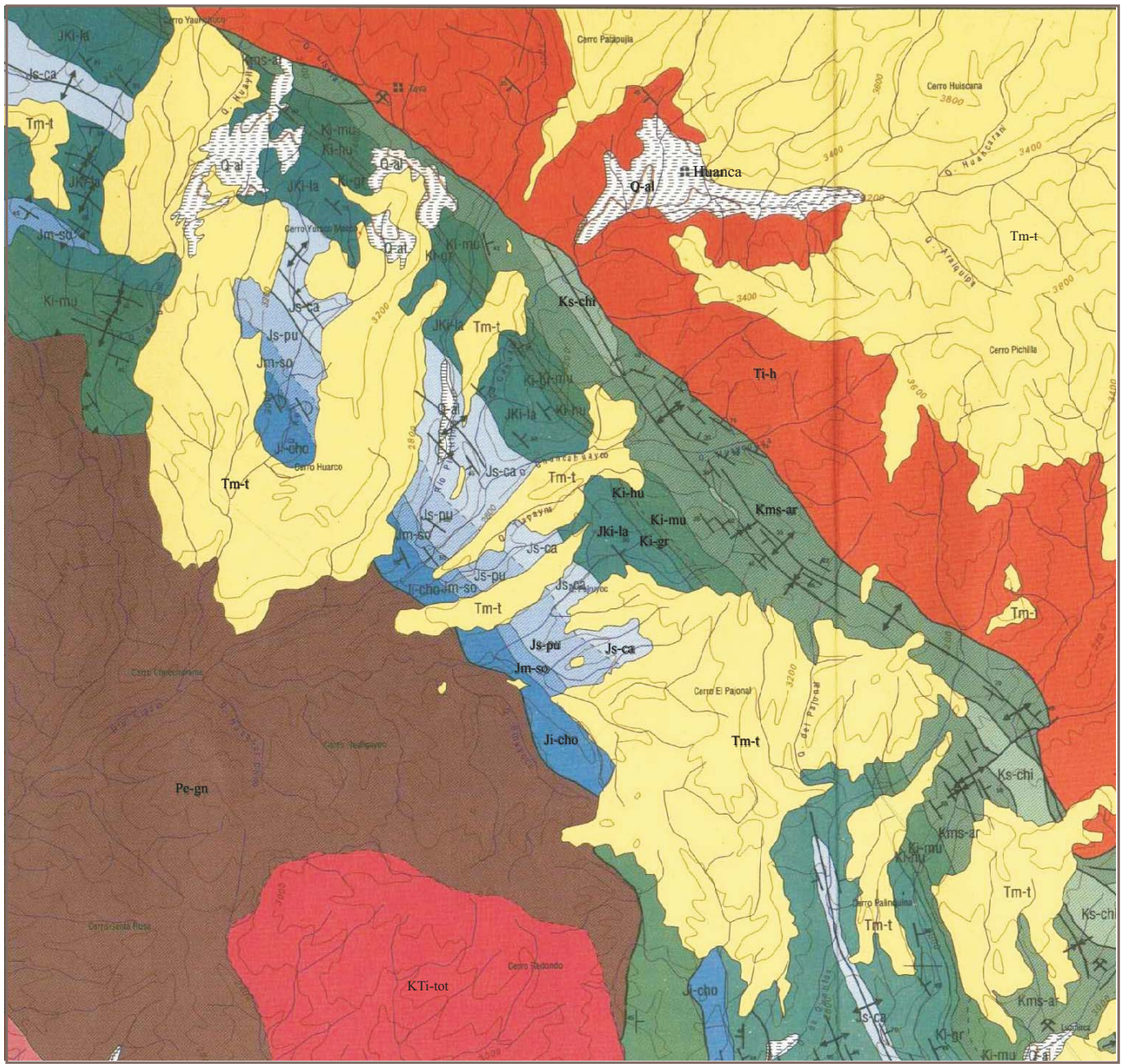
Fecha: enero, 2002

PLANO N° 7

FIGURAS



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI
	MAPA DE UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO
Fecha: enero, 2002	Fig. N° 1



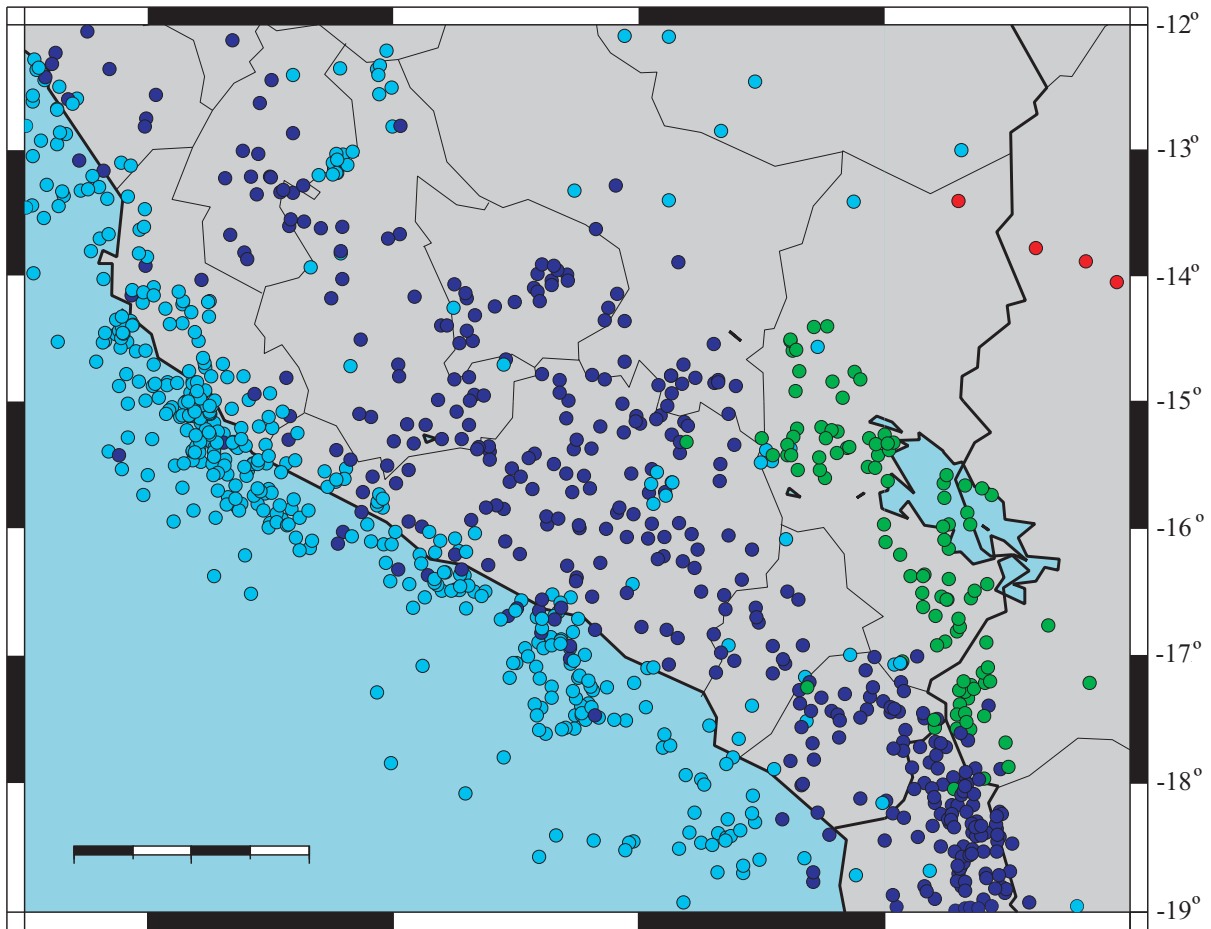
LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente	Depositos aluviales	Q-e		
			Depositos aluviales	Q-al		
			DISCORDANCIA			
			Depositos proglaciales recientes	Qr-pi		
		Pleistoceno	DISCORDANCIA	Morenas y fluvio-glaciares	Q-mfg	
				Flujos de barro	Q-fb	
			DISCORDANCIA			
			Grupo	Volcánico Barroso	Q-vba	
				Barroso	Q-vchi	
			DISCORDANCIA			
	Conglomerado Aluvial Pleistoceno	Q-pi				
	TERCIARIO	Superior	DISCORD. EROSIONAL	TP-vse		
			Volcánico Sanca	Ts-mi		
		Medio	DISCORDANCIA	Tm-t		
Grupo Tacaca			Ti-s			
Inferior	DISCORDANCIA	Ti-h				
	Fin. Huanca	Ti-h				
MESOZOICO	CRETACEO	Superior	DISCORD. ANGULAR	Ks-chi		
			Fin. Chilcane	Kms-ar		
		Fin. Acacuyana	Ki-mu			
		Fin. Murco	Ki-mu			
	Inferior	Grupo	M. Huahuasi	Ki-hu		
			M. Gramadal	Ki-gr		
		Yura	M. Labra	JKi-la		
			M. Cachos	Js-ca		
JURASICO	Superior	M. Puente	Js-pu			
		DISCORD. EROSIONAL	Jm-so			
	Medio	Fin. Secome	Jm-so			
		DISCORD. EROSIONAL	Ji-cho			
Inferior	Volcánico Chocolate	Ji-cho				
	DISCORD. ANGULAR	Pe-gn				
PRECAMBRICO		Complejo Basal de la Costa	Pe-gn			



Fecha: enero, 2002

Fig. N° 8



-76°

-74°

-72°

-70°

-12°

-13°

-14°

-15°

-16°

-17°

-18°

-19°

● $h < 70$ km.

● $70 < h < 150$ km.

● $150 < h < 300$ km.

● $300 > h$ km.



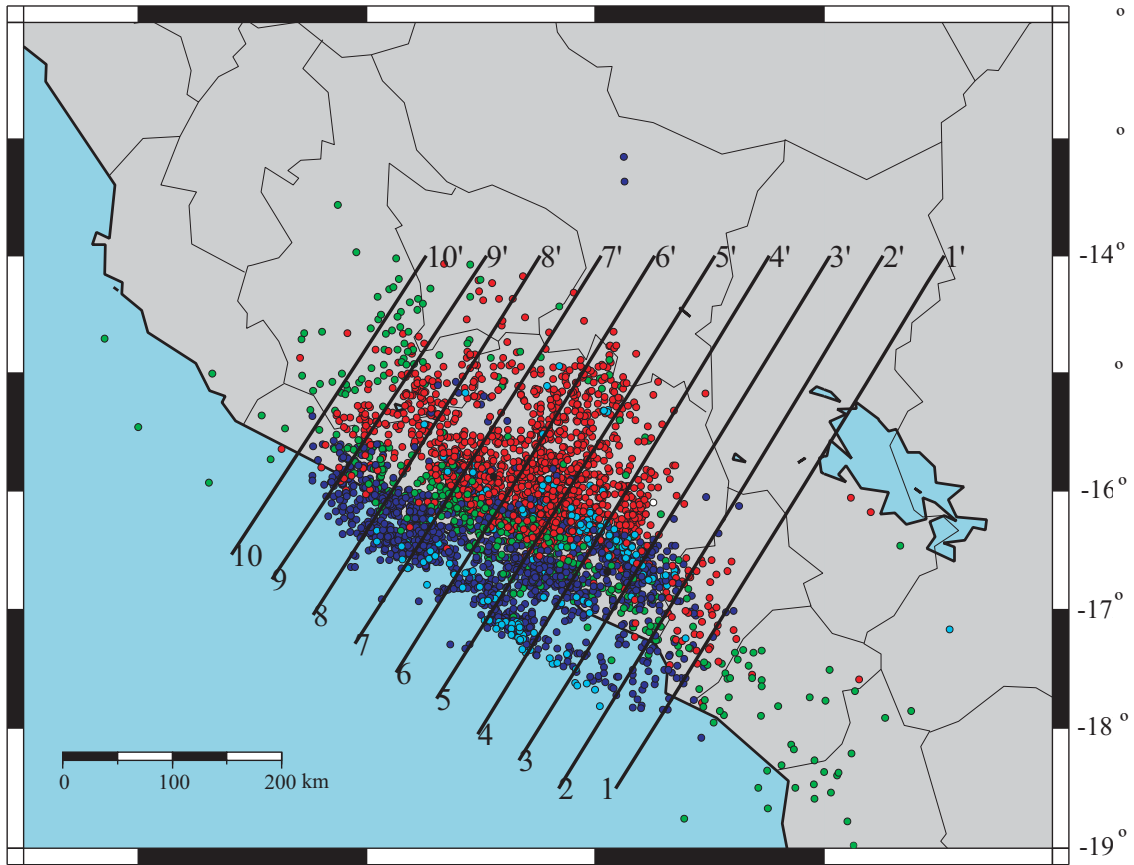
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA - INDECI

MAPA EPICENTRAL
 PERIODO 1964 - 1998

Fecha: enero, 2002

Ref.: Engdahl

Fig. N° 9



● $h < 30$ km.
 ● $30 < h < 70$ km.
 ● $70 < h < 100$ km.
 ● $100 > h$ km.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA - INDECI

MAPA EPICENTRAL
 CAMPAÑAS SISMICAS
 1965, 1969, 1975-76 y 1985

Fecha: enero, 2002

Ref.: Engdahl

Fig. N° 10

1/1000

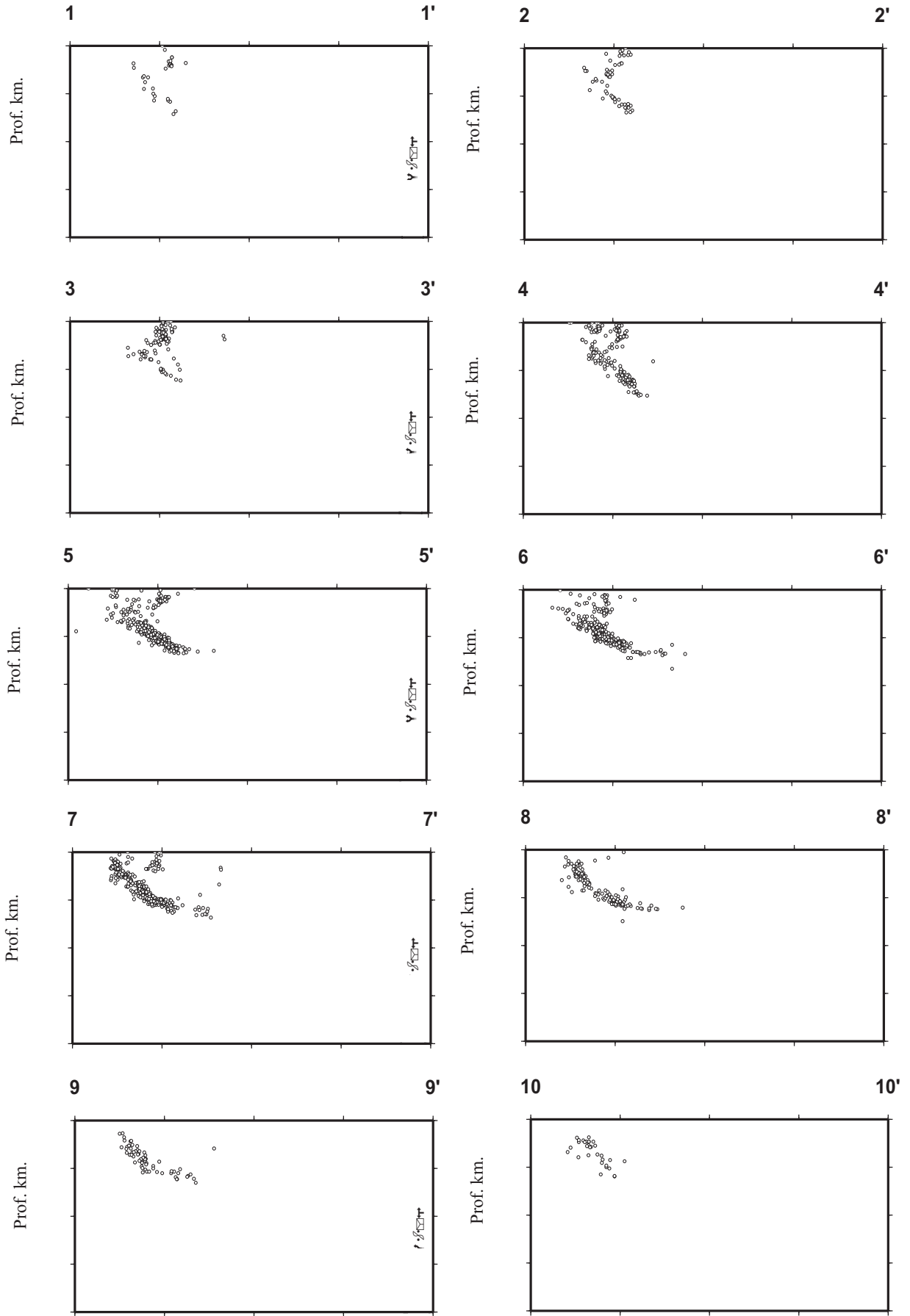
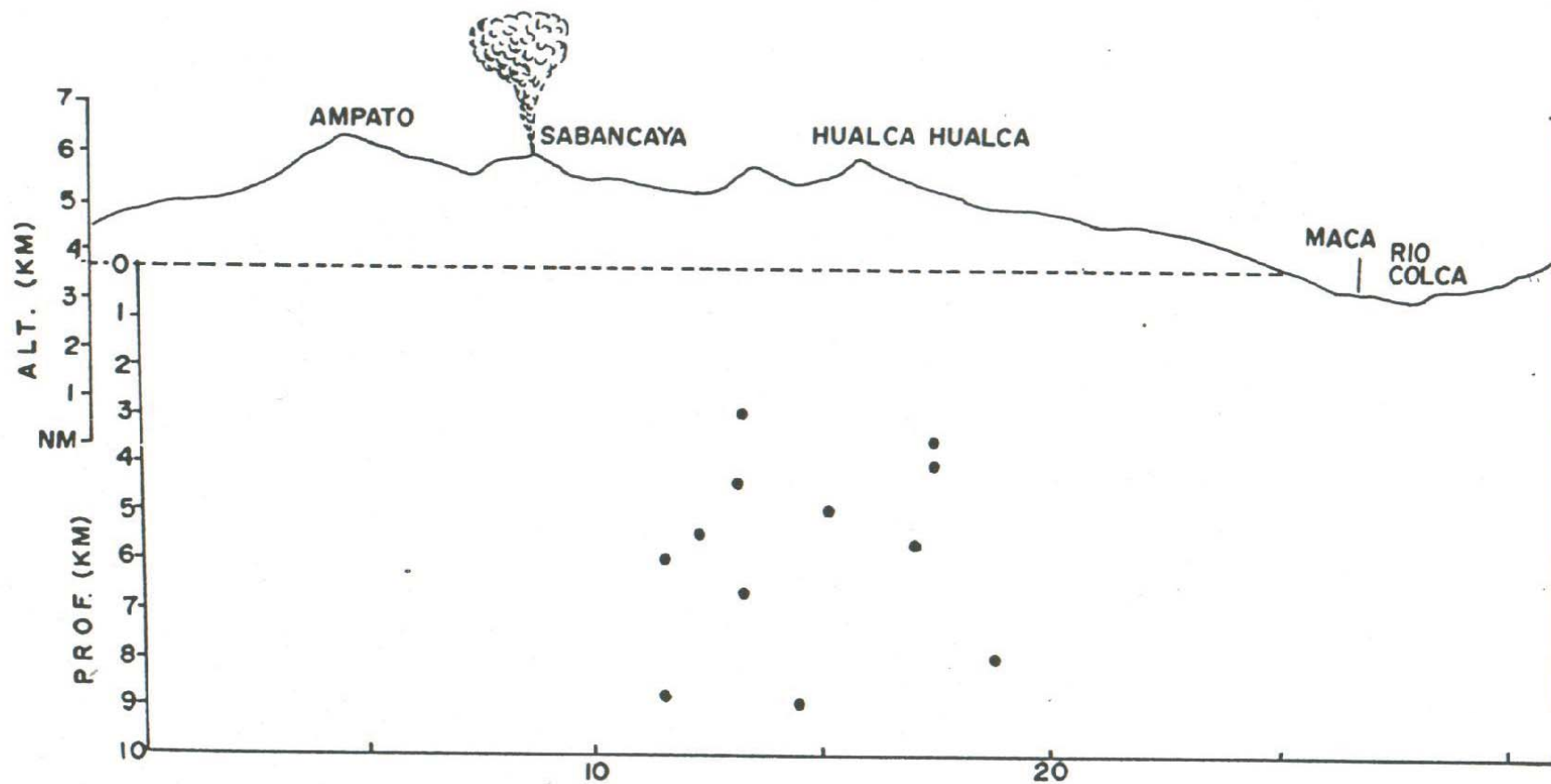


Fig. N° 11: SECCIONES SÍSMICAS

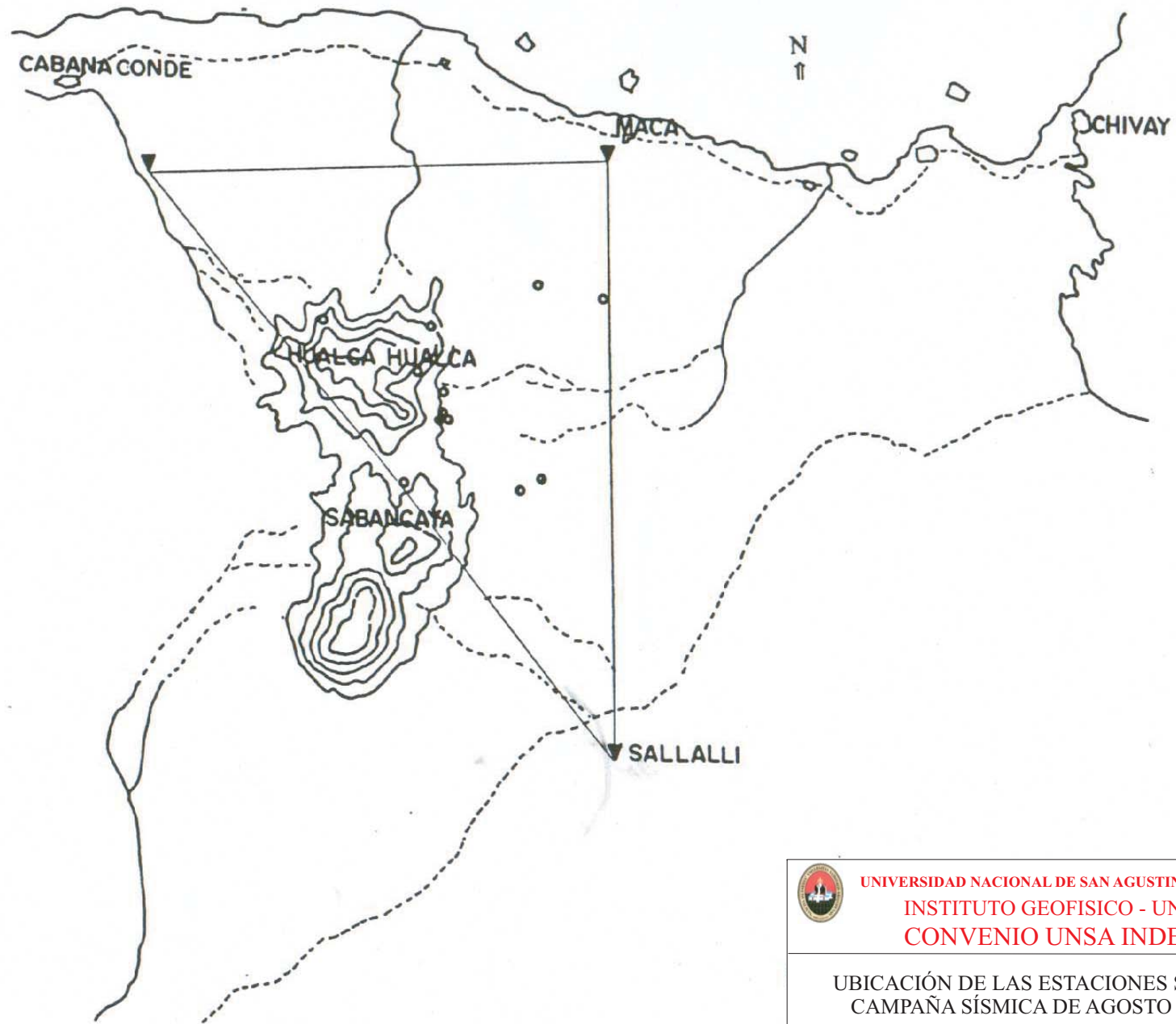



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

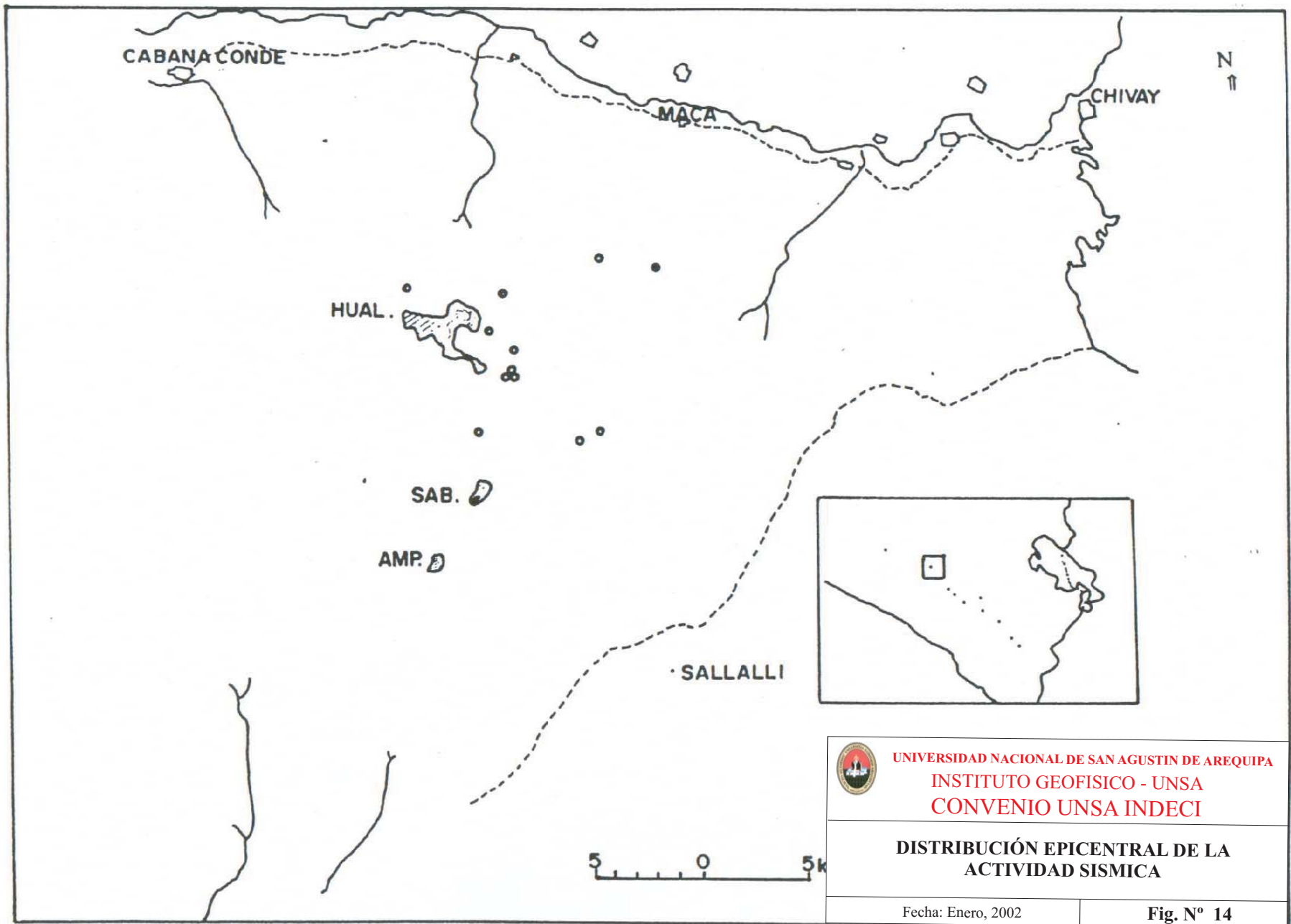
DISTRIBUCIÓN EN PROFUNDIDAD
 DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA
 DEL VOLCÁN SABANCAYA

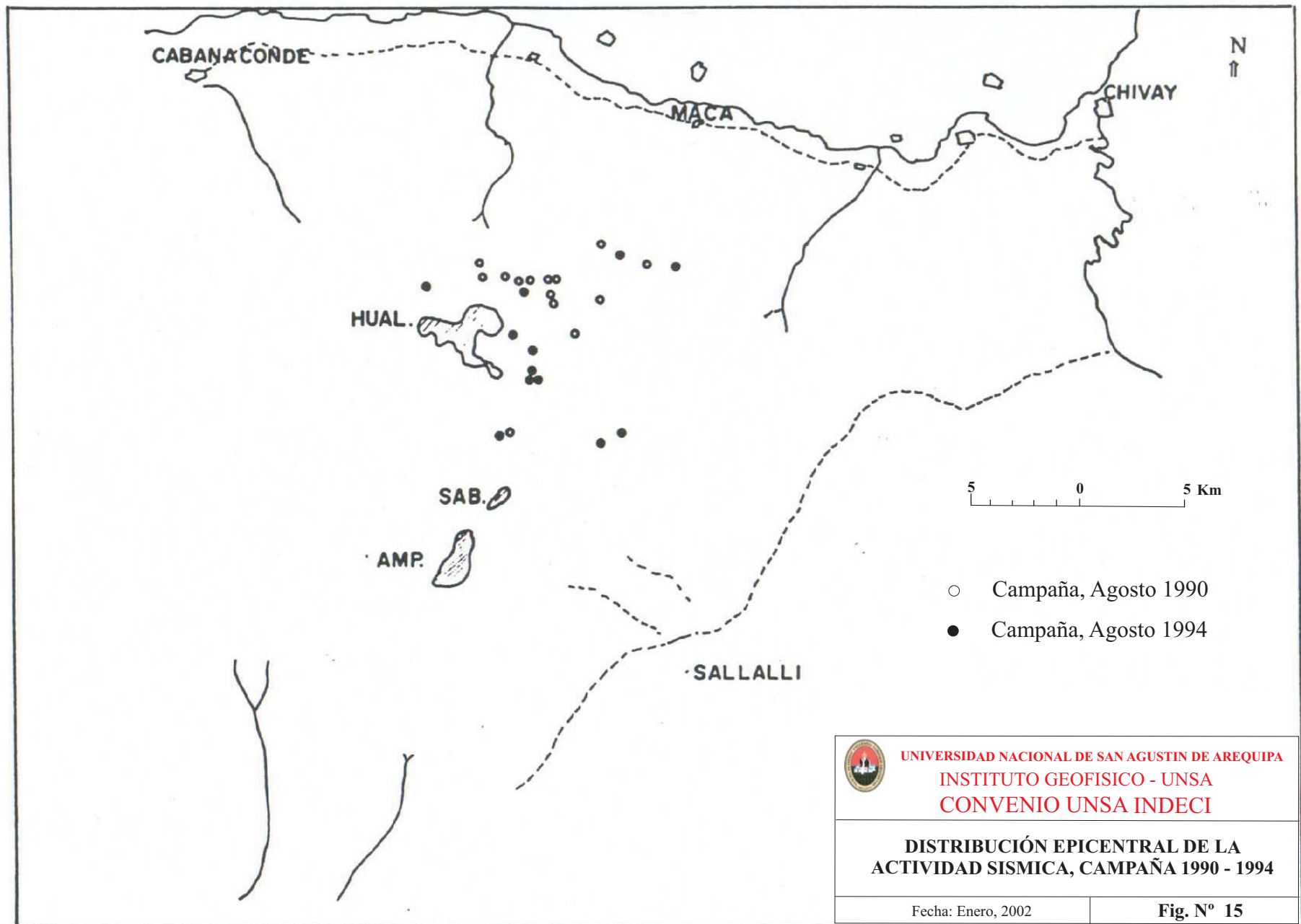
Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 12



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFÍSICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI
	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES SÍSMICAS CAMPAÑA SÍSMICA DE AGOSTO DE 1994
Fecha: Enero, 2002	Fig. N° 13





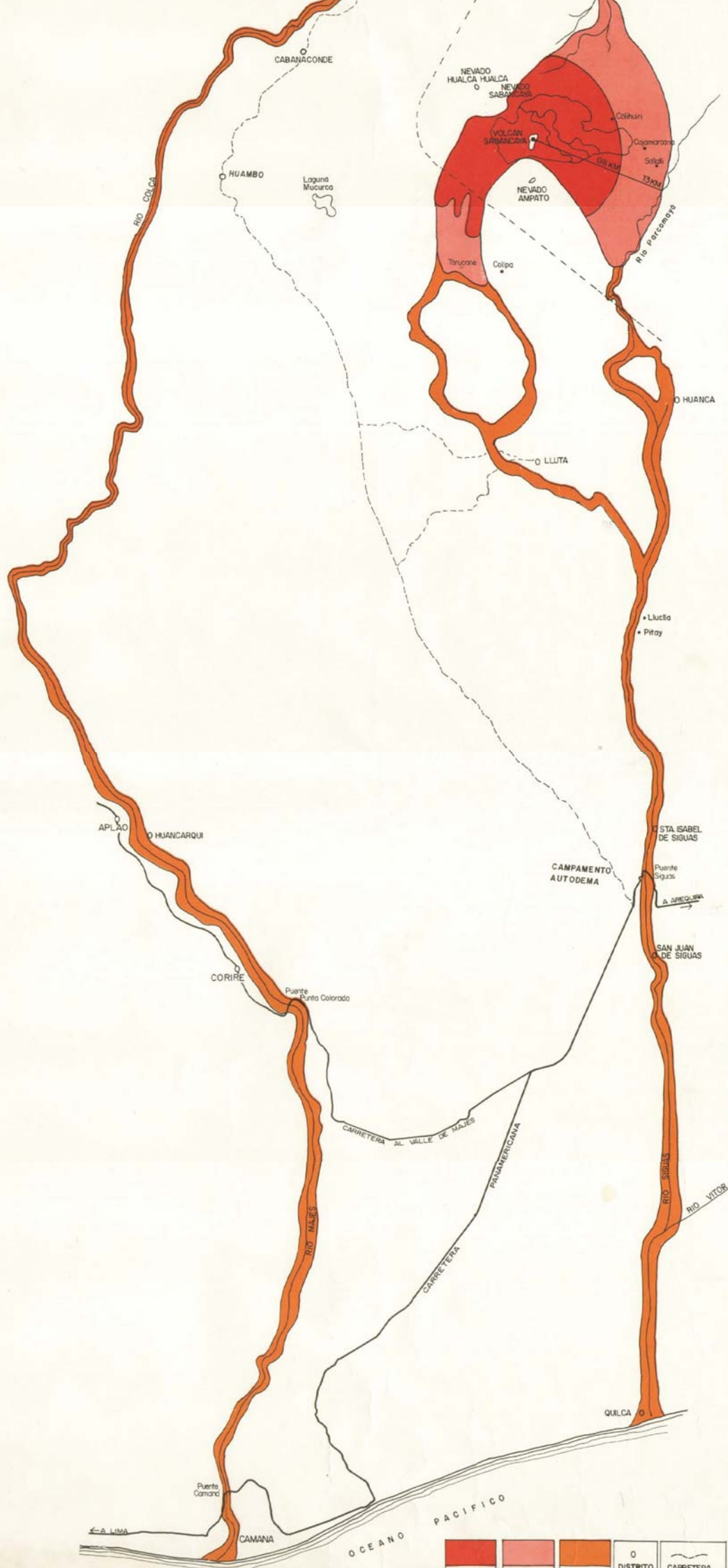


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

**FLUJO DE LODO, ORIGINADO EN EL
 VOLCÁN HUALCAHUALCA**

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 16



LISTA DE FOTOGRAFÍAS



Foto 1: Vista panorámica de la localidad de Huanca, donde se observa los terrenos de cultivo y su morfología



Foto 2: Vista panorámica del pueblo de Lluta y terrenos de cultivo, el poblado se encuentra asentado en un sector relativamente estable



Foto 3: Vista panorámica de los terrenos de cultivo de Huanca y la fuerte pendiente de la zona



Foto 4: Vista panorámica de los terrenos de cultivo ubicados en las laderas frente al poblado de Huanca



Foto 5: Corte donde se observa el tipo de material del poblado de Huanca, consistente en conglomerado medianamente denso



Foto N° 6: Vista donde se observa la composición de los suelos de la zona de Huanca



Foto 7: Corte en el poblado de Lluta, se observa en la parte superior limos y arenas compactadas y en la base rocas del Grupo Yura



Foto 8: Vista en el corte de la vía de ingreso a Taya, en la que se observa el conglomerado sobre el cual se asienta el pueblo



Foto 9: Derrumbes en los muros de las viviendas en la calle Sucre segunda cuadra - Huanca



Foto 10: Caída de paredes en la calle Miguel Gráu, a consecuencia del sismo del 23 de junio del 2001



Foto 11: Derrumbes en la zona de la Yesera, donde las personas se desplazaron a pie aprox. 500 m.



Foto 12: Caida de muros en la calle Sucre segunda cuadra - Huanca

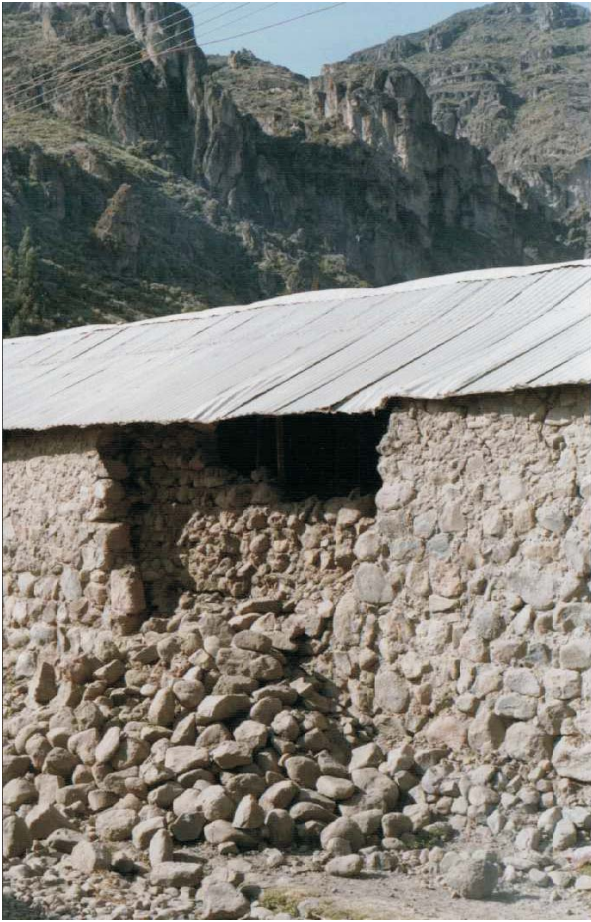


Foto 13: Derrumbes en la calle Sucre de Huanca por efectos del sismo del 2 junio del 2001



Foto 14: Caída de paredes en las viviendas de la calle Miguel Gráu - Huanca



Foto 15: Derrumbes de paredes en la calle Junín cuarta cuadra Huanca



Foto 16: Agrietamientos de paredes en la calle Junín Sexta cuadra - Huanca



Foto 17: Daños en la torre de la Iglesia de Huanca



Foto 18: Caída de la campana de la Iglesia de Huanca



Foto 19: Caída de paredes en la calle Miguel Gráu - Huanca



Foto 20: Vivienda afectada por el sismo del 23 de junio del 2001, calle 3 de Setiembre - Huanca



Foto 21: Daños en el interior de la iglesia de Huanca

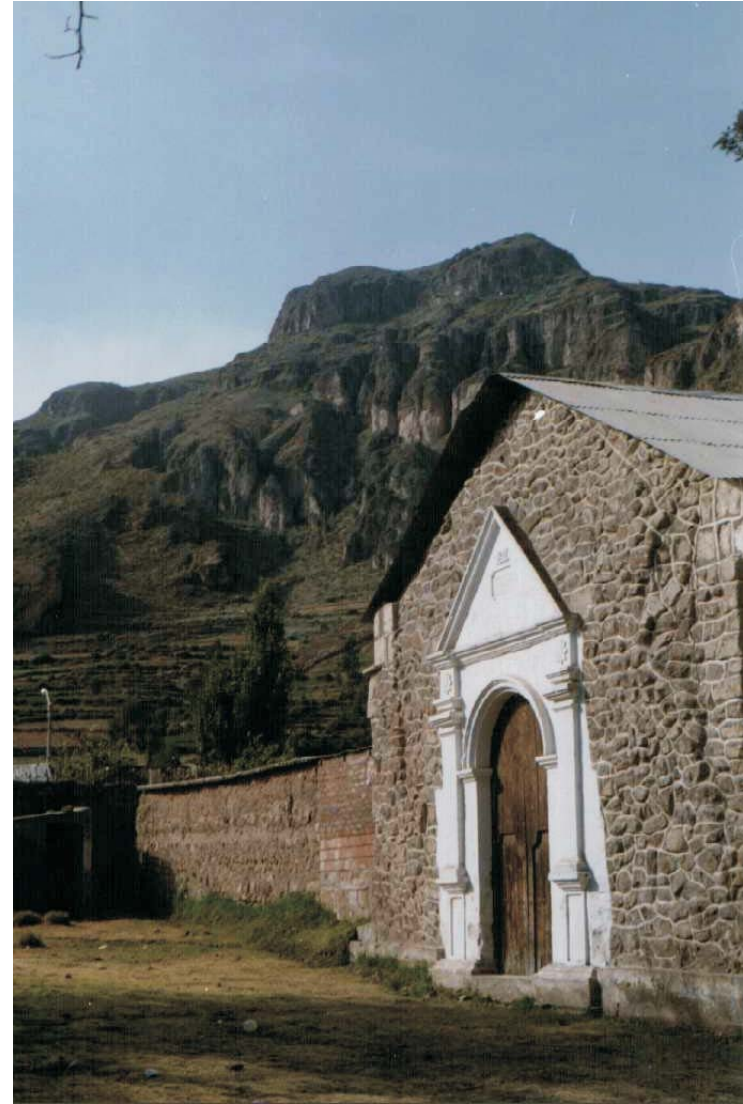


Foto 22: Parte posterior de la Iglesia de Huanca



Foto 23: Derrumbes en la carretera Huanca - Taya - Lluta



Foto 24: Carretera obstruida a consecuencia de los derrumbes (Sector Pichirijma)



Foto 25: Zona de deslizamientos en el sector de Pichirijma - carretera a Taya



Foto 26: Vista de la quebrada La Abuela ubicada hacia el Este del poblado de Huanca



Foto 27: Vista de la quebrada Achahuí ubicada al Oeste de Huanca, también se observa la potencia de material donde se asiente el poblado



Foto 28: Vista de las quebradas Achahui, La Abuela y el río Lihualla, además los terrenos de cultivo



Foto 29: Quebrada Achahui ubicada al Oeste del poblado de Huanca, en el que se observa las diferentes capas sedimentarias,



Foto 30: Vista del río Lihualla próximo al poblado de Huanca



Foto 31: Vista del río Lihualla que pasa de Oeste a Este, frente al poblado de Huanca



Foto 32: Vista de las quebradas que bordean al poblado de Taya