



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

CONVENIO UNSA - INDECI

Proyecto PER 98/018 PNUD - INDECI



Iglesia de Omate



Plaza de Puquina



Poblado de Chacahuayo

ESTUDIO GEODINÁMICO Y EVALUACIÓN DE PELIGROS DE LAS LOCALIDADES DE OMATE, PUQUINA Y CHACAHUAYO

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 OMATE, PUQUINA Y ANEXO DE
CHACAHUAYO**

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 Omate
- Concejo Distrital de Puquina
- Gobernador del Anexo de Chacahuayo

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	3
CAPITULO II	4
2. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO	4
2.1 AREA GEOGRAFICA	4
2.2 ACCESIBILIDAD	4
2.3 FORMACIONES ECOLOGICAS	4
2.4 INFORMACION SOCIO-DEMOGRAFICO	4
2.4.1 Características de la población	4
2.4.2 Características de las viviendas	8
2.5 INFORMACION SOCIO-ECONOMICA	8
2.5.1 Infraestructura de transporte	8
2.5.2 Infraestructura agrícola	10
2.5.3 N° de productores y superficie de las unidades agropecuarias	10
2.5.4 Condición jurídica del productor	11
2.5.5 Lugar de residencia	12
2.5.6 Condición de alfabetismo	13
2.5.7 Nivel educativo	13
2.5.8 Profesión u oficio	14
CAPITULO III	15
3. GEOLOGIA	15
3.1 FISIOGRAFIA	15
3.2 ESTRATIGRAFIA	19
3.3 DEPOSITOS CUATERNARIOS	28
3.4 ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS	29
CAPITULO IV	31
4. GEODINAMICA INTERNA	31
4.1 SISMICIDAD	31
4.1.1 Sismicidad histórica	31
4.1.2 Tectonismo de la Región Andina	40
4.1.3 Análisis de la sismicidad	43
4.2 PELIGRO VOLCANICO	46

4.2.1	Volcán Huaynaputina	46
4.2.1.1	Erupción del Huaynaputina	49
4.2.2	Actividad volcánica del Ubinas	50
4.2.2.1	Evolución volcánica	53
4.2.2.2	Historia eruptiva	57
4.2.2.3	Actividad fumarólica	57
4.2.2.4	Sismicidad	59
4.2.2.5	Evaluación de la amenaza volcánica	64
4.3	MICROZONIFICACION SISMICA	65
4.3.1	Refracción sísmica	65
4.3.1.1	Localidad de Omate	65
4.3.1.2	Localidad de Puquina	67
4.3.1.3	Localidad de Chacahuayo	70
4.3.2	Resistividad Geoeléctrica	72
4.3.2.1	Localidad de Omate	72
4.3.2.2	Localidad de Puquina	75
4.3.2.3	Localidad de Chacahuayo	77
4.4	ESTUDIO GEOTECNICO	79
4.4.1	Mecánica de suelos	79
4.4.2	Tipos de suelos	81
4.4.2.1	Localidad de Omate(suelos tipo II y III)	81
4.4.2.2	Localidad de Puquina(suelos tipo II y III)	82
4.4.2.3	Localidad de Chacahuayo(suelos tipo II y III)	82
4.5	DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001	82
4.6	MAPA DE PELIGROS DE LAS LOCALIDADES DE OMATE, PUQUINA Y EL ANEXO DE CHACAHUAYO	90

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES 94

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 97

ANEXOS 99

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 Ubicación: Refracción Sísmica, SEVs, Perfiles y Calicatas (Omate)
2. Plano de Ubicación: Refracción Sísmica, SEVs, Perfiles y Calicatas (Puquina)
3. Plano de Ubicación: Refracción Sísmica, SEVs, Perfiles y Calicatas (Chacahuayo)
4. Plano de Zonificación Sísmica (Omate)
5. Plano de Zonificación Sísmica (Puquina)
6. Plano de Zonificación Sísmica(Chacahuayo)
7. Plano de activación de quebradas y deslizamientos de Omate
8. Plano de activación de quebradas y deslizamientos de Puquina y Chacahuayo
9. Plano de Peligros (Omate, Puquina y Chacahuayo)

LISTA DE FIGURAS

Fig.	Pág.
1. Mapa de ubicación de la Zona de Estudio	5
2. Mapa Topográfico de Omate	16
3. Mapa Topográfico de Puquina y Chacahuayo	17
4. Mapa Geológico de Omate, Puquina y Chacahuayo	21
5. Isosistas del Sismo del 15 de enero de 1958	36
6. Isosistas del Sismo del 13 de enero de 1960	38
7. Isosistas del Sismo del 16 de febrero de 1979	39
8. Isosistas del Terremoto del 23 de junio del 2001	41
9. Mapa epicentral, período 1964-1998	44
10. Mapa epicentral, Campañas Sísmicas: 1965, 1969, 1975-76 y 1985	45
11. Secciones Sísmicas	47
12. Mapa de ubicación del Volcán Ubinas	51
13. Esquema de la Caldera del Volcán Ubinas	54
14. Interpretación Geológica y Volcanológica de imagen de satélite Spot, XS-1991	55
15. Sección Litoestratigráfica Compuesta del Volcán Ubinas	56
16. Ubicación de las Fumarolas en el Cráter del Volcán Ubinas	58
17. (A) Distribución epicentral, (B) y (C) Cortes Este-Oeste y Norte-Sur	60
18. Ejemplos de eventos, Tipo VT, registrados en el Volcán Ubinas	61
19. Ejemplos de eventos, Tipo LP, registrados en el Volcán Ubinas	62
20. Ejemplos de eventos, Tipo TO, registrados en el Volcán Ubinas	63
21. Mapa de Amenaza del Volcán Ubinas	66

LISTA DE CUADROS

	Pag.
1. DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, DISTANCIA ENTRE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES	9
2. NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN REGION NATURAL Y CONDICION DE LAS MISMAS	10
3. NUMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS QUE CONDUCEN, SEGUN REGION NATURAL Y CONDICION DE LAS MISMAS	11
4. CONDICION JURIDICA DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS, SEGUN PROVINCIA	12
5. LUGAR DE RESIDENCIA DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA	12
6. CONDICION DE ALFABETISMO DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA	13
7. NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO POR LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES	13
8. PROFESION U OFICIO DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA	14
9. TIPOS DE SEÑALES SISMICAS, REGISTRADAS EN EL VOLCAN UBINAS	64
10. VELOCIDADES Y ESPESORES DE OMATE	67
11. VELOCIDADES Y ESPESORES DE PUQUINA	69
12. VELOCIDADES Y ESPESORES DE CHACAHUAYO	70
13. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE OMATE	72
14. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE OMATE	74
15. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE PUQUINA	76
16. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE CHACAHUAYO	77
17. RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE CHACAHUAYO	78
18. EVALUACION DE DAÑOS DE LA PROV. GRAL. SANCHEZ CERRO, DPTO. DE MOQUEGUA	87
19. EVALUACION DE DAÑOS EN LOS ANEXOS DEL DISTRITO DE OMATE	88

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 Omate Puquina y el Anexo de Chacahuayo”, 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 podría tener un impacto sobre los poblados antes mencionados.

Para tal efecto, se ha verificado trabajos geológicos existentes como base para los estudios que permitan identificar los peligros existentes de los poblados, de igual modo se ha realizado Estudios Geofísicos mediante métodos de Refracción Sísmica y Sondajes Eléctricos Verticales.

A través de su historia la Provincia Gral. Sánchez Cerro, ha soportado los efectos devastadores de los terremotos de los años; 1868, 1877, 1958, 1960 y 2001. Particularmente resalta la erupción del volcán Huaynaputina en febrero de 1600 que destruyó el poblado de Omate y lugares aledaños.

En Omate se han caracterizado dos tipos de suelos; suelos de baja densidad con presencia de arenas eólicas y cenizas volcánicas y suelos medianamente compactos.

En Puquina, también se propone tres tipos de suelos; suelos de naturaleza volcánica, de baja densidad, suelos aluvio-proluvionales de mediana compacidad, y suelos proluviales y arcillosos, medianamente compacto.

En Chacahuayo, se ha determinado dos tipos de suelos; suelos aluvio-proluvionales, de regular compacidad y suelos areno-limosos de baja densidad.

Los daños registrados en el sismo del 23 de junio del 2001, fueron moderados aún cuando algunas viviendas son de adobe y precarias, particularmente en el poblado de Puquina los efectos fueron mayores, debido a la calidad de los suelos.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El presente estudio tiene como meta contribuir a la identificación y conocimiento de los fenómenos que pueden afectar la seguridad de sus habitantes y de las infraestructuras de los distritos de Omate, Puquina y el Anexo de Chacahuayo, provincia Sánchez Cerro, departamento de Moquegua. Particularmente orientado a la geodinámica externa como las inundaciones, activación de las quebradas, deslizamientos y a la geodinámica interna como es el caso de los sismos.

Estos lugares a través del tiempo han soportado la ocurrencia de sismos destructores, con saldos dolorosos por las pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales, es el caso de éste último sismo del 23 de junio cuya intensidad máxima alcanzó el grado VIII en la Escala Modificada de Mercalli.

En los distritos y en general en todo el Departamento de Moquegua, han ocurrido una serie de desastres naturales, provocando una fuerte incidencia negativa 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 las políticas de prevención y mitigación.

Entre los principales fenómenos registrados en la región se encuentran; la erupción del Huaynaputina en el año de 1600, los terremotos de 1868, 1877, 1958, 1960 y 2 001 y otros fenómenos naturales que destruyeron algunas ciudades del Sur del Perú, como son los deslizamientos, activación de quebradas, etc. Por consiguiente, los esfuerzos se centrarán en los estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos con la finalidad de determinar con cierta precisión los peligros que la amenazan y pone en riesgo su seguridad física.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos son:

- a) Conocer la estratigrafía de Omate, Puquina y Chacahuayo en base a los estudios geológicos, geofísicos y de suelos.
- b) Definir las características físicas y químicas de los suelos.
- c) Identificar a través del estudio las zonas de mayor peligro, para definir las principales medidas que deben ser adoptadas para mitigar los daños.

- d) Mejorar las características físicas de las viviendas en la mayoría de los casos de adobe, formulando nuevos sistemas constructivos, que brinde mayor seguridad y resistencia a los efectos de los sismos.
- e) Crear conciencia y responsabilidad en la colectividad frente a los riesgos a los cuales la ciudad se encuentra expuesta; para que esta se organice y tome las medidas necesarias para cautelar su seguridad física e integridad de sus bienes.
- f) Facilitar las operaciones de evacuación y rescate.
- g) Definir estrategias que permitan acelerar las actividades de rehabilitación y reconstrucción.

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 foto geológica
- Información sísmica
- Recopilación sobre información de suelos
- Recopilación de proyectos urbanísticos de la ciudad; planos urbanos, plano de redes primarias de electrificación y subestación; planos de tendido de redes matrices de agua y ubicación de reservorios de abastecimientos de agua.

1.3.2 Trabajo de campo

- Evaluación de los estudios geológicos
- 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 Trabajo de 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 y 1: 50 000 del Instituto Geográfico Nacional
- Mapas de la Carta Geológica
- Mapas de diversos organismos

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 AREA GEOGRAFICA

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Sánchez Cerro Departamento de Moquegua, comprende las localidades de Omate, Puquina y el Anexo de Chacahuayo (Fig. 1 fotos: 1, 2, 3).

Estos poblados se encuentran entre los 2,168 y 3,084m.s.n.m. aproximadamente, para su desarrollo agrícola utilizan aguas provenientes de los ríos, así como de manantiales o puquios. Los suelos de Omate corresponden principalmente a aluvio-proluvional, y en las laderas se observa cenizas y piroclásticos de la erupción del volcán Huaynaputina. En Puquina y en el anexo de Chacahuayo, el suelo es aluvial y en sus laderas se observan cenizas, lapilli y material piroclástico.

2.2 ACCESIBILIDAD

La principal vía de acceso es una carretera afirmada, que une la ciudad de Arequipa con Pocsi, Talamolle, Chacahuayo, Puquina y Omate, así como otras provincias y anexos de la Provincia de Sánchez Cerro, no existiendo una vía directa que une con la ciudad de Moquegua.

2.3 FORMACIONES ECOLÓGICAS

La región natural es característica de la Sierra, el Valle de Omate es angosto, con clima que va de templado a cálido en los meses de verano (austral), determinando que los cultivos consistan preferencialmente de frutales y alfalfa.

El pueblo de Puquina presenta un clima templado a frío y sus habitantes se dedican especialmente, al cultivo de la alfalfa para la ganadería y en menor escala al cultivo de papas, habas y otros productos típicos de la región andina.

2.4 INFORMACION SOCIO-DEMOGRÁFICO

2.4.1 Características de la población

Según la información obtenida de la Sub-Región de Defensa Civil de Moquegua en la ciudad de Omate hay 2,681 habitantes, en Puquina 3,494 Hab. y en el Anexo de Chacahuayo 319 Hab.

2.4.2 Características de las viviendas

Las viviendas en los poblados de la provincia de Sánchez Cerro en su mayoría son de adobe las que han sufrido daños de consideración, a raíz del sismo del 23 de junio del 2001.

El poblado de Omate capital de la provincia de Sánchez Cerro, tiene muchas edificaciones que son de material noble y que han soportado este sismo a diferencia de las casas de adobe que si han sufrido daños. En la provincia de Puquina el caso es muy similar, mientras que en el Anexo de Chacahuayo como consecuencia del sismo tenemos; 78 viviendas afectadas y 111 viviendas destruidas.

2.5 INFORMACION SOCIO-ECONOMICA

En este punto se describe lo concerniente a la infraestructura existente en el área de estudio:

2.5.1 Infraestructura de transporte

En el área de estudio existen carreteras afirmadas y trochas que comunican diferentes pueblos de la provincia de Sánchez Cerro así como los otros pueblos del Departamento de Moquegua.

CUADRO N° 1
DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA DISTANCIA ENTRE LAS PRINCIPALES
LOCALIDADES

PRINCIPALES LOCALIDADES	MOQUEGUA	ILO	CIUDAD NUEVA	MONTALVO	AEROPUERTO	LOS ANGELES	SAMEGUA	EL COMUN	TUMILACA	CUAJONE	YACANGO	TORATA	CRUCE CHILLIGUA	CAMBRUNE	CARUMAS	CUCHUMBAYA	CALACOA	JAHUAY	QUINISTAQUILLAS	OMATE	QUINISTACAS	TAMAÑA	AMATA	PUQUINA	LA CAPILLA	CHACAHUAYO	SANTA ROSA	TALAMOLLE	CHILATA	ICHUNA
MOQUEGUA	-																													
ILO	99	-																												
CIUDAD NUEVA	103	4	-																											
MONTALVO	6	93	97	-																										
AEROPUERTO	2	101	105	8	-																									
LOS ANGELES	5	104	108	11	3	-																								
SAMEGUA	5	104	108	11	6	8	-																							
EL COMUN	11	110	114	17	11	14	6	-																						
TUMILACA	15	114	118	21	15	18	10	4	-																					
CUAJONE	41	140	144	47	41	44	36	30	26	-																				
YACANGO	24	123	127	30	24	27	19	13	9	24	-																			
TORATA	28	127	131	34	28	31	23	17	13	28	4	-																		
CRUCE CHILLIGUA	89	188	192	95	89	92	84	78	74	61	65	61	-																	
CAMBRUNE	126	225	229	132	126	129	121	115	111	98	167	98	37	-																
CARUMAS	130	229	233	136	130	133	125	119	115	102	106	102	41	4	-															
CUCHUMBAYA	142	241	245	148	142	145	137	131	127	114	118	114	53	16	12	-														
CALACOA	148	247	251	154	148	151	143	137	133	120	124	120	59	22	18	6	-													
JAHUAY	89	188	192	95	89	92	84	78	74	61	65	61	104	141	145	157	163	-												
QUINISTAQUILLAS	122	221	225	128	122	125	117	111	107	94	98	94	137	174	178	190	196	33	-											
OMATE	141	240	244	147	141	144	253	130	126	113	117	113	156	194	197	209	215	52	34	-										
QUINISTACAS	146	245	249	152	146	149	141	135	131	118	122	118	161	199	202	214	220	57	39	5	-									
TAMAÑA	145	244	248	151	145	148	140	134	130	117	121	117	160	198	201	213	219	56	37	4	9	-								
AMATA	168	267	271	174	168	171	163	157	153	140	144	140	183	221	224	236	242	79	60	26	31	28	-							
PUQUINA	197	296	300	203	197	200	192	186	182	169	173	169	212	250	253	265	271	108	89	55	60	57	29	-						
LA CAPILLA	220	319	323	226	220	223	115	209	205	192	196	192	235	273	276	288	294	131	112	78	83	80	52	23	-					
CHACAHUAYO	204	303	307	210	204	207	199	193	189	176	180	176	219	257	260	272	278	115	96	62	67	64	36	7	30	-				
SANTA ROSA	211	310	314	217	211	214	206	200	196	183	187	183	226	263	267	279	285	122	103	69	74	81	43	14	37	7	-			
TALAMOLLE	220	319	323	226	220	223	215	209	205	192	196	192	235	273	276	288	294	131	112	78	83	80	52	23	46	16	9	-		
CHILATA	228	327	331	234	228	231	223	217	213	200	204	200	243	281	284	296	302	139	120	86	91	88	60	31	54	24	8	8	-	
ICHUNA	237	336	340	243	237	240	232	226	222	209	213	209	248	285	289	301	307	141	122	88	93	90	63	34	57	27	9	8	-	

FUENTE: MTCVC - MOQUEGUA

2.5.2 Infraestructura agrícola

En el área de estudio la actividad principal es la agricultura y en menor escala la ganadería, la fuente hídrica proviene de las aguas que discurren en los ríos Omate y Puquina, sin embargo una buena cantidad de Has. son regadas con agua que se obtienen de manantiales o puquios, existiendo algunas limitaciones en su uso por la falta de infraestructura adecuada, su riego es por gravedad en un alto porcentaje. Por consiguiente, para incrementar la productividad del valle es necesario la ejecución de obras adicionales y programas alternativos en la siembra, mayor organización y uso de nuevas tecnologías.

2.5.3 Número de productores y superficie de las unidades agropecuarias

El departamento de Moquegua cuenta con 9,605 productores agropecuarios, los cuales conducen igual número de unidades agropecuarias (UA) con una extensión total de 498,196.19 Has. El 94.7 % de estos productores poseen unidades con tierras y el 5.3 % no la poseen, dedicándose exclusivamente a la actividad pecuaria o avícola.

CUADRO N° 2
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	
	N°	%	Has	%
TOTAL	9605	100.0	498196.19	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	9093	94.7	498196.19	100.0
TRABAJADAS	9093	94.7	498196.19	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS	512	5.3	-	-
COSTA	1379	100.0	3281.80	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	1136	82.4	3281.80	100.0
TRABAJADAS	1136	82.4	3281.80	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS	243	17.6	-	-
SIERRA	8226	100.0	494914.40	100.0
UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS	7957	96.7	494914.40	100.0
TRABAJADAS	33240	97.5	1955166.02	99.9
UNIDADES AGROPECUARIAS SIN TIERRAS	269	3.3	-	-

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGR PECUARIO, 1994.

Todas las unidades agropecuarias con tierras, que cuentan con 9,093 productores mantienen sus unidades en operación no existiendo en el departamento tierras en situación de abandono.

* Según Región Natural

La distribución por regiones naturales señala que en la Costa trabajan 1,379 productores (14.4 %), en una extensión de 3,281.80 Has.(0.7 % del total) y en la Sierra 8,226 agricultores (85.6 %) en una superficie de 494,914.40 Has. (99.3 % del total).

De los 512 productores que no tienen tierras, 243 se hallan en la Costa y 269 en la Sierra.

Estos resultados significan que en la Costa 1,136 productores, 82.4 % del total se dedican de pleno a la actividad agropecuaria; en la Sierra, lo hacen 7,957 productores (96.7 % del total regional).

* Según Provincia

La provincia de General Sánchez Cerro concentra la mayor cantidad de productores y superficie agropecuaria: 5,138 productores (56.5 %) conduciendo igual número de unidades agropecuarias con una superficie total de 325,521.78 Has. (65.3 %). Le sigue Mariscal Nieto, donde hay 3,741 productores (41.1 %) efectuando sus labores en unidades agropecuarias con una extensión total de 172,054.62 Has. (34.6 %). Finalmente, se encuentra Ilo, con 214 productores (2.4 %) que conducen unidades agropecuarias con una superficie total de 619.80 Has. (0.1 %).

En términos generales, en los estratos de minifundio y pequeña agricultura se hallan 94.3% de los productores y 3.2 % de la superficie total de todas las UA de Moquegua. En cambio, los estratos de mediana y gran agricultura aglutinan en conjunto al 5.7 % de los productores con un dominio del 96.8 % de la superficie agropecuaria total del departamento.

CUADRO N° 3
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.) 2/	PRODUCTORES 1/		SUPERFICIE	
	Nº	%	Has	%
TOTAL	9093	100.0	498196.20	100.0
MENOS DE 3.0	6803	74.8	7860.50	1.6
DE 3.0 A 9.9	1772	19.5	8187.33	1.6
DE 10.0 A 49.9	273	3.0	6135.33	1.2
DE 50.0 Y MÁS	245	2.7	476013.04	95.6
GENERAL SÁNCHEZ CERRO	5138	100.0	325521.78	100.0
MENOS DE 3.0	3814	74.2	4359.41	1.3
DE 3.0 A 9.9	989	19.3	4558.44	1.4
DE 10.0 A 49.9	172	3.3	4313.90	1.3
DE 50.0 Y MÁS	163	3.2	312290.03	96.0

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

2/ 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 9.9 Has.), Mediana Agricultura (unidades entre 10.0 a 49.9 Has.) y Gran Agricultura (unidades de 50.0 y m s Has.).
FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.5.4 Condición jurídica del productor

La actividad agropecuaria en el Departamento de Moquegua es realizada en su gran mayoría por personas naturales (97.5 %), siendo mínima (1.0 %), 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 99.0 % de las unidades agropecuarias, pero sólo controla el 13.0 % de la superficie del total de las UA del departamento. En cambio, aún las personas jurídicas son pocos (1.0 % del total de productores), manejan el 87.0 % de las tierras restantes.

* Según Provincia

De otro lado, la distribución provincial de los productores, según la condición jurídica, tiene algunas variantes. Si bien las personas naturales son predominantes en las tres provincias, la superficie total de las UA que manejan es también relativamente alta en Ilo (82.2 %), no así en Mariscal Nieto (15.0 %) y General Sánchez Cerro (10.9 %); provincias donde la mayor parte de las tierras están en poder de las Comunidades Campesinas (84.1 % y 88.7 %).

CUADRO N° 4
CONDICION JURIDICA DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS, SEGUN PROVINCIA

PROVINCIA Y CONDICION JURIDICA	PRODUCTORES 1/		SUPERFICIE	
	N°	%	Has	%
TOTAL	9093	100.00	498196.19	100.0
PERSONA NATURAL	8858	97.5	61541.97	12.4
SOCIEDAD DE HECHO	140	1.5	3080.24	0.6
SOCIEDAD RESP. LTDA	2	-	45.00	-
COMUNIDAD CAMPESINA	68	0.7	433451.73	87.0
OTRA	25	0.3	77.25	-
GENERAL SÁNCHEZ CERRO	5138	100.0	325521.78	100.0
PERSONA NATURAL	4990	97.1	35391.13	10.9
SOCIEDAD DE HECHO	80	1.6	1439.84	0.4
COMUNIDAD CAMPESINA	51	1.0	288682.38	88.7
OTRA	17	0.3	8.43	-

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

FUENTE: INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

2.5.5 Lugar de residencia

En el Departamento de Moquegua, el 68.8% de los productores individuales no viven en sus unidades agropecuarias, desconociéndose si sus viviendas están próximas o distantes de las UA; en cambio, 30.9 % declaran residir dentro de sus unidades productivas, mientras que en las provincias de General Sánchez Cerro e Ilo, es aún más alto el número de productores que viven fuera de sus unidades agropecuarias, el 73.7 % y 72.6 %, respectivamente; a diferencia de lo que ocurre en Mariscal Nieto, donde el porcentaje de los que no viven en sus unidades baja a 62.0 % y de los que residen dentro de ellas, crece a 37.9 %.

CUADRO N° 5
LUGAR DE RESIDENCIA DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA

PROVINCIA Y LUGAR DE RESIDENCIA	PRODUCTORES 1/	
	N°	%
TOTAL	8998	100.0
VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	2779	30.9
NO VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	6195	68.8
NO ESPECIFICADO	24	0.3
GENERAL SÁNCHEZ CERRO	5070	100.0
VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	1315	25.9
NO VIVE EN LA UNIDAD AGROPECUARIA	3737	73.7
NO ESPECIFICADO	18	0.4

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

2.5.6 Condición de alfabetismo

El 89,0 % de los 5,070 productores agropecuarios individuales que conducen el 86.0 % del total de tierras agropecuarias, saben leer y escribir. El 10.0 % restante que conduce el 13.6 % 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° 6
CONDICION DE ALFABETISMO DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA

PROVINCIA Y CONDICION DE ALFABETISMO	PRODUCTORES 1/		SUPERFICIE	
	N°	%	Has.	%
TOTAL	8998	100.0	64622.22	100.0
SABE LEER Y ESCRIBIR	7826	87.1	49494.57	76.6
NO SABE LEER Y ESCRIBIR	1097	12.1	14441.14	22.3
NO ESPECIFICADO	75	0.8	686.51	1.1
GENERAL SANCHEZ CERRO	5070	100.0	36830.97	100.0
SABE LEER Y ESCRIBIR	4515	89.0	31676.95	86.0
NO SABE LEER Y ESCRIBIR	505	10.0	4995.18	13.6
NO ESPECIFICADO	50	1.0	158.84	0.4

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

2.5.7 Nivel educativo

El 66.0 % de los productores agropecuarios en General Sánchez Cerro, tienen nivel de educación primaria y el 19.6 % estudiaron secundaria, siendo muy bajos los porcentajes correspondientes a los que cursaron superior no universitaria (1.9%) y superior universitaria (2.8 %). De otro lado, es apreciable el porcentaje (8.8 %) de los que no tienen nivel alguno de educación formal.

CUADRO N° 7
NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO POR LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES

PROVINCIA Y NIVEL DE EDUCACIÓN ALCANZADO	PRODUCTORES 1/	
	N°	%
TOTAL	8998	100.0
NINGUN NIVEL	1041	11.6
PRIMARIA	5523	61.4
SECUNDARIA	1877	20.9
SUPERIOR NO UNIVERSITARIA	218	2.4
SUPERIOR UNIVERSITARIA	264	2.9
NO ESPECIFICADO	75	0.8
GENERAL SANCHEZ CERRO	5070	100.0
NINGUN NIVEL	447	8.8
PRIMARIA	3342	66.0
SECUNDARIA	994	19.6
SUPERIOR NO UNIVERSITARIA	97	1.9
SUPERIOR UNIVERSITARIA	143	2.8
NO ESPECIFICADO	47	0.9

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

2.5.8 Profesión u oficio

Los productores agropecuarios en General Sánchez Cerro, tienen diferentes profesiones u oficios. El 90.5 % tienen oficios manuales, principalmente, son agricultores y ganaderos. Del resto cabe mencionar, a los que tienen formación profesional (1.8 %) y los técnicos de mando medio (1.9 %).

CUADRO N° 8
PROFESION U OFICIO DE LOS PRODUCTORES
AGROPECUARIOS INDIVIDUALES, SEGUN PROVINCIA

PROVINCIA Y PROFESION U OFICIO	PRODUCTORES 1/	
	N°	%
TOTAL	8998	100.0
PROFESIONALES	170	1.9
TÉCNICOS	215	2.4

OFICIOS	8100	90.0
COMERCIANTES	85	0.9
SIN PROFESION U OFICIOS	259	2.9
NO ESPECIFICADO	169	1.9
GENERAL SÁNCHEZ CERRO	5070	100.0
PROFESIONALES	89	1.8
TÉCNICOS	98	1.9
OFICIOS	4590	90.5
COMERCIANTES	18	0.4
SIN PROFESION U OFICIOS	187	3.7
NO ESPECIFICADO	88	1.7

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

CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1 FISIOGRAFIA

La zona de estudio presenta unidades geomorfológicas bien definidas, causantes de una topografía muy variada (Figs. 2 y 3), reconociéndose sectores de suaves pendientes y superficies onduladas que contrastan con otros agrestes, caracterizados por ofrecer cerros escarpados de perfiles angulosos, cortados por quebradas profundas de sección transversal en V. Los sectores altos ofrecen planicies de superficies más o menos horizontales, las que son interrumpidas por conos volcánicos o cadenas de cerros, constituidos por rocas volcánicas que forman parte del Arco del barroso descrito por Mendivil (1963).

Teniendo en consideración estos contrastes morfológicos, se consideran tres unidades geomorfológicas fundamentales: Estribaciones de los Andes Occidentales, Arco del barroso y el Altiplano.

*** Estribaciones de los Andes Occidentales**

Esta unidad fisiográfica que cubre casi el 80% de los cuadrángulos de Omate y Puquina ha sido labrada en rocas cuyas edades van desde el Jurásico hasta el Plio-Pleistoceno, siendo en esta última edad en que las rocas preexistentes sufrieron un fuerte proceso erosivo disectando toda la superficie previamente formada y cuyos efectos dieron como resultado la topografía actual.

Esta unidad geomorfológica está comprendida entre los 1,800 y 3,100 m.s.n.m; caracterizándose por ofrecer una superficie accidentada, con pendiente promedio ligeramente inclinada hacia el Suroeste. En términos generales se asemeja a una ladera disectada por numerosas quebradas mayormente profundas, con cauces angostos, flancos de corto recorrido y fuertes gradientes, entre las que merece citarse por su mayor recorrido las quebradas Yalaque, Capilla, Quequesana, Coalaque, Omate, Carumas, Calacoa y Yolgache.

Sin embargo, dentro de esta unidad morfológica es interesante señalar la presencia de algunas pampas de reducidas dimensiones labradas sobre rocas terciarias, que bien pudieran representar relictos de una antigua superficie de erosión correlacionable con la superficie Caldera, descrita por Jenks (1948). Las más extensas están representadas por la pampa Uchusña y pampa Tumbabaya, ubicadas en el sector septentrional del cuadrángulo de Puquina y las pampas Sechune, el Crucero y Coloncolón hacia el lado Sur y Sur-Occidental del referido cuadrángulo. En la hoja de Omate, se ha reconocido las pampas Terrones,

Negra y Chinchore ubicadas en la esquina Suroccidental de dicho cuadrángulo. Estas sub-unidades morfológicas se caracterizan por presentar una superficie ligeramente ondulada, la cual ha sido labrada sobre rocas de las formaciones Toquepala y Jahuay en cuya superficie destacan cerros alargados a manera de colinas redondeadas con perfiles suaves.

Dentro de esta unidad se diferencia el valle del Tambo que se le reconoce como una faja alargada de aproximadamente 5 Km de ancho con contornos sinuosos desde la parte septentrional y central del cuadrángulo de Omate hasta la esquina Suroccidental de la hoja de Puquina. En su recorrido, muestra visibles cambios de dirección, el piso del valle alcanza anchos promedios de 300m. A excepción de la pampa de San Lorenzo y pampa del Puente, donde se observa un ensanchamiento en la proximidad de su confluencia con el río Omate y la quebrada El Volcán, respectivamente. En todo su desarrollo la sección transversal del valle es uniforme, pues las laderas que limitan el fondo, forman escarpas abruptos que se aproximan a la vertical y alcanzan en promedio 1,000m sobre el nivel del

río, formando en algunos casos cañones como El Chorro y en el sector comprendido entre Chichilaque y Aguada Blanca en la hoja de Omate.

Una subunidad geomórfica se reconoce en la esquina sureste del cuadrángulo de Omate. Esta se presenta a manera de planicie, suavemente inclinada hacia el suroeste, labrada sobre rocas tufáceas blandas asociadas con niveles de tufos compactos y macizos de edad Miopliocénica, en la cual la acción erosiva a dado origen a numerosas quebradas poco profundas, de tramos casi rectilíneos que guardan cierto paralelismo entre sí y que dan a la superficie del terreno un aspecto rugoso.

Esta sub-unidad geomórfica se ubica actualmente entre los: 3,000 y 3,800 m. s. n. m., pero el hecho de haberse reconocido remanentes aislados en otros lugares del área, como en la zona Mitani, a 4,400m.s.n.m, hace suponer que ella ha sido afectada por algún levantamiento andino, que ha llevado esta superficie a mayores altitudes que la original. Igualmente es posible corregir que su extensión fue mucho más amplia, habiéndose conservado en la actualidad sólo remanentes con solución de continuidad.

*** Arco del Barroso**

Este rasgo geomórfico, de considerable extensión descrito por primera vez por Mendivil (1965) en las hojas de Maure y Antajave, se le puede reconocer desde la esquina Suroriental del cuadrángulo de Omate hasta la parte norte del cuadrángulo de Puquina. Cabe mencionar que sólo una parte de esta gran unidad penetra en el área, y está constituida por una sucesión de conos volcánicos unidos en algunos casos por colinas de flancos suaves.

Esta unidad expuesta entre los 3,800 y 5,000 m.s.n.m. se caracteriza por constituir una cadena montañosa de naturaleza volcánica, formada por numerosos aparatos lávicos en avanzado estado de erosión, relacionados sin solución de continuidad por derrames sub-horizontales de la misma naturaleza. Destacan dentro del conjunto las cumbres de los cerros: Ticsani (5,408m.s.n.m.), Chinilaca (5,000m.s.n.m.), Surihuaco (5,100m.s.n.m.), Humajalso (5,100m.s.n.m.), Huertasera (4,800m.s.n.m.), Subagay (5,050m.s.n.m.), Vilacacane (5,000m.s.n.m.), Ichojollo (5,097m.s.n.m.), Copapujo (5,400m.s.n.m.) y Huaccanaque (5,000m.s.n.m.), algunos de ellos cubiertos por nieve perpetua.

La intensa erosión glacial del Pleistoceno ha producido la destrucción de los conos y rocas volcánicas (derrames y piroclásticos).

La cadena montañosa en mención, se presenta disectada transversalmente por numerosos valles amplios y de poco recorrido, tales como las quebradas: Chingane, Tiquilane, Huarahuarani, Kestia, Janasalla, etc.

*** Altiplano**

Esta unidad geomórfica se reconoce a partir del borde oriental del cuadrángulo de Omate y se le puede seguir hasta el límite con Bolivia. Se caracteriza por su topografía llana, entre cadenas de cerros o circundando a conos volcánicos. Se presenta a manera de pequeñas planicies mayormente integrada por materiales fluvio-glaciares y a las que localmente se les denomina "Pampas".

Las altitudes de estas “Pampas” fluctúan entre 4,400 a 4,800 m.s.n.m.; entre estas merecen citarse las de Huamajalso, Canana y Catapampa, por ser las de mayor amplitud.

En cuanto al origen de estas planicies parecen pertenecer a antiguas cuencas cerradas que han sido parcial o totalmente rellenas por material piroclástico o fluvio-glaciar o ambos a la vez; encontrándose actualmente afectadas por procesos erosivos fluviales. En las depresiones de dichas pampas, generalmente, se han desarrollado regiones pantanosas conocidas con el nombre de ciénagas que localmente se les denomina “bofedales”.

Sobre la unidad fisiográfica del Altiplano destacan unas cadenas de cerros, a manera de colinas bajas, a las cuales se les denomina “Lomadas”.

Estas lomadas se caracterizan por ofrecer perfiles suaves y alturas más o menos uniformes, siendo las lomas occidentales las que ofrecen mayores altitudes. Litológicamente se han formado sobre rocas sedimentarias y volcánicas cubiertas por materiales detríticos.

Las planicies del altiplano se caracterizan por conformar pampas sub-horizontales con ligera pendiente hacia el Sureste, se ubican sobre los 3,825 m.s.n.m. La mayor parte de estas planicies se han formado sobre sedimentos aluviales o lacustres del Cuaternario, que rellenaron cuencas relativamente amplias, no pudiéndose observar las superficies antiguas cubiertas por este material debido a que la erosión fluvial es muy débil.

En casi todas estas pampas se encuentran pequeños caseríos o cabañas de pastores que se dedican a la crianza de alpacas.

3.2 ESTRATIGRAFIA

En esta zona se ha logrado distinguir rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas cuyas edades van desde el Pre-Cambriano hasta el Cuaternario reciente.

*** Complejo Basal de la Costa**

Con este nombre se estudian a las rocas más antiguas que afloran a lo largo del litoral, desde Ilo por el sur hasta la Bahía de Paracas por el norte, conformando la unidad geomórfica conocida con el nombre de Cordillera de la Costa.

Estas rocas, como se puede apreciarse en el mapa geológico (Fig. 4), donde se exponen en la esquina Noroccidental del cuadrángulo de Puquina consistente en reducidas masas metamórficas similares a los remanentes que se exponen entre los intrusivos del Batolito La Caldera.

Litológicamente, los afloramientos están constituidos por un gneis granítico con bandeamiento característico debido a la alternancia de bandas delgadas (2 a 5 mm.) de colores claros y oscuros. Se distingue feldespatos potásicos y cuarzo hialino en las bandas

claras y mica (biotita) y horblenda en las bandas oscuras. En promedio, el gneis en fractura fresca es de color claro, generalmente gris rosáceo.

*** Formación Yura**

En un gran sector del cuadrángulo de Puquina y en diversos lugares del cuadrángulo de Omate, se distinguen afloramientos de una gruesa secuencia de rocas mayormente clásticas de ambiente marino que guardan similitud litoestratigráfica e idéntico contenido de fauna con los depósitos de la formación Yura descritos por Jenks en los alrededores de Arequipa, lo cual indica que se trata de la misma unidad estudiada por dicho autor (1948).

Posteriormente, WILSON y GARCIA (1962) reconocen la misma formación en el área de Pachía-Palca elevándola a la categoría de Grupo, incluyendo en él las formaciones Ataspaca y Chachacumane. V. BENAVIDES (1962) considera 5 miembros: Puente, Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani.

Lamentablemente, las unidades descritas en el área de Arequipa, raras veces se exponen en forma completa en los cuadrángulos objeto del presente trabajo, razón por la cual considera a este grupo como indiviso en los lugares donde las complicaciones litológicas, estratigráficas y estructurales dificultan su diferenciación.

La litología es variada, consistiendo predominantemente en areniscas pardas de grano fino a medio, con intercalaciones de bancos de derrames volcánicos en los niveles basales, lutitas grises oscuras a pardo brunáceas con algunos bancos de areniscas cuarzosas de colores claros en los niveles medios a superiores, y capas de calizas intercaladas con cuarcitas en el tope. Toda la secuencia se presenta instruida por las rocas que conforman el Batolito La Caldera.

*** Miembro Cachíos**

La litología consiste mayormente en lutitas negras, grises, verdes, marrones, pardo amarillentas, etc., cubiertas en algunas partes por costras blancas, siendo frecuentemente distinguir eflorescencias de azufre que las mancha con un color amarillento.

Las lutitas se presentan en capas delgadas, friables, apreciándose algunas estructuras arriñonadas y fácilmente deleznable; con frecuentes nódulos de núcleo mayormente

arenosos de grano fino. Estas capas se intercalan con algunos lechos de areniscas de colores claros y de grano fino.

En esta unidad se han encontrado algunas estructuras de tipo de deslizamiento sub-acuático (slumping), con clasificación granulométrica vertical en los bancos de areniscas. El grosor total es aproximadamente de 400m, en las vecindades de la Mina Chapi con adelgazamiento hacia el Este.

En las lutitas de la quebrada Seche se ha notado lutitas carbonosas y delgados lechos de carbón de escaso valor económico. Iguales ocurrencias se observan en la quebrada La Huata.

El miembro Cachíos descansa concordantemente sobre las areniscas y lutitas del miembro Puente, sin descartar la posibilidad de que medie entre ellas una discordancia paralela. Su contacto inferior queda establecido en los lugares donde son escasas las capas de areniscas que se intercalan en la secuencia lutácea; en otros sectores se basa en la diferencia morfológica entre ambos miembros.

El contacto superior ofrece un cuadro similar, debido a que el miembro Labra que los suprayace posee características litológicas semejantes a las del miembro Puente.

Las características litológicas y contenido fosilífero sugieren un ambiente marino de aguas tranquilas en una cuenca cerrada, a veces perturbada por fenómenos de deslizamientos submarinos y corrientes de turbidez.

*** Miembro Labra**

Consiste en areniscas cuarzosas, cuarcitas y lutitas en los niveles inferiores; areniscas, areniscas calcáreas y lutitas con algunos lentes calcáreos en los niveles medios y finalmente cuarcitas y lutitas en los niveles superiores.

Las areniscas son de grano fino a medio, tienen color blanco grisáceo en fractura fresca, gradando a rojo o ligeramente amarillento en superficies intemperizadas. Las areniscas calcáreas son de grano medio en matriz fina rica en carbonato de calcio, de color pardo amarillento.

Las cuarcitas son de color blanco a blanco grisáceo, con matrices rosadas en fracturas frescas. Dichas coloraciones se tornan rojizas por intemperismo.

Las lutitas son de color gris oscuro a negras, localmente varían a verde amarillento.

Toda la secuencia se presenta finamente estratificada en capas de 15 a 20 cm., destacando bancos de cuarcitas que alcanzan hasta 1.50 m. de grosor. La potencia total del miembro Labra es aproximadamente de 800 a 850 m.

Los afloramientos se exponen conformando colinas, con algunos escarpes que se hacen prominentes debido al carácter litológico de la formación, diferenciándose enormemente de la topografía que muestran las lutitas del miembro Cachíos.

Estratigráficamente, esta unidad suprayace aparentemente en concordancia al miembro Cachíos e infrayace a las calizas Gramadal.

El tipo de contacto inferior nos induce a pensar que durante la sedimentación de las lutitas Cachíos se produjo un levantamiento en el antepaís, o un cambio climático que aceleró la acción erosiva, facilitando de este modo el aporte de material detrítico más grueso dando lugar a una sedimentación predominantemente clásticas.

*** Formación Omate**

Se denomina formación Omate a una secuencia de rocas sedimentarias marinas que se exponen a noroeste del poblado de Omate. La mejor exposición de estas rocas se encuentra en el Cerro Chiguas Chico, donde se ha medido una sección estratigráfica.

Los afloramientos de la formación de Omate constituyen una faja de cerca de 37 Km de largo, con ancho variable entre 3 y 6 Km que disminuye notablemente en el valle Tambo, a la altura del paraje denominado Yaral, donde llega a tener menos de 1 Km dicha faja se extiende ininterrumpidamente desde la quebrada Chacune por el Sureste hasta el cerro Chichilín por el Noreste.

Litológicamente, estas rocas están constituidas por una serie estratificada de lutitas con intercalaciones de areniscas cuarzosas a cuarcitas, calizas y dos bancos de derrames andesíticos con un espesor total de 970 m.

El nivel inferior de la sección consiste en lutitas negras visibles, que gradan a lutitas arenosas en capas delgadas de 30 a 40 cm. Con proporciones menores de cuarcitas de color gris rosado en lechos de 20 a 30 cm. El nivel medio está constituido por bancos de calizas fosilíferas, y el superior por bancos de cuarcitas rosadas a blanco amarillento.

La parte basal de la secuencia puede corresponder a los niveles superiores de la formación Murco descrita por JENKS (1948), y los niveles medios (Calcáneos) o superiores corresponden a los horizontes inferiores de la formación Arcurquina descrita por el mismo autor.

Esta unidad estratigráfica presenta relaciones de campo bien definidas, así en el sector noreste suprayace discordantemente a los clásticos de la formación Yura al igual que en el área de Quinistaquillas y en los tramos superiores de la quebrada Carumas. Infrayace en discordancia paralela a los volcánicos Matalaque a lo largo del cerro Las Lajas, cerro Grande y en discordancia angular a los volcánicos Toquepala en la confluencia de los ríos Omate y Tambo.

En esta formación se ha desarrollado estructuras anticlinales y sinclinales más o menos apretadas de tipo concéntrico, mostrando los niveles superiores fuerte fracturamiento.

*** Volcánico Matalaque**

Se ha denominado volcánico Matalaque a una secuencia de rocas volcánicas constituídas por derrames andesíticos, dacíticos y traquíticos, con algunas intercalaciones de brechas de flujo y escasos sedimentos arenosos abigarrados, que afloran en el cuadrángulo de Omate. Afloramientos conspicuos de esta unidad se exponen en el tramo medio y superior del río Tambo, en el flanco derecho del valle Carumas y en la quebrada Pachas.

Esta unidad en el valle Carumas suprayace concordantemente a los clastos del grupo Yura e infrayace en discordancia a la formación Omoye. En el afloramiento del río Tambo, la relación inferior es idéntica y encontrándose cortado en casi toda su exposición por un intrusivo de naturaleza granodiorítica. Infrayace discordantemente al volcánico Toquepala y a las areniscas y arcillas de la formación Jahuay. En la quebrada Pachas suprayace en

débil discordancia a la formación Socosani, e infrayace en discordancia angular a las capas rojas de Jahuay.

La secuencia litológica en la quebrada Pachas es la siguiente: la base está constituida por derrames andesíticos densos de color gris verdoso con pasta afanítica, en la que destacan cristales de hornblenda alineados paralelamente al contacto; hacia arriba continúan lavas pardo-rojizas de naturaleza dacítica, que pasan a un aglomerado de color rojizo a chocolate con venas de calcita, y aglomerados gruesos con clastos de naturaleza volcánica que alcanzan hasta 16 cm. de diámetro con predominio de clastos de 3 a 4 cm., distribuidos en matriz areno tufácea. En los tramos superiores de la quebrada, el conglomerado tiene elementos más gruesos que llegan hasta 80 cm. o más. El conglomerado es de carácter lenticular y grada a un paquete de areniscas de coloración verdosa con intercalaciones de derrames andesíticos de igual coloración. Estos derrames se caracterizan por presentar un alto porcentaje de epídota, en tanto que las areniscas se hallan poco consolidadas y tienen grano grueso a medio que se hace más fino hacia los niveles superiores.

La secuencia observada en el río Tambo a la altura de Palta Rume es la siguiente:

En la base, areniscas verdes de grano fino a mediano, estratificadas en capas delgadas, luego derrames dacíticos verde grisáceo a verde violáceo, intercalados con lutitas verdes y calizas marmolizadas. La parte media-superior, consiste en brechas y derrames andesíticos de color gris verdoso, los clastos de las brechas son de naturaleza andesítica con abundante epídota en una matriz volcánica violácea que intemperiza con tonos pardos. Finalmente, en el tope se expone un conglomerado grueso.

Los derrames andesíticos tienen una pasta afanítica con escasos fenos de hornblenda y naturaleza masiva muy resistente a la erosión, presentándose en bancos de 3 a 4 m. de grosor. Toda la unidad está cortada por diques aplíticos.

*** Volcánico Tacaza**

Nombre sugerido por W. JENKS y empleado por N.D. NEWELL (1945).

Las rocas que conforman esta unidad tienen una amplia distribución en el Sur del Perú. Estratigráficamente reposan encima del grupo Puno y debajo de la formación Maure, en ambos casos con discordancias angulares.

Litológicamente se pueden establecer tres miembros bien definidos. El miembro inferior, consiste mayormente de sedimentos clásticos continentales. El miembro medio (Tufo Carumas) está representado, por tufos de naturaleza riolítica. El miembro superior incluye coladas andesíticas y tufos brechoides, en proporciones que varían en los diferentes afloramientos. Las intercalaciones de escasos sedimentos entre los derrames no sindician que existieron periodos de quietud en la actividad volcánica, en los cuales se efectuaba una rápida denudación de las áreas elevadas y la consiguiente acumulación de clásticos gruesos en pequeñas artesas.

Esta unidad volcánico-clástica continental ofrece una fuerte variación lateral, además es posible apreciar discordancias locales entre los miembros que lo constituyen, aunque con más frecuencia ofrecen transiciones laterales.

*** Miembro Inferior**

Como hemos mencionado, el miembro inferior del grupo Tacaza consiste de areniscas y conglomerados en una matriz areno tufácea.

Las areniscas son de grano grueso con escasa gradación y selección, tienen color gris, pardo amarillento y verdoso. Se presenta en capas de pocos centímetros, con grosores máximos de 60-80 cm.; son muy deleznable debido al escaso material cementante.

Los conglomerados contienen clastos mayormente volcánicos, de tamaño muy variable predominando los de 8-10 cm. de diámetro, ligeramente redondeados.

En el área de Puquina, este miembro consiste en conglomerados con intercalaciones de brechas, tufos riolíticos y derrames andesíticos y traquíticos. Estas rocas se exponen en los sectores superiores del corte de la carretera Puquina-Omate. Los conglomerados y brechas se presentan en bancos gruesos con sus elementos englobados en escasa matriz fina. Los derrames volcánicos son mayormente de naturaleza traquítica, tienen estructura bandeada con colores grises a rojizos debido a concentraciones y alteraciones de minerales ferromagnesianos, los tufos son de composición riolítica con colores pardo a crema.

Las rocas de este miembro rellenan una antigua superficie de erosión, pues se les encuentra en el fondo de algunas quebradas adosadas a los flancos, cubriendo los tramos superiores de las altas cumbres. El grosor máximo de este miembro sobrepasa los 120 m.

*** Miembro Medio**

Las rocas que constituyen este miembro localmente descritos bajo la denominación de Tufos Carumas, consisten en tufos mayormente ácidos de composición riolítica y dacítica con diferencias en el color, textura y mineralogía. Algunos contienen abundantes feldespatos y biotita, otros presentan cuarzo en su masa.

Los tufos son blandos, livianos y fácilmente atacables por los agentes meteóricos.

Una magnífica exposición de esta unidad se ha distinguido en el camino hacia el distrito de Carumas, donde el corte practicado por la carretera deja observar claramente la variación y relaciones estratigráficas de toda la secuencia.

Estratigráficamente, esta unidad suprayace con débil discordancia a los clásticos del miembro inferior e infrayace a derrames andesíticos y basálticos del miembro superior. Se presentan en bancos más o menos horizontales conformando pequeñas planicies cortadas por quebradas de tramos rectilíneos. Las rocas ofrecen un sistema de fracturamiento perpendicular a los planos de estratificación sin que las fracturas de niveles superiores corten a los niveles inferiores.

*** Miembro Superior**

Cubriendo áreas reducidas en el borde septentrional de los cuadrángulos de Omate y Huaitire, e igualmente en diferentes lugares de los cuadrángulos de Mazo Cruz y Pizacoma, se reconocen afloramientos de rocas volcánicas que traslapan a todas las unidades del Mesozoico y del Terciario inferior a medio.

Litológicamente, estas rocas consisten en derrames y piroclásticos, con brechas de flujo y aglomerados. La composición de estas rocas varía de andesítica a basáltica. Se exponen en bancos gruesos de 20 – 30 m. débilmente plegados. Suprayacen en discordancia paralela a los tufos del miembro medio y aún a los clásticos inferiores, e infrayacen a las tobas de la formación Maure y formaciones más recientes. El grosor total debe sobrepasar los 1,000m.

Esta unidad está constituida por volcánicos de naturaleza piroclástica de composición mayormente riolítica, con variaciones a tobas andesíticas y dacíticas; siendo frecuentes los tufos líticos brechoides poco compactados, livianos y porosos con grandes granos de cuarzo, feldespatos y hojitas de mica. La coloración es variable entre blanco crema y rosado, tomando por alteración un color parduzco.

El intemperismo los ataca reduciéndolos a bloques irregulares, de diferentes tamaños y mostrando una erosión característica. Sin embargo, en los cortes de algunas quebradas del altiplano estas rocas ofrecen disyunción columnar.

Los estudios micropetrográficos de estas rocas ponen de manifiesto la presencia de fragmentos de cuarzo hasta 2 mm. de sección con bordes corroídos, cristales subhedrales de feldespato, variedad oligoclasa, biotita en forma de pequeñas placas flexionadas y oxidadas; los minerales accesorios consisten de calcita, sericita, limonita, apatita, circón y opacos en una matriz vítrea.

Topográficamente, constituye formas más o menos planas o ligeramente inclinadas. Cuando sobre las planicies se ha labrado quebradas, éstas presentan flancos escarpados.

Estructuralmente, la secuencia se presenta afectada por fallas de pequeños desplazamientos o intensamente fracturados y con débil buzamiento siguiendo generalmente la superficie sobre la cual se ha depositado.

*** Grupo Barroso**

Se conoce con este nombre a un complejo de rocas volcánicas, que fueron descritas por WILSON y GARCIA (1962). El nombre proviene de la cordillera del Barroso ubicada en el cuadrángulo de Palca (Departamento de Tacna). Posteriormente MENDIVIL (1965) diferencia tres unidades dentro de este complejo de rocas extrusivas, las mismas que de abajo hacia arriba son descritas con los nombres siguientes: volcánico Chila, volcánico Barroso y volcánico Purupurine. En atención a esta diferenciación de rocas elevó la unidad a una categoría superior y la describe con el nombre de grupo Barroso.

En el área que nos ocupa, sólo se ha podido diferenciar los niveles inferior y medio, habiéndose distinguido en consecuencia el volcánico Chila y el volcánico Barroso, por lo que suponemos que estas unidades tienen una amplia distribución en el sector sur del país.

Los materiales originados por estas fases efusivas constituyen la unidad geomórfica descrita con el nombre de Arco del Barroso, la misma que representa la expresión positiva de la fosa marina de América (MENDIVIL, 1965). Los productos corresponden a las últimas pulsaciones de la actividad magmática del tipo lávico, fisural y central.

Las relaciones estratigráficas están bien marcadas por discordancias con las unidades tanto infrayacentes como suprayacentes. Suprayacen a los clásticos de la formación Capillune del Terciario tardío e infrayacen al Cuaternario reciente; además, esta unidad se encuentra afectada por las glaciaciones del Pleistoceno, que han destruido parte de las formas cónicas y cumbres de las cadenas de cerros con la consecuente formación de morrenas y otros depósitos glaciáricos.

*** Volcánico Chila**

Con esta denominación describió MEDIVIL (1965) a la Unidad inferior del grupo Barroso en atención a una sección bien expuesta en el cerro Chila (hoja Maure en el departamento de Puno). En la localidad típica dicha unidad está constituida por una alternancia de andesitas, traquiandesitas y conglomerados. Los flujos son de color gris oscuro, afaníticos y faneríticos de estructura masiva. Los elementos de los conglomerados se encuentran dentro de una matriz tufácea de coloración ligeramente rojiza. Rocas similares, tanto textural como mineralógicamente y de igual posición estratigráfica, se han detectado en diferentes lugares del Norte del cuadrángulo de Puquina, razón por la cual se les describe con el mismo nombre. Estas vulcanitas se exponen en bancos de 8 a 10 m. y toda la unidad, dentro de límites del área en estudio, no sobrepasa los 400 mts.

Estratigráficamente, esta sub-unidad se encuentra, como se ha mencionado, sobre la formación Capillune e infrayace en ligera discordancia a las rocas del volcánico Barroso.

Estructuralmente, estas masas extrusivas se presentan intensamente fracturadas y afectadas por fallas del tipo tensional, las mismas que ponen de manifiesto un pequeño desplazamiento vertical.

*** Volcánico Barroso**

El nombre como ya se ha indicado proviene de la cordillera del Barroso en la sierra Sur del Perú (Departamento de Tacna) y corresponde a una secuencia de rocas volcánicas constituidas por una intercalación de bancos de tufos y lavas de composición traquítica con cantidades menores de andesitas.

Estas rocas tienen una amplia propagación en la región Sur, habiéndosele reconocido inclusive en las regiones centrales del país.

La sub unidad presenta variaciones litológicas aún en áreas próximas, cambiando de una fase traquítica a una traquiandesítica y mayormente andesítica en el área que nos ocupa. También, intercalan algunos bancos de brechas lenticulares.

Es manifiesto el gran fracturamiento que presentan estas rocas al igual que la sub-unidad anteriormente descrita, a través de dichas fracturas, en algunas localidades, se producen emanaciones de gases sulfurosos, con la consecuente formación de depósitos de azufre, y todas ellas permiten una circulación fácil de las aguas meteóricas originando acuíferos muy

importantes en las rocas subyacentes, constituidas por materiales clásticos con capas impermeables.

3.3 DEPOSITOS CUATERNARIOS

*** Flujos de Barro**

En diferentes lugares del área se han reconocido depósitos clásticos conformados mayormente por una mezcla de materiales que alcanzan esporádicamente decenas de metros de grosor. El material que los conforma consiste principalmente de fragmentos de tufos blandos de color blanco amarillento a gris plomizo, guijarros de rocas andesíticas de diferentes tamaños y en menores proporciones rocas de otra naturaleza.

En algunos sectores, este material se presenta en una matriz areno-tufácea medianamente consolidada, pero sin ofrecer ninguna manifestación de estratificación ni clasificación de sus elementos. Uno de los depósitos más extensos se ha encontrado en la hacienda Buena Vista (Distrito de San Cristóbal) donde constituyen una superficie conocida con el nombre de pampa Sulispalla (hoja de Omate).

Potentes acumulaciones de estas rocas han sido reconocidas en los tramos superiores del pueblo de Puquina, en los cortes de la carretera Arequipa-Omate. Estas acumulaciones están constituidas por tufos, brechas tufáceas y conglomerados de una mezcla desordenada de elementos sub-angulosos mayormente andesíticos, ligeramente consolidados con una matriz tufácea de coloración mayormente blanquecina, conformando depósitos de peidemonte o conos de escombros. El tamaño de los elementos varía entre 5 y 10 cm, no siendo raro encontrar bloques hasta de 50 cm. de diámetro. Este material cubre en gran parte el contacto superior de la formación Yura.

*** Depósitos Piroclásticos**

Los productos eyectados por la última explosión del volcán Huyanaputina han quedado esparcidos cubriendo gran parte de los cuadrángulos de Omate y Puquina. Aunque de relativo valor estratigráfico, por su escaso grosor es necesario hacer referencia de ellos debido a su amplia propagación.

La litología consiste predominantemente de pumitas, bombas, lapillis y pómez. Por su fácil disgregación conforman suelos arenosos de color blanquecino que producen una fuerte reflexión de los rayos solares. Su poca compactación hace difícil el tránsito por estos parajes. Estos materiales cubren las superficies planas, los flancos, pequeñas depresiones y algunos cerros, constituyendo terrenos áridos.

Petrográficamente estas rocas son muy porosas, livianas, tienen aspecto terroso y un gran porcentaje de vidrio y cristales de feldespato sin cuarzo, razón por la cual se les considera de naturaleza traquítica.

Como se ha mencionado, estos piroclásticos representan la última explosión de Huaynaputina registrada el 19 de febrero del año 1600 de la Era Cristiana.

*** Depósitos Aluviales**

Comprende todos los depósitos recientes cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a poca distancia de su lugar de origen. Estos materiales se presentan poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección, tratándose más bien de una mezcla heterogénea de rocas de diferentes tamaños y formas (angulosas a subredondeadas), en escasa matriz fina y con variaciones notables de una exposición a otra.

3.4 ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

En diversos lugares de los cuadrángulos de Omate y Puquina afloran rocas ígneas intrusivas de naturaleza mayormente ácida.

Estas rocas se presentan formando cadenas de cerros de cumbres redondeadas y flancos poco escarpados, cortados por numerosas quebradas de corto recorrido. También se les encuentra constituyendo pequeños promontorios aislados.

El cuerpo que se expone en la esquina noroeste de la hoja de Puquina, forma parte del complejo de rocas intrusivas que constituyen el Batolito La Caldera. Los otros afloramientos constituyen como la parte final del mismo batolito, a pesar de no observarse en superficie.

Las rocas ígneas intrusivas están representadas por dioritas, tonalitas porfíricas, granodioritas y granitos cortados por numerosos diques aplíticos, turmalina y venas de cuarzo. Las relaciones intrabatolíticas no son claras, pero debido a sus características macroscópicas ha sido posible diferenciar los diversos tipos de rocas. Por lo general, en los contactos el paso es gradacional, a excepción de los granitos y diques mencionados, los cuales muestran contactos definidos.

Estos cuerpos de rocas intrusivas atraviesan a rocas metamórficas de posible edad priesozoica y a rocas sedimentarias y volcánicas de edad Mesozoica. A su vez se hallan cubiertos por rocas volcánicas del Terciario medio a superior y depósitos del Cuaternario reciente.

Todos estos plutones se habrían originado por diferenciación magmática cuya secuencia tentativa de consolidación es la siguiente: en una primera etapa se consolidarían diorita básica, diorita potásica cuarcífera, monzonitas, tonalitas y granodioritas. Luego vendría una segunda etapa a la cual corresponden los granitos y finalmente en una tercera etapa los diques aplíticos y de turmalina y venas de cuarzo.

*** Dioritas básicas**

Conformando los tramos superiores del cerro Callalopo (Cuadrángulo de Puquina), se distingue un afloramiento de forma redondeada de diorita básica, el cual, debido al fracturamiento y erosión ha originado bloques irregulares de diferentes tamaños con aristas subredondeadas o redondeadas. Estas rocas presentan en fractura fresca las siguientes características macroscópicas; color gris claro a gris oscuro que por acción del intemperismo se torna gris rosáceo, estructura masiva, textura granular con grano

fanerítico medio, distinguiéndose en su composición cristales de plagioclasa, hornblenda y biotita.

En este sector las dioritas en discusión se presentan fuertemente intemperizadas y fracturadas. La acción intempérica se manifiesta por una alteración que alcanza hasta 10cm. de grosor.

CAPITULO IV

GEODINAMICA INTERNA

4.1 SISMICIDAD

La distribución de sismos en tiempo y espacio es una materia 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.

4.1.1 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 conmovión 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, Hawai, Yokohama, Filipinas, Sidney y Nueva Zelandia. 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 de 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 Km², 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 fu, 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 Chincha 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° Lat. S. y -72.599° Long. 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.

4.1.2 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 (Baranzagi & Isacks, 1976, 1979; Berrocal, 1991).

Berrocal & Fernández (1997), proponen que la porción de la placa de Nazca que subduce entre los 24° y 14.5° S, parece tener continuidad lateral y en profundidad hasta los 600 km. Esa porción de la placa subducida, 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 subducida 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 subducida 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 subducida 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 subducida sobre la costa de Chile.

4.1.3 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 8 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 periodo de adquisición de datos de dichas campañas es muy corto (1965,1669,1975-1976,1980-1981), 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 140km. 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. N° 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.

4.2 PELIGRO VOLCÁNICO

En el área de Estudio, en relación al Peligro Volcánico, existe la presencia del Volcán Huaynaputina (con erupción y latente), y el volcán Ubinas.

4.2.1 Volcán Huaynaputina

Corresponde a un complejo estrato-cono compuesto, asociado a la lava domo (Foto N° 4). Las Chilcas, emplazada unos 3km. al Sur, presenta un cráter caldérico de explosión de unos 2.5km. de diámetro, que se habría cubierto con una violenta erupción explosiva de 1600, cuyos depósitos de tefra se han registrado en el casquete de hielo de Groenlandia, al igual que en el cásquete de hielo de Quelcaya, en el Perú.

Sus coordenadas de ubicación son $16^{\circ} 35' S$, $70^{\circ} 52' W$ y a una altitud de 4800m.

4.2.1.1 Erupción del Huaynaputina

La gran erupción del Huaynaputina ocurrida a comienzos de 1600 es posible conocerla con detalle hoy en día, gracias a los excelentes manuscritos que contienen vivencias del fenómeno, realizados por un sacerdote jesuita que se encontraba en la localidad de Arequipa. Tales documentos llegaron finalmente al Observatorio de San Calixto, en La

Paz, Bolivia, perteneciente a la misma orden y que más tarde, a comienzos de este Siglo, en 1909, fueron rescatados y transcritos en una publicación hecha por el Geofísico Montessus de Ballore, en aquel entonces, primer Director del Servicio de Sismología de la Universidad de Chile. De este y otros documentos, más las observaciones de terreno del autor, se resume la erupción.

El volcán Huaynaputina, emplazado en el extremo Sur del Perú, constituye uno de los centros eruptivos más activos históricamente, en la región más septentrional de esta gran provincia volcánica, que son los Andes Centrales de Sudamérica. Si bien esta erupción no ocurrió en territorio chileno, ella afectó el extremo norte del país con su lluvia de tefra y, como ya se ha señalado, el 70% de esta provincia volcánica tiene su desarrollo en territorio chileno, por lo tanto, esta erupción, sin duda, constituye un ejemplo típico de la magnitud que pueden alcanzar las erupciones dacítico-riolíticas en dicha provincia.

La erupción del volcán Huaynaputina, localizado a unos 75km. al Sureste de la ciudad de Arequipa, en el Sur del Perú, se habría iniciado el 19 de febrero de 1600, aproximadamente a las 20 horas, la cual habría precedida, al menos por cinco días, de una intensa actividad sísmica, para culminar con una erupción altamente explosiva, tipo Pliniano, dada la composición dacítica del material eyectado que generó una columna de tefra y gases que habría alcanzado una altura superior a los 25 mil metros, acompañada de fuertes ruidos subterráneos, ondas expansivas y descargas eléctricas. La tefra caída, compuesta de bloques, pómez, arenas y polvo dacítico, alcanzó un espesor hasta de 3m. a 10km. de distancia, *sepultando al pueblo de Omate*, al Oeste-Suroeste, donde causó la muerte de unas 1,200 personas, en su mayoría indígenas de la Región Altiplánica. La caída de tefra, principalmente de rocas incandescentes y cenizas, afectó los poblados de Quinistaca, Chuquiamate, Lloque, Torata, Colana y Checa a lo largo del curso del río Tambo, al Sureste del volcán causando la muerte de más de 200 personas, colapsando sus viviendas y generando incendios. Otras personas murieron a consecuencia de la actividad sísmica asociada al proceso eruptivo, que destruyó las localidades de Ubinas, Chiquillaqui, Zahallaque y Cacavara, al Norte-Noreste del Volcán. La pluma de tefra se expandió al Oeste, Suroeste y Sur, cubriendo más de 200km, hacia la costa y penetrando en el Océano Pacífico. Asimismo, su caída cubrió más de 600km hacia el Sur, sobre la Región Altiplánica, afectando la localidad de Potosí, en Bolivia, entre otros poblados y caseríos. El reconocimiento posterior del terreno y la confección de un mapa de isopacas de la tefra caída han permitido estimar un volumen mínimo de tefra eyectada de más de 10km². Durante el proceso eruptivo, que se prolongó hasta el 15 de Marzo de ese año, ocurrieron varias fases explosivas menores, que culminaron con el truncamiento del macizo volcánico, registrando una explosión lateral, que vació sus laderas hacia el río Tambo, provocando su embalsamiento momentáneo, que más tarde generó al menos dos grandes descargas de las lagunas formadas, dando origen a enormes avalanchas o flujos pseudolaháricos que arrasaron todo el valle hasta el mar, por más de 120km y a altas velocidades, probablemente, sobre los 60km/hora, cuya catastrófica huella destructora se conserva claramente después de casi 400 años. Entre otros numerosos aspectos de esta erupción, cabe señalar que las ondas expansivas se dejaron sentir a más de 600km hacía el Norte, afectando con sus vibraciones la ciudad de Lima y muchas otras localidades. La actividad eruptiva habría alcanzado su climax el 4 de marzo, para entrar en una franca declinación, con espesores esporádicos reactivamientos durante los ocho meses siguientes. La erupción

explosiva del Huaynaputina, enclavado en la actual comuna de Moquegua, causó el truncamiento y la formación de una caldera explosión de unos 4km. de diámetro, abierta por la parte lateral hacia el Este-noreste. Su actividad actual se limita sólo a la emisión de fumarolas de gases calientes de SO₂, CO y numerosas fuentes termales clientes que surgen en torno al volcán. En los años recientes, se ha detectado el incremento de la actividad sísmica superficial en la localidad de Quinistaquillas.

Sin duda que ésta es una de las erupciones catastróficas típicamente explosivas más importantes que ha ocurrido históricamente en esta provincia volcánica. El impacto causado en el medio ambiente fue enorme, con más de 1,430 personas muertas y un daño físico al territorio que, dado el carácter de su composición dacítica, es decir, rica en sílice y las condiciones climáticas de la región, los terrenos se han recuperado muy débilmente o casi nada, después de casi 400 años. Ello nos debe llevar a meditar sobre el Riesgo Volcánico que representa el peligro de una erupción dacítica en esta provincia y, particularmente, para la Región de Arequipa, cuya ciudad con casi un millón de habitantes, se encuentra enclavada en un nido volcánico, conformado por el Misti, Ubinas y el Grupo de Sabancaya, situados a unos 70 km al Noroeste del Huaynaputina. Sin duda, es el punto de más alto peligro y riesgo volcánico de los Andes Centrales de Sudamérica. El Sabancaya inició su reactivamiento en Marzo de 1990, acompañado de fases explosivas con emisión de tefra.

Es interesante mencionar que, relativamente contemporáneo con esta gran erupción, que es la mayor registrada históricamente en los Andes Centrales, ocurrió cuatro años más tarde, en 1604, uno de los terremotos más grandes de esta región, con epicentro en Arequipa y que, según los diversos cálculos que de él se han hecho por los sismólogos, su magnitud habría variado entre Ms = 8,5 y 9,0. Además, generó un tsunami cuya ola alcanzó alturas entre 10 y 15 metros. Estos son algunos de los efectos que causan estos procesos naturales, que deben tenerse presentes cuando se analiza la estrecha relación de la ocurrencia de estos fenómenos (Ballón, 1899; de Ballore, 1918; Silgado, 1968, 1978, 1985; González-Ferrán, 1990; Dorbath et al., 1990; Chávez, 1993).

4.2.2 Actividad Volcánica del Ubinas

El volcán Ubinas (Moquegua) es un estrato-volcán andesítico que se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú (16° 22' S, 70° 54' W) (Fig. N°12 Foto N° 5), sobre el segmento denominado Zona Volcánica Central o ZVC (De Silva y Francis, 1991), tiene una altura de 5,672 m. s. n. m. y pertenece a la franja de edificios volcánicos emplazados durante el Cuaternario y en particular de la cadena de estrato-volcanes del Pleistoceno. Los extremos de la base corresponden a un área relativamente plana denominada superficie Puna. Próximos al volcán se observan dos valles semi-encañonados el valle de Ubinas al Sur y el valle de Para al Este por donde drenan los ríos Ubinas y Para respectivamente.

Producto de variados eventos eruptivos, el estrato volcán Ubinas, está conformado por intercalación de coladas de lava y flujos piroclásticos. En las partes bajas, la topografía se caracteriza por suaves pendientes, mientras que en las partes altas las pendientes son abruptas. En su cúspide se observa una caldera pequeña (unos 1.5km. de diámetro) de

forma ligeramente alargada de Sur a Norte, la cual contiene el cráter y dos pequeños conos de cenizas (Fig. N° 13), producto de por lo menos dos episodios explosivos distintos sucedidos durante el Holoceno (Rivera 1997) ver Fig. N° 14. En la base o fondo del profundo cráter (300 m. de profundidad, medidos desde el piso de la caldera), se encuentran seis notorias zonas de escape de fumarolas. A juzgar por la forma alargada (N-S) del cráter y por la presencia de los dos conos de ceniza, este cráter parece haber migrado en tiempos relativamente recientes. Rivera (1997), considera que actualmente el cráter se encuentra sobre la prolongación NE de una fractura de rumbo N30°W.

El régimen pluvial en esta zona se manifiesta durante los meses de diciembre a abril, con la ocurrencia de fuertes precipitaciones, nieve y granizo que se depositan dentro de la caldera y los flancos del volcán Ubinas, acumulándose un aproximado de 40 y 60 cm. Los deshielos y escorrentías provenientes de esta acumulación, alimentan en algunos casos una pequeña laguna ubicada al oeste del volcán, sobre la planicie Puna y obviamente van a drenar las aguas al río Ubinas, para luego desembocar en el río Tambo. Parte del agua de los deshielos, se infiltra por los flancos del volcán llegando a mayor profundidad hasta el sistema hidrogeológico y se emite nuevamente al exterior por medio de fracturas asociadas al sistema volcánico, es decir por “ojos de agua” presentes alrededor del volcán.

4.2.2.1 Evolución Volcánica

La evolución del volcán Ubinas ocurrió en tres etapas. Dichas etapas han sido inferidas por Rivera (1997), en su estudio estratigráfico basado en la disposición de los diferentes depósitos y estructuras volcánicas que existen en el edificio volcánico y sobre todo en la parte baja del flanco SE (valle de Ubinas y Para) (Fig. N° 15).

Las unidades del basamento del volcán Ubinas, lo conforman las rocas más antiguas (del Cretácico superior al Pleistoceno). Estructuralmente, los depósitos señalan que existieron fracturas lineales de dirección NW-SE, por donde debieron emplazarse los materiales volcánicos.

La primera etapa, denominada “Ubinas Antiguo”, fue de tipo efusivo en la cual se constituyó un estrato-volcán inferior lávico depositándose coladas y flujos de lava andesíticas y dacíticas que conforman la base del estrato-volcán (pertenecientes al grupo barroso, Marocco, 1969). Dichas lavas, según Rivera (1997), debieron provenir de un gran centro de emisión situado más al norte del actual cráter activo, debido a la presencia de coladas y flujos de lava sobrepuestos con bordes de encauzamiento. Una actividad paralela explosiva dio origen a la aparición de domos que posteriormente colapsaron generando depósitos de flujo de bloques y cenizas en la parte SE del volcán. Hacia el Pleistoceno superior, una etapa intermedia destruyó una parte del estrato-volcán “Ubinas Antiguo” formándose así una caldera de avalancha en forma de herradura (depósitos de cenizas y pómez).

La segunda etapa, fue de tipo efusivo y en la cual el cráter migró hacia el Sur, constituyéndose un cono superior lávico (40° de buzamiento).

La tercera etapa, se inicia con eventos explosivos (erupciones sub-plinianas, plinianas y/o freatomagmáticas), originando la caldera de explosión actual (antes de 9,700 años).

Posteriormente, se produce un derrumbamiento del flanco sur (avalanchas de escombros, más de 3, 670 ± 60 años A. P.). Dos erupciones plinianas (la última es de hace 980 años ± 60 años A. P.) truncaron por completo la cumbre, periodo durante el cual, el cráter migro más hacia el SE de la caldera, donde se encuentra actualmente. La última etapa de actividad explosiva y fumarólica, ha venido actuando desde el Holoceno hasta la actualidad. A esta actividad fumarólica, le han acompañado diferentes emisiones de ceniza distribuidas en un radio de 2 – 4 Km del volcán Ubinas.

4.2.2.2 Historia Eruptiva

Las bases del volcán Ubinas se encuentran asentadas sobre las lavas andesíticas y dacíticas originadas en el Plioceno. Una vez que el estrato-cono Ubinas Antiguo (régimen efusivo) se formó, continuó en el Pleistoceno, un posterior régimen explosivo que dio origen a la formación y apertura de una gran caldera en el Holoceno. A partir de este periodo hasta la actualidad, la actividad del volcán deviene explosiva, de tipo freática y freatomagmática.

La actividad volcánica actual se restringe a la caldera y se manifiesta solo por emisiones fumarólicas y de cenizas. Simkin y Siebert (1994), en sus catálogos “Volcanoes of the World” y Hantke y Parodi (1966), distinguieron 17 erupciones volcánicas ocurridas durante cinco siglos (desde 1550 a 1996), las que son ampliadas a un número de 23 por Rivera (1997), determinando un período de recurrencia de 4 –5 erupciones por siglo. Según los reportes, el volcán Ubinas ha manifestado una intensa actividad fumarólica que se ve incrementada al emitirse cenizas. Prueba de ello es la presencia de tres conos de ceniza (que evidencia tres cráteres) presentes en la caldera y de cuya localización se deduce que el sistema magmático, recientemente ha migrado hacia el sur, hasta la localización actual (Rivera, 1997). La aparición de un pequeño orificio de cinco metros de diámetro en el fondo del cráter actual, específicamente en la fumarola N° 2 (Ver Fig. 16), fue detectada en junio de 1998 y probablemente habría ocurrido entre abril y mayo de es mismo año. Las características de la actividad volcánica en estos 5 siglos, son en su mayoría erupciones de tipo central y explosiva y algunas veces de alta actividad fumarólica, cuyos índices de explosividad varían entre 1 y 3. La última crisis fumarólica fue reportada en diciembre de 1995, prolongándose hasta mayo de 1996, y hasta mediados de 1997 en forma discontinua, los gases alcanzaron de 300 a 700 m. y esporádicamente alrededor de 1 Km extendiéndose en dirección Noreste. Las fumarolas están constituidas de vapor de agua y gases calientes.

4.2.2.3 Actividad Fumarólica

Actualmente, la actividad del volcán Ubinas está restringida a la emisión de fumarolas en el fondo del cráter, en donde se observa seis zonas de emisión de gases. Esta actividad se produce en forma permanente, llegando muchas veces a emitirse gran cantidad de gases que va acompañada por un fuerte ruido, lo que indica que los gases salen a gran presión y otras veces salen solo pequeñas cantidades de gases. Se ha observado en ocasiones, que la gran cantidad de gases llegan a cubrir completamente la caldera del volcán Ubinas, los cuales se desbordan por las partes más bajas del borde de caldera (lado NW).

4.2.2.4 Sismicidad

Los datos que se presenta a continuación forman parte de un reporte preliminar presentado por Metaxian et al. (1999) de un estudio de la actividad sísmica del volcán Ubinas, como parte del convenio de cooperación entre el IGP y el IRD (ex - ORSTOM). La adquisición de los datos abarcó un período de tiempo de solo tres semanas, pero sus resultados han puesto de manifiesto una actividad sísmica significativa.

Esta actividad ha sido captada mediante la instalación de una red de ocho estaciones sísmicas, de las cuales dos fueron de banda ancha REFTEK y seis estaciones de corto período (respuesta en el rango de frecuencias de 1 a 50 Hz.) REFTEK de tres canales. Las dos estaciones de banda ancha estuvieron equipados con sensores Guralp 40T (1/30 – 50Hz) y las seis de período corto, con sensores Mark Products L4-3D, 1 Hz. La disposición de las estaciones se muestra en la Fig. 17, dos de ellas ubicadas en la caldera y seis en las partes bajas, alrededor del volcán. El período de funcionamiento de las estaciones estuvo comprendido entre el 9 de Marzo y el 10 de Abril de 1998.

Durante este corto período de tiempo se pudieron determinar cinco tipos de eventos sísmicos: eventos de tipo volcano-tectónico (VT), eventos de largo período (LP), los eventos de tipo tornillo (TO), eventos de tipo Tremor y eventos de tipo VTP, cuyas características se describen a continuación:

- **Sismos VT:** Presentan fases impulsivas, son de corta duración (~10 Seg.) y espectro prolongado (~2.5 a 20 Hz.), ver Fig. 18.
- **Sismos VTP:** Caracterizados por la presencia de un evento precursor de variada duración (0.5 – 28 Seg.) al final del cual se observa un evento de tipo VT. Estos eventos tienen frecuencias comprendidas entre 8 y 10 Hz.
- **Sismos LP:** Se caracterizan por presentar fases primarias emergentes, duración de 20 Seg. En promedio y espectro de frecuencias con algunos picos individuales. Ver Fig. 19.
- **Sismos TO:** Presentan fases débilmente impulsivas, tienen un espectro de frecuencias dominado por un pulso de 4.6 Hz. y otros picos secundarios, ver Fig. 20.
- **Tremores:** Cuya frecuencia dominante corresponde a 2.2 Hz.

El Cuadro N° 9, resume algunas características de los eventos clasificados:

CUADRO N° 9

TIPOS DE SEÑALES SÍSMICAS REGISTRADAS EN EL VOLCÁN UBINAS (9 DE MARZO AL 10 DE ABRIL DE 1998)

CARACTERÍSTICA CLASES	Fase Primaria	Duración Prom. (Seg.)	Frecuencias Dominantes (Hz)	Ocurrencia (N°event./día)
Volcano-Tectónico	Impulsivo	12	2.5 – 22	9
LP.	Emergente	30	2.3, 3.1, 3.7, 5.4	11
VTP.	Emergente Impulsivo		8 – 10 2.5 – 22	1
Tornillo	Débilmente Impulsivo	50	4.6, 10.3, 11.3, 12.3, 14.3, 18.5	3
Tremor	Emergente	>70	2.2	<1

La mitad de esta actividad sísmica pertenece a eventos de tipo LP, y la otra mitad corresponde a eventos de tipo VT y TO, siendo la menor ocurrencia para los eventos TO.

Esta actividad sísmica es superficial (0.6 a 3.4 Km de profundidad debajo de la caldera) y confirma la existencia de un importante sistema hidrotermal sobrepresurizado (Metaxian et al., 1999). Se observa una mayor concentración de sismos hacia el norte de la caldera y la mayor parte de sismos LP localizados al NW de la caldera y los VT hacia en NE de la misma. Los eventos de tipo tornillos están ubicados dentro de la caldera y agrupados debajo de la parte NW.

La distribución epicentral de la actividad sísmica revela un sistema de influencia de movimiento de flúidos dentro del cono, limitado en extensión, Fig. 17-A. Y la distribución hipocentral (Fig. 17 – B y C), revela de manera general una actividad sísmica superficial, entre 2000 y 4800 m.s.n.m. (~600 m debajo de la caldera).

La mayoría de sismos tipo LP, se ubica en la parte NW de la caldera, los VT al NE y los eventos tipo TO debajo de la caldera, ver Fig. 17 – A. Es importante subrayar que no habiéndose detectado ninguna sismicidad por debajo de los 2000 m.s.n.m., se puede afirmar que prácticamente toda la actividad sísmica que se ha observado debe estar asociada exclusivamente con el movimiento de masas gaseosas (vapor de agua) y también con la ocurrencia de ruptura de rocas causadas por las altas presiones de estos gases en las inmediaciones del camino que siguen hacia la superficie, (Metaxian et al., 1999).

4.2.2.5 Evaluación de la amenaza volcánica

Esta evaluación esta basada en: la distribución y de los depósitos eruptivos recientes, la fotointerpretación de las estructuras y geformas volcánicas y en la recurrencia de la crisis fumarólica y de emisiones de ceniza desde hace siglos.

Se presentan 4 tipos principales de amenazas volcánicas que pueden afectar a los habitantes que viven dentro de un radio de 10km. del cráter, en particular sobre los flancos Sur, SO y SE, son: la caída de tefras, las coladas piroclásticas, los flujos de barro y la avalancha de

escombros, pero ello no deja de representar un peligro a aquellos pueblos que se encuentran un poco más distantes (Matalaque, Omate y otros) y ello estaría supeditado al tipo de erupción que se presenta (Fig.21).

- **Caída de tefras.** Se distinguen dos casos:
 - (a) Emisiones de cenizas y productos balísticos (con un radio de caída de aproximadamente 8km.) basada en: Los depósitos piroclásticos presentes en la caldera, que su mayoría son cenizas y lapilli con bloques dispersos, de origen freático y freato-magmático,
 - (b) Potentes depósitos de caída pliniana, constituidos de lapilli pómez que afloran al Sur, SE y Este del cráter.
- **Las coladas piroclásticas (bloques, cenizas o escorias),** pueden cubrir las laderas altas de la cumbre y canalizar por los valles ó quebradas mayores con dirección Sur y SE. Esto se basa en el área cubierto por depósitos piroclásticos de escorias que se encuentran sobre los flancos empinados del NW y Norte del Volcán.
- **Los flujos de barro,** que se aprecian en la quebradas del flanco Sur, SO y SE fueron formados en periodos de lluvia o al contacto con la nieve, que permanecen desde diciembre hasta julio sobre la cumbre Sur. Las tefras calientes pueden producir la fusión de la nieve y generar flujos de barro en las cuencas de drenajes Sur y SE del Volcán hacia el río Ubinas y Tambo.
- **Una avalancha de escombros,** puede llevar abajo una parte de la pared Sur, esto es en caso de un sismo de gran magnitud, de una erupción violenta o del crecimiento de un domo dentro del cráter. Esto se basa en los depósitos de avalancha de escombros que afloran en el valle del río Ubinas hasta aproximadamente 10 kms. aguas abajo.

4.3 MICROZONIFICACION SÍSMICA

Para identificar los tipos de suelos y particularmente sus características físicas en las localidades de Omate, Puquina y el Anexo de Chacahuayo se ha utilizado los métodos Geofísicos de Refracción Sísmica, Sondaje Eléctrico Vertical y Calicatas, cuya ubicación de estos puntos se pueden observar en el Anexo E. Mediante estos métodos se ha logrado identificar sectores estables e inestables. Los perfiles sísmicos se encuentran en el Anexo A y los resultados de los mismos se pueden observar en el Anexo B.

4.3.1 Refracción Sísmica

4.3.1.1 Localidad de Omate

En Omate se realizaron 04 perfiles de refracción sísmica los que se distribuyeron de forma estratégica, a pesar de estar pavimentadas. La extensión de los perfiles ha permitido tener una adecuada investigación de las velocidades sísmicas y los espesores del substrato. Asimismo, debemos de mencionar que en la parte superior de la localidad de Omate se encuentra un horizonte constituidos por cenizas y piroclásticos provenientes de la erupción del volcán Huaynaputina (febrero 1600).

Los perfiles sísmicos 1 y 2, se encuentran ubicados en el Colegio Nacional Mariscal Domingo Nieto y en la primera cuadra de la calle Alto Lima (frente a la casa térmica), en donde se determinaron dos y tres estructuras, la primera tiene una velocidad de 482.76m/seg. a 505.88m/seg. y un espesor de 0.40m. a 1.02m. que correspondería a material suelto, la segunda estructura tiene una velocidad de 666.67m/seg. a 842.11m/seg. con un espesor de 5.13m. a 7.84m. que se relacionaría con material aluvial algo compacto, subyaciendo a la segunda estructura tenemos velocidades de 1240.00m/seg. a 1480.00m/seg. que probablemente guarde relación con la formación Omate constituidas por una serie de lutitas con intercalaciones de areniscas cuarzosas a cuarcitas

El perfil sísmico 3, se encuentra ubicado en la calle prolongación Moquegua en donde se encontró dos estructuras, la primera con una velocidad de 333.33m/seg. y un espesor de 5.15m. que correspondería a un suelo con material piroclástico y materiales aluviales y en la segunda estructura tenemos una velocidad de 804.35m/seg. que guardaría relación con materiales aluviales algo compacto.

El perfil sísmico 4, se encuentra ubicado en el sector de Lindaypampa (terreno de cultivo) en donde se determinó tres horizontes refractores, el primero tiene una velocidad de 454.55m/seg. con un espesor de 0.48m que correspondería a suelos de cultivo, el segundo horizonte refractor tiene una velocidad de 727.27m/seg. y un espesor de 2.69m. que se relacionaría probablemente con material aluvial y subyaciendo a este horizonte refractor tenemos una velocidad de 1100.00m/seg. que guardaría relación con depósitos aluviales medianamente densos.

CUADRO 10
VELOCIDADES Y ESPESORES DE OMATE

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA3		TOTAL
	V ₁ (m/seg.)	Z ₁ (m.)	V ₂ (m/seg.)	Z ₂ (m.)	V ₃ (m/seg.)	Z ₃ (m.)	ΣZ(m)
1	505.88	0.40	842.11	5.13	1480.00		5.53
2	482.76	1.02	666.67	7.84	1240.00		8.86
3	333.33	5.15	804.35				5.15
4	454.55	0.48	727.27	2.69	1100.00		3.17

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, podemos mencionar que los suelos de Omate están constituidos por materiales aluviales y horizontes de ceniza y piroclastos, en la parte superior los valores de las velocidades y espesores son coincidentes. Estos son medianamente densos con relativa estabilidad. Los daños registrados por el sismo del 23 de junio del 2001, ocasionó daños a viviendas antiguas de adobe y pequeñas fisuras a estructuras modernas.

4.3.1.2 Localidad de Puquina

En esta localidad se realizaron 06 perfiles de refracción sísmica (Foto 6), la distribución de estos está en función del acceso que se tuvo en el área de estudio, debido a que se

encontraban en plena reconstrucción las viviendas que fueron afectadas por el sismo del 23 de junio del 2001.

El perfil sísmico 01, se encuentra ubicado en la calle Ramón Castilla segunda cuadra (sector denominado por la población como Buena Vista), donde se ha determinado dos horizontes refractores el primero tiene una velocidad de 272.73m/seg. y un espesor de 1.91m. que correspondería a material volcánico del terciario inconsolidados (ceniza, tierra de color negruzco y piroclástos) y subyaciendo a este horizonte tenemos el mismo material pero ligeramente más compacto con una velocidad de 462.96m/seg.

Los perfiles sísmicos 2 y 3, se encuentran ubicados en la parte central de la localidad de Puquina donde se ha determinado tres y cuatro estructuras. La primera tiene velocidades de 325.00m/seg. a 428.57m/seg. con un espesor de unos pocos centímetros que correspondería a materiales recientes, en el perfil sísmico 3 se determinó una estructura con un espesor de 1.29m. con una velocidad de 512.20m/seg. que correspondería al mismo material pero algo más compacto, subyaciendo a esta estructura tenemos una velocidad de 933.33m/seg. y 947.37m/seg. en el perfil 02 con espesores de 8.53m a 10.83m. que guardaría relación con material volcánico alterado fracturado y subyaciendo a este material tenemos una velocidad de 1200m/seg. a 1409.09m/seg., que podría corresponder al mismo material pero más compacto.

Los perfiles sísmicos 4 y 6, se encuentran ubicados en el Colegio Mariano Lino Urquieta y entre las calles Ayacucho y Junín en donde se determinaron dos horizontes refractores el primero con una velocidad de 296.30m/seg. a 388.89m/seg., que correspondería a materiales proluviales y la segunda estructura tiene una velocidad de 1028.57m/seg. a 1272.73m/seg., que probablemente guarde relación con material de la Formación Cachios del Grupo Yura.

El perfil sísmico 5, se encuentra ubicado en la calle Moquegua en donde se determinó tres estructuras, la primera con una velocidad de 326.09m/seg. con un espesor de 2.90m. que correspondería a un suelo constituido por material proluvial, la segunda estructura tiene una velocidad de 571.43m/seg. y un espesor de 14.19m. que se relacionaría con el mismo material pero ligeramente compacto y subyaciendo a esta estructura tenemos el mismo material pero más compacto con una velocidad de 823.53m/seg.

CUADRO 11
VELOCIDADES Y ESPESORES DE PUQUINA

PRS.	CAPA 1		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	272.73	1.91	462.96						1.91
2	428.57	0.58	933.33	10.83	1200.00				11.41
3	325.00	0.24	512.20	1.29	947.37	8.53	1409.09		10.06
4	388.89	2.94	1272.73						2.94
5	326.09	2.90	571.43	14.19	823.53				17.09
6	296.30	0.89	1028.57						0.89

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** Las velocidades sísmicas obtenidas reflejan el grado de calidad de los suelos en el sector de Buena Vista, consisten en material volcánico cenizas y piroclásticos, en esta zona es donde se ha presentado la mayor destrucción de viviendas principalmente las de adobe, mientras que en el sector Norte el número de viviendas destruidas es menor, los suelos son proluviales algo densos.

4.3.1.3 Localidad de Chacahuayo

En el Anexo de Chacahuayo se efectuaron 04 perfiles de refracción sísmica (Foto 7), distribuyéndose estos de acuerdo a la topografía de la zona.

En los perfiles sísmicos 1 (intersección de las calles Libertad y Unión) y 3 (calle Progreso), se determinaron tres estructuras, la primera tiene una velocidad de 270.27m/seg. y 300.00m/seg. con un espesor de 1.65m. a 2.01m. que correspondería a material aluvio-proluvional, la segunda estructura presenta una velocidad de 565.22m/seg. a 710.53m/seg. y un espesor de 17.37m. a 18.21m. que se relacionaría con el mismo material pero más compacto y estas estructuras sobreyacen a material volcánico con velocidades de 2375.00m/seg. a 2428.57m/seg.

El segundo perfil sísmico, se encuentra ubicado entre la Cancha Deportiva de Chacahuayo y el Colegio Técnico Agropecuario Chacahuayo-Sánchez Cerro, donde se determinó tres estructuras la primera con una velocidad de 270.27m/seg. y un espesor de 0.19m. que correspondería a un suelo areno-limoso, la segunda estructura tiene una velocidad de 357.14m/seg. con un espesor de 6.11m. que se relacionaría con el mismo material pero más compacto y subyaciendo a esta estructura tenemos una velocidad de 1692.31m/seg. que probablemente se relacione con material volcánico alterado y fracturado.

El perfil sísmico 4, se encuentra ubicado en el Barrio Buena Vista en donde se determinaron tres horizontes refractores el primero con una velocidades de 294.12m/seg. con un espesor de unos pocos centímetros, el segundo horizonte tiene una velocidad de 454.55m/seg. y un espesor de 7.98m. y subyaciendo a este horizonte tenemos una velocidad de 576.92m/seg. los materiales que constituyen estos horizontes (flujos de Barro y conglomerados) se correlacionan uno con otro, separados únicamente por el grado de compacidad.

CUADRO 12
VELOCIDADES Y ESPESORES DE CHACAHUAYO

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA3		TOTAL
	V ₁ (m/Seg.)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/Seg.)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/Seg.)	Z ₃ (m)	ΣZ(m)
1	300.00	1.65	565.22	17.37	2375.00		19.02
2	270.27	0.19	357.14	6.11	1692.31		6.30
3	270.27	2.01	710.53	18.21	2428.57		20.22
4	294.12	0.46	454.55	7.98	576.92		8.44

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** Los suelos estables corresponden a depósitos aluvio-proluvionales, donde se encuentran asentadas la mayor parte de las viviendas que son de adobe y antiguas. A consecuencia del terremoto del 23 de junio del 2001, han sufrido daños moderados, mientras que en la parte central (Cancha Deportiva y viviendas aledañas) el suelo está constituido por material limo-arenoso con una potencia de 6.30m, las escasas viviendas que se encuentran asentadas en esta zona son las que han sido más afectadas con el terremoto.

4.3.2 Resistividad Geoeléctrica

4.3.2.1 Localidad de Omate

En la localidad de Omate se han realizado estudios de Resistividad Geoeléctrica empleando el método de Sondeos Eléctricos Verticales(SEV), (Foto 8), se utilizó dos tipos de dispositivo: el simétrico tetraelectródico y el asimétrico trielectródico Schlumberger.

Se ejecutaron 03 SEVs, distribuidos en el área de estudio de acuerdo a las necesidades requeridas (Ver Anexo E, Plano 4).

Debido a la complejidad geológica de la zona, se ha dividido a la zona de Omate en dos áreas, la primera donde se ubican los SEVs 1 y 2 y la otra donde se emplaza el SEV3.

* Omate, SEVs 1-2

En el cuadro 13 se presentan los resultados para la primera área que comprende los SEVs 1 y 2.

CUADRO 13
RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE OMATE

SEV N°	H ₁		H ₂		H ₃		H ₄		H ₅		H ₆	
	R ₁	E ₁	R ₂	E ₂	R ₃	E ₃	R ₄	E ₄	R ₅	E ₅	R ₆	E ₆
1	90	1.5	292	1.0	93	7.1	----	----	261	34.1	82	----
2	----	----	648	0.9	112	13.6	32	19.5	409	27.2	113	----

H₁ - Horizonte geoeléctrico

R₁ - Resistividad

E₁ - Espesor de la Estructura Geoeléctrica

* Descripción de los Horizontes Geoeléctricos.

Horizonte H1.- Este horizonte se presenta sólo en el SEV2 y tiene una resistividad de 90 Ohmios-metro y espesor de 1.5 metros, esta primera estructura geoeléctrica está constituida por material de origen aluvial con contenido de material orgánico y presenta humedad.

Horizonte H2.- Tiene resistividades entre 292 y 648 Ohmios-metro y espesores de 1 y 0.9 metros respectivamente; está constituida por materiales de origen aluvio-proluvional en el SEV1 y aluviales en el SEV2, estas estructuras tienen fuerte compactación y no presentan humedad.

Horizonte H3.- Esta tercera estructura geoeléctrica presenta resistividades entre 93 y 112 Ohmios-metro y espesores entre 7.1 y 13.6 metros, está constituida por material de origen aluvial, presenta contenido de humedad.

Horizonte H4.- Este horizonte geoelectrico se presenta sólo en el SEV2 y tiene una resistividad de 32 Ohmios-metro y espesor de 19.5 metros, estaría constituida por material de origen sedimentario perteneciente a la Formación Omate, se encuentra saturado de humedad.

Horizonte H5.- Este horizonte geoelectrico presenta resistividades de 261 y 409 Ohmios-metro y espesores de 34.1 y 27.2 metros, estaría constituida por material de origen sedimentario perteneciente a la Formación Omate, no presenta humedad.

Horizonte H6.- Este horizonte geoelectrico presenta resistividades de 82 y 113 Ohmios-metro y de espesor indeterminado, estaría constituida por material de origen sedimentario perteneciente al Grupo Yura, se constituye como el basamento de la zona.

Se ha elaborado un perfil geoelectrico, constituido por los SEVs 1 y 2, los que se ubican de la siguiente manera: el primero en la parte alta de la población y el segundo en la parte intermedia del mismo, a un costado del río Omate, (Ver Anexo C, Fig. 1) 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 Omate, muestra en su parte superior, una cobertura superficial constituida por materiales de origen aluvio-proluvional, subyaciendo tenemos una estructura constituida por materiales aluviales, que presentan cierto grado de humedad, por debajo del SEV2 se presenta una estructura que pertenecería a la parte superior de la Formación Omate saturada de humedad; luego se presenta la misma estructura pero con menor contenido de humedad, estas estructuras descansan sobre el basamento rocoso el estaría constituido por el Grupo Yura, (Anexo C, Fig. 1).

- Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método SEV, la localidad de Omate se encuentra emplazada sobre suelos constituidos por una cobertura de origen aluvial, compactados y con poca presencia de humedad, estas descansan posiblemente sobre rocas sedimentarias de la formación Omate, las mismas que se emplazarían sobre el Grupo Yura. Por lo tanto, en la localidad de Omate, se trataría de suelos estables por presentar relativo contenido de humedad.

*** Omate, SEVs 1-2**

En el cuadro 14 se presentan los resultados de la segunda área que comprende el SEV 3.

**CUADRO 14
RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE OMATE**

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
3	59	1.2	42	1.8	20	5.5	104	157.5	250	----

H₁ - Horizonte geoelectrico

R₁ - Resistividad

E₁ - Espesor de la Estructura Geoelectrica

*** Descripción de los Horizontes Geoeléctricos.**

Horizonte H1.- Este horizonte tiene una resistividad de 59 Ohmios-metro y espesor de 1.2 metros, esta primera estructura geoeléctrica está constituida por material de origen aluvial con contenido de limos y material orgánico, se emplea como terreno de cultivo, presenta humedad.

Horizonte H2.- Tiene resistividad de 42 Ohmios-metro y espesor de 1.8 metros; está constituido por materiales de origen aluvial, constituida por los mismos materiales de la estructura anterior, pero con mayor grado de humedad.

Horizonte H3.- Esta tercera estructura geoeléctrica presenta resistividad de 20 Ohmios-metro y espesor de 5.5 metros, estaría constituida por material perteneciente al Grupo Yura, Formación Cachios, se encuentra saturado de humedad.

Horizonte H4.- Este horizonte geoeléctrico tiene una resistividad de 104 Ohmios-metro y espesor de 157.5 metros, estaría constituida probablemente por material de origen sedimentario perteneciente al Grupo Yura, Formación Cachios, presenta cierto grado de humedad.

Horizonte H5.- Horizonte geoeléctrico que presenta resistividad de 250 Ohmios-metro y de espesor indeterminado, estaría constituida por material de origen sedimentario perteneciente al Grupo Yura.

Se ha elaborado una columna geoeléctrica, constituido por el SEV3, el cual se ubica en la parte baja de la población cerca de los terrenos de cultivo (Ver Anexo E, Plano 4), en su parte superior, muestra una cobertura superficial constituida por materiales de origen aluvial, estos descansan sobre materiales de origen sedimentario que pertenecerían al Grupo Yura (Anexo C, Figura 2).

- Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método SEV, la parte baja de la localidad de Omate se encuentra emplazada sobre suelos constituidos por una delgada cobertura de origen aluvial con presencia de humedad, estas descansan sobre rocas sedimentarias probablemente del Grupo Yura. Se constituyen como suelos moderadamente estables.

4.3.2.2 Localidad de Puquina

En la localidad de Puquina se han realizado estudios de Resistividad geoeléctrica empleando el método de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), se ha usado dos tipos de dispositivos: simétrico tetraelectródico y asimétrico trielectródico, Schlumberger.

Se han realizado 03 SEVs (cuadro 15), cuya ubicación en el área de estudio se realizó de acuerdo a las necesidades requeridas, (Ver Anexo E, Plano 5).

Debido a las condiciones geológicas de la zona y a la interpretación realizada, las estructuras superficiales que se presentan en el SEV3 se consideran como una sola estructura.

CUADRO 15
RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE PUQUINA

SEV N°	H ₀		H ₁		H ₂		H ₃		H ₄		H ₅	
	R ₀	E ₀	R ₁	E ₁	R ₂	E ₂	R ₃	E ₃	R ₄	E ₄	E ₅	E ₅
1	---	---	32	1.0	108	3.7	49	15	110	121.3	860	---
2	---	---	39	3.7	---	---	21	35.1	211	---	---	---
3	764	1.7	---	---	---	---	31	59.2	423	---	---	---
	222	5.2										
	1320	7.8										
	499	10.7										

H1 - Horizonte geoelectrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

*** Descripción de los Horizontes Geoelectricos**

Horizonte H0.- Este horizonte está constituido por materiales de origen volcánico y presenta resistividades de 764, 222, 1320 y 499 Ohmios-metro y espesores de 1.7, 5.2, 7.8 y 10.2, la variabilidad de los valores de resistividad dependen de la granulometría, compactación y contenido de humedad de los materiales constituyentes. En este caso los materiales se presenta con fuerte compactación y poco contenido de humedad.

Horizonte H1.- Se presenta sólo en los SEVs 1 y 2, tiene resistividades de 32 y 39 Ohmios-metro y espesores de 1 y 3.1 metros, está constituido por material aluvio-proluvional con limos y material orgánico, presenta humedad.

Horizonte H2.- Esta segunda estructura geoelectrica se presenta sólo en el SEV1, tiene resistividad de 108 Ohmios-metro y espesor de 3.7 metros, constituida por material aluvial compactado con cierto contenido de humedad.

Horizonte H3.- Este horizonte geoelectrico tiene valores bajos de resistividad que oscilan entre 21 y 49 Ohmios-metro y espesor entre 15 y 59.2 metros, estaría constituida por material de origen sedimentario perteneciente al Grupo Yura, Formación Cachios. Presenta humedad.

Horizonte H4.- Esta estructura tiene resistividades entre 110 y 423 Ohmios-metro, su espesor sólo se ha determinado para el SEV1 con 121.3 metros, en los SEVs 2 y 3 su espesor es indefinido, posiblemente está constituido por el Grupo Yura, probablemente la Formación Cachios, con relativa presencia de humedad.

Horizonte H5.- Esta estructura sólo se ha detectado en el SEV1, presenta una resistividad de 860 Ohmios-metro y de espesor indefinido, estaría constituido por el Grupo Yura, Formación Puente.

Se ha elaborado un perfil geoelectrico, constituido por los SEVs 1, 2 y 3, la ubicación de los mismos se observa en el (Anexo E, Plano 5). Se correlacionan los horizontes determinados del cuadro 2, en este perfil se observa que por debajo de los SEVs 1 y 2 existe una cobertura de origen aluvio-proluvional y por debajo del SEV3 una cobertura superficial de material de origen volcánico los cuales descansan sobre rocas del Grupo

Yura, Formación Cachios, todas estas sobreyacen a material más compacto también del Grupo Yura, posiblemente Formación Puente (Figura 3, Anexo C).

- Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de SEV, se observa que en Puquina, hacia la parte Norte y central de la población donde se encuentran los SEVs 1 y 2, existe una pequeña cobertura superficial de material de origen aluvio-proluvional y hacia la parte Sur donde se ubica el SEV3 hay una estructura de origen volcánico; estas sobreyacen a rocas de origen sedimentario 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.

4.3.2.3 Localidad de Chacahuayo

En el poblado de Chacahuayo se han realizado estudios de Resistividad geoelectrica empleando el método de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), se ha usado el dispositivo tipo simétrico tetraelectrónico Schlumberger.

Se han realizado 02 SEVs, cuya ubicación en el área de estudio se realizó de acuerdo a las necesidades requeridas (Ver Anexo E, Plano 6).

El primer SEV se ha ubicado dentro del perímetro del poblado de Chacahuayo, en la calle Libertad, la dirección de tendido se realizó a lo largo de esta calle. Los resultados de este SEV se observan en el cuadro 16.

CUADRO 16
RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE CHACAHUAYO

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	E ₅	E ₅
1	21	1.2	384	0.8	29	13.3	137	60.7	15	---

H1 - Horizonte geoelectrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

Horizonte H1.- Presenta una resistividad de 21 Ohmios-metro y espesor 1.2 metros, está constituido por material aluvio-proluvional con limos y material orgánico, presenta humedad.

Horizonte H2.- Esta segunda estructura geoelectrica tiene resistividad de 384 Ohmios-metro y espesor de 0.8 metros, constituida por material aluvial compactado en matriz limo-arcillosa sin presencia de humedad.

Horizonte H3.- Este horizonte geoelectrico tiene un valor bajo de resistividad de 29 Ohmios-metro y espesor de 13.3 metros, estaría constituida por material de origen aluvial saturado de humedad, por sus características Geofísicas se comporta como una estructura acuífera.

Horizonte H4.- Esta estructura tiene resistividad de 137 Ohmios-metro, su espesor es de 60.7 metros, posiblemente está constituido por materiales pertenecientes al volcánico Tacaza.

Horizonte H5.- Esta estructura presenta una resistividad de 15 Ohmios-metro y de espesor indefinido, estaría constituido por el Grupo Yura, Miembro Cachios, se encuentra saturado de humedad.

Se ha elaborado una columna geoelectrica, constituido por el SEV 1, la ubicación de este punto se observa en el (Anexo E, Plano 6), en el cual se observa una cobertura de origen aluvio-proluvional, la cual en superficie presenta contenido de limos y arcillas así como material de origen orgánico, así mismo se presenta una estructura saturada de humedad; estas descansan sobre material perteneciente al volcánico Tacaza; todas estas sobreyacen a material correspondiente al Grupo Yura, posiblemente Formación Cachios (Anexo C, Figura 4).

- Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de resistividades, se observa que en Chacahuayo, en la parte alta del poblado donde se ubica el SEV1, existe una cobertura superficial de material de origen aluvio-proluvional, en parte saturada de humedad, estas sobreyacen a rocas de origen Volcánico de la formación Tacaza, todas estas estructuras descansan sobre rocas del Grupo Yura, Formación Cachios saturada de humedad, lo cual nos lleva a la conclusión de que se trata de suelos de estabilidad moderada debido a la presencia de agua cerca a la superficie.

El segundo SEV, se ha ubicado en la carretera Chacahuayo - Puquina, la dirección de tendido se realizó a lo largo de la vía. Los resultados de este SEV se observan en el cuadro 17.

CUADRO 17
RESISTIVIDADES Y ESPESORES DE CHACAHUAYO

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
2	167	1.4	65	1.9	1790	3.8	111	---

H1 - Horizonte geoelectrico

R1 - Resistividad

E1 - Espesor de la Estructura Geoelectrica

Horizonte H1.- Presenta una resistividad de 167 Ohmios-metro y espesor 1.4 metros, está constituido por material de origen aluvial con presencia de limos, no presenta humedad.

Horizonte H2.- Esta segunda estructura geoelectrica tiene resistividad de 65 Ohmios-metro y espesor de 1.9 metros, constituida por material aluvial compactado con presencia de humedad.

Horizonte H3.- Este horizonte geoelectrico tiene un valor alto de resistividad de 1790 Ohmios-metro y espesor de 3.8 metros, estaría constituida por material de origen aluvial fuertemente compactado con presencia de limos y arcillas, no se observa contenido de humedad.

Horizonte H4.- Esta estructura tiene resistividad de 111 Ohmios-metro, de espesor indeterminado, posiblemente está constituido por materiales pertenecientes al volcánico Tacaza.

Se ha elaborado una columna geoelectrica, constituido por el SEV 2, la ubicación de este punto se observa en el (Anexo E, Plano 6), en el cual se observa una cobertura de origen aluvial, en algunos sectores fuertemente compactados; estas descansan sobre material posiblemente pertenecientes al volcánico Tacaza (Anexo C, Figura 5).

- Conclusiones.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de SEV, se observa que en las proximidades de Chacahuayo, existe una cobertura superficial de material de origen aluvial fuertemente compactados y con relativa presencia de humedad, estas sobreyacen a rocas de origen Volcánico de la formación Tacaza, lo cual nos lleva a la conclusión de que en este sector se trata de suelos estables.

4.4 ESTUDIO GEOTECNICO

4.4.1 Mecánica de Suelos

Para la realización del estudio de suelos en las localidades de Omate, Puquina y Chacahuayo, se han efectuado pozos de exploración superficiales, comprendidos entre 1.00 m a 2.50 m de profundidad (Fotos; 9 y 10), así como se han empleado los perfiles y cortes existentes, con el objetivo de realizar el muestreo y descripción de las características físicas y mecánicas y de este modo se han zonificado las áreas de estudio.

*** 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 zonas y de acuerdo con las características estratigráficas, obteniéndose muestras, de cada una de las perforaciones realizadas y luego 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**

Son los límites 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, está 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 caracterizar y categorizar en cuatro calidades de suelos, Suelos Tipo I, siendo estos 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 tomara 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 solicitación 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.

4.4.2 Tipos de Suelos

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

4.4.2.1 Localidad de Omate (Suelos tipo II y III)

Caracterizado por suelos aluviales, superficialmente se halla material areno-limoso de color marrón, de baja densidad con alta presencia de arenas eólicas y cenizas volcánicas con una potencia media de 0.80 a 0.90 m de espesor para este material; subyacente se halla conglomerado areno – gravoso de color gris envuelto por una matriz limosa de color

marrón claro, medianamente compacta, presentando en algunos casos intercalaciones de lentes de tufo volcánico de color blanquecino a beige con espesor medio de 10 cm de espesor, las gravas presenta formas sub-redondeadas a redondeadas, con presencia de bloques de diámetro medio entre 0.60 m (Fotos: 11, 12 y 13).

Hacia el sector sur oeste, en las inmediaciones del río Omate, hacia la vía a la localidad de Laje, se ha podido determinar la presencia de gravas angulosas provenientes de rocas sedimentarias en menor cuantía, predominando el material aluvial de origen andesítico. Bajo todas estas características se ha podido establecer valores de capacidad portante comprendidas entre 1.50 a 2.00 kg/cm²

4.4.2.2 Localidad de Puquina (Suelos tipo II y III)

En esta localidad tenemos que diferenciar tres tipos de suelos (Foto 14); uno al sur y dos al norte de la Plaza de Armas, el primer tipo se caracteriza por presentar suelos de naturaleza volcánica constituida por ceniza y materiales piroclásticos que lo hacen hasta cierto punto suelos poco compactos (suelos tipo III), el segundo son suelos aluvio-proluvionales medianamente compactos (Foto 15) y el tercero presenta suelos proluviales y arcillosos (suelos tipo II); de acuerdo con lo avizorado y en función de los resultados obtenidos en laboratorio, se puede establecer valores de capacidad portante de hasta 2.00 Kg/cm².

4.4.2.3 Localidad de Chacahuayo (Suelos tipo II y III)

Se ha caracterizado en dos tipos de suelos, de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas. El primero corresponde a la mayor parte de las viviendas que se encuentran asentadas sobre terrenos aluvio-proluvionales (suelos tipo II) y el segundo esta constituido por material areno-limoso (suelos tipo III), las viviendas en esta zona son de adobe antiguas y precarias por lo que han sufrido daños y en algunos casos de consideración.

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

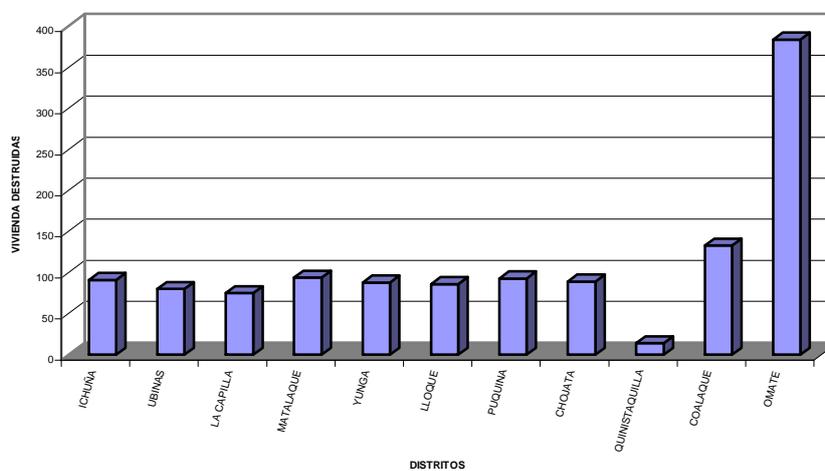
A continuación se detalla la evaluación de daños por el sismo del 23 de junio. Se consideran: viviendas destruidas y afectadas (Urbana y Rural).

CUADRO N° 18
EVALUACIÓN DE DAÑOS DE LA PROVINCIA GRAL. SÁNCHEZ CERRO,
DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

N°	NOMBRE DE LOS DISTRITOS	VIVIENDA			
		UBICACION		ESTADO	
		URBANA	RURAL	DEST.	AFFECT.
1	Distrito de Ichuña		X	91	279
2	Distrito de Ubinas		X	80	310
3	Distrito de la Capilla		X	75	120
4	Distrito de Matalaque		X	94	121
5	Distrito de Yunga		X	88	192
6	Distrito de Lloque		X	86	144
7	Distrito de Puquina		X	93	298
8	Distrito de Chojata		X	89	216
9	Distrito de Quinistaquillas		X	14	123
10	Distrito de Coalaque		X	133	275
11	Distrito de Omate	X	X	384	747

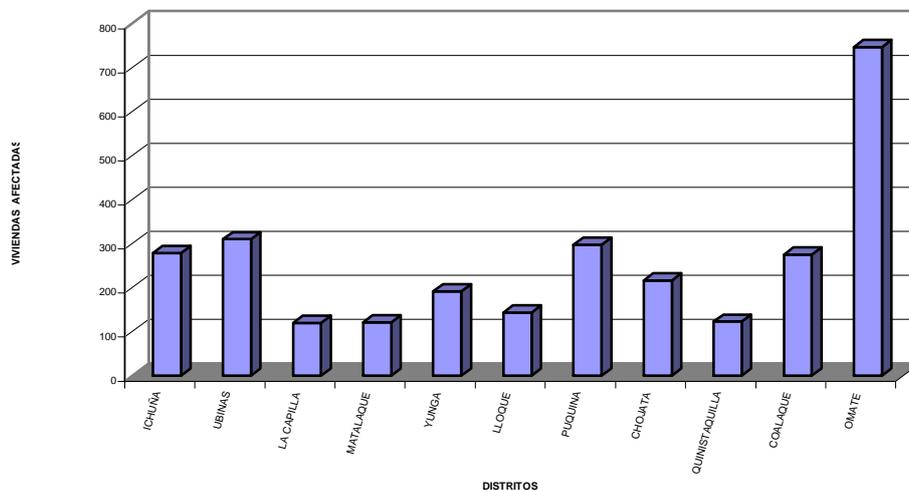
Fuente: Municipalidad de Omate

HISTOGRAMA DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001
DE LOS DISTRITOS DE LA PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA



* En el Distrito de Omate los daños corresponden a Viviendas Urbanas y Rurales

**HISTOGRAMA DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001
DE LOS DISTRITOS DE LA PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA**

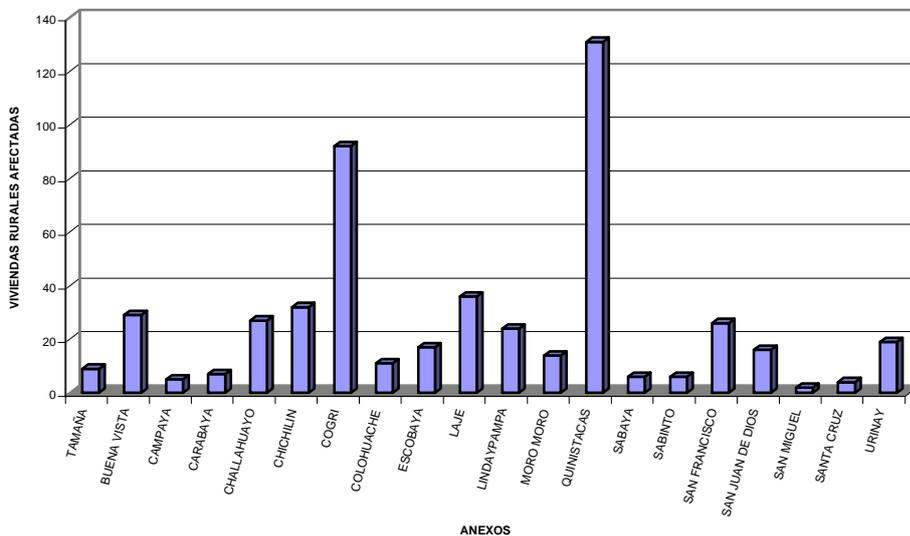


* En el Distrito de Omate los daños corresponden a Viviendas Urbanas y Rurales

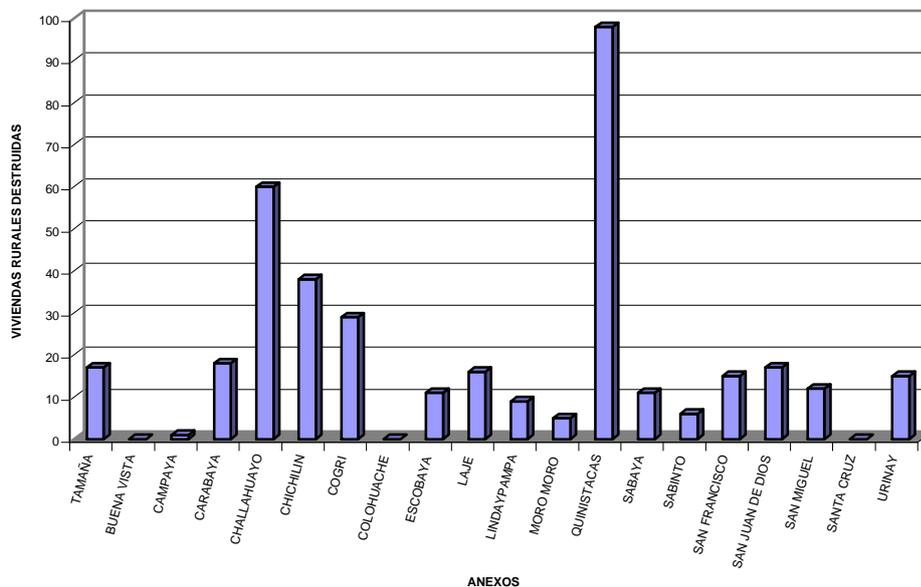
**CUADRO N° 19
EVALUACIÓN DE DAÑOS EN LOS ANEXOS DEL DISTRITO DE OMATE**

N°	NOMBRE DE LOS ANEXOS	VIVIENDA			
		UBICACION		ESTADO	
		URBANA	RURAL	DEST.	AFECT.
1	Tamaña		X	17	9
2	Buena Vista		X	0	29
3	Campaya		X	1	5
4	Carabaya		X	18	7
5	Challahuayo		X	60	27
6	Chichilin		X	38	32
7	Cogri		X	29	92
8	Colohuache		X	0	11
9	Escobaya		X	11	17
10	Laje		X	16	36
11	Lindaypampa		X	9	24
12	Moro Moro		X	5	14
13	Quinistacas		X	98	131
14	Sabaya		X	11	6
15	Sabinto		X	6	6
16	San Francisco		X	15	26
17	San Juan de Dios		X	17	16
18	San Miguel		X	12	2
19	Santa Cruz		X	0	4
20	Urinay		X	15	19

**HISTOGRAMA DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001
PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA
ANEXOS DEL DISTRITO DE OMATE**



**HISTOGRAMA DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 23 DE JUNIO DEL 2001
PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA
ANEXOS DEL DISTRITO DE OMATE**



4.6 MAPA DE PELIGROS DE LAS LOCALIDADES DE OMATE, PUQUINA Y EL ANEXO DE CHACAHUAYO

En los mapas de peligros (Anexo E) se consigna la evaluación de las localidades de Omate, Puquina y el Anexo de Chacahuayo; por inundaciones, pendientes, deslizamiento y derrumbes, efectos de precipitación, activación de quebradas y por reactivación de los mismos. Por efectos del sismo del 23 de junio, se ha logrado precisar diversos sectores con distintos grados de peligrosidad.

- Por efecto del sismo del 23 de junio

A consecuencia del sismo del 23 de junio, han sido afectadas principalmente las viviendas e iglesias de las localidades comprendidas en el presente estudio, (Fotos; 16 y 17).

- Inundación

En el paraje de Pallarumi a una altitud de 1350m, lluvias extraordinarias en la Cuenca Alta del río Tambo y debido a la falta de defensas en sus márgenes, afecta un área de 4km; antes de la desembocadura del río Omate al Tambo.

- Deslizamiento y Derrumbes

Cerca al sector de Chuñuhuayo (Puquina), presenta taludes casi verticales que cuando ocurren sismos se producen caídas de rocas volcánicas, debido a que estas se encuentran muy fracturadas, con taludes casi verticales, pudiendo afectar un pequeño tramo de la carretera que une Puquina-Omate, así como terrenos de cultivo.

En el Cerro Pucará (Omate), por la fuerte pendiente se producen desprendimiento de rocas por sismos, afectaría un canal de regadío y la trocha carrozable que une Omate-Halahuaya.

En la zona de Queanto se producen desprendimientos de rocas lutáceas y carbonosas que están muy fracturadas afectaría la trocha entre Quinistaquillas-Queanto.

Desprendimiento de rocas en el Km 22, carretera Omate-Puquina, rocas sedimentarias del Grupo Yura muy fracturadas interrumpiría el tránsito vehicular.

Frente a Coalaque (Las Mercedes), se producen grandes deslizamientos que afectaría terrenos de cultivo, canales de regadío y caminos de herradura.

Frente al sector de Hembruna ocurren deslizamientos que afectaría terrenos de cultivos observándose escarpas recientes.

En el sector de Qda. Honda (Km 47 Omate-Puquina), se producen deslizamientos debido a la naturaleza de los suelos, que son coluviales medianamente consolidados, siendo el agua de lluvia el factor principal para que se produzca los derrumbes y a su pendiente.

En el paraje denominado Pocohuayo ocurren desprendimiento de rocas, que podría interrumpir el tramo de trocha carrozable Puquina-La Capilla.

En el sector Qda. Santa Catalina se producen desprendimiento de rocas que podría interrumpir la trocha carrozable Omate-Quinistaquillas.

- Por efectos de precipitación

En la zona de Chilata (Puquina) a una altitud de 3070m, los estratos se encuentran en dirección de la pendiente y en épocas de precipitaciones pluviales se presentan deslizamientos, debido a que su suelo no es muy cohesivo afectando terrenos de cultivo.

Entre las Coordenadas UTM: 258001 8161789 (Puquina), a una altitud de 3080m. se producen derrumbes de Lahares inconsolidados de diferentes dimensiones debido a las fuertes precipitaciones pluviales, al mal uso de aguas de riego o cuando se presentan sismos de regular magnitud, afectando los terrenos de cultivo en andenería

En el sector de Cerro Salado cuando se producen lluvias excepcionales ocasionan huaycos que afectan la carretera.

Entre los kilómetros 24 y 25 de la carretera que une Omate con Quinistaquillas, en época de precipitaciones pluviales se presentan huaycos que obstaculizan el tránsito vehicular.

En el kilómetro 26 de la carretera Omate-Quinistaquillas se ha observado que existen depósitos de Lahares antiguos pero estos depósitos son inestables que a la ocurrencia de movimientos sísmicos o a la presencia de fuertes precipitaciones pluviales afectaría la carretera.

En la Qda. Pailogen en épocas de fuertes precipitaciones se producen huaycos afectando la carretera Omate-Quinistaquillas y terrenos de cultivo.

En el sector de la Qda. Tamaña (carretera Omate-Puquina), cuando se presentan lluvias estacionales se producen huaycos que afectan la carretera en un pequeño tramo, se ha observado bloques de regulares dimensiones a pesar que existe un badén.

En el distrito de Coalaque, puente Aguada Buena (carretera Omate-Puquina), en época de lluvias estacionales y deshielo, afectan el caudal y el poder erosivo de la Qda., erosionando aguas arriba del puente en su margen izquierda.

En el Kilómetro 11 de la carretera Omate-Puquina se producen caída de rocas debido a la presencia de taludes de fuerte pendiente, las rocas son sedimentarias, fracturadas, afectando la carretera.

En el sector La Guisa (margen izquierda del río Vagabundo), en época de verano y cuando se producen fuertes lluvias se incrementa el caudal y poder erosivo del río Vagabundo, afectando terrenos de cultivo.

En la Qda. Zegarra, se presenta huaycos en épocas de precipitación pluvial que afectaría la carretera.

Debido a lluvias estacionales se producen huaycos afectando la carretera Omate-Puquina en el Kilómetro 14, (Puente Amarillo).

En épocas de fuerte precipitación pluvial la Qda. Chulchuña puede ingresar, afectando la trocha Puquina-Capilla y terrenos de cultivo aguas abajo.

Lluvias estacionales a excepcionales en la margen izquierda del río Tambo pueden originar Huaycos en el sector Campaya (Qda. Churumur).

-Reactivación de deslizamientos

Frente a Caimán se observan de 2 a 3 escarpas rectas de gran longitud, su reactivación puede represar el río Puquina, afecta también el canal de regadío y caminos de herradura.

-Reactivación de quebradas por precipitación pluvial

En la Quebrada de Orlaque (Km 73 Arequipa-Puquina) se producen huaycos reactivando esta quebrada en períodos de precipitación pluvial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

* Omate

- Método Sísmico

- Mediante el método sísmico se ha logrado determinar en la localidad de Omate dos a tres estructuras superficiales, estos suelos son relativamente estables por sus características geotécnicas; consistente en materiales piroclásticos y fundamentalmente aluviales.
- Los mayores efectos registrados en las viviendas por el terremoto del 23 de junio del 2001, han sido por el tipo de construcción en adobe y por su precariedad.

- Método de Resistividades

- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de resistividad la localidad de Omate se encuentra emplazada sobre suelos constituidos por una cobertura de origen aluvial compactado y con poca presencia de humedad, siendo suelos estables. Estas descansan sobre rocas sedimentarias (formación Omate), las mismas que se sobreyacen al Grupo Yura.

-Geotécnia

- El estudio efectuado en la localidad de Omate, capital de la provincia de Gral. Sánchez Cerro, se observa que la pendiente topográfica es moderada en dirección Este a Oeste, se ha podido caracterizar la presencia de materiales sedimentarios y eólicos superficialmente con un espesor promedio entre 0.80 a 0.90 m, subyaciendo se tiene gravas arenosas con matriz limosa propias de material aluvial de moderada compacidad.
- El material aluvial presenta espesores variados en la dirección de la pendiente, la misma que permite un flujo de escorrentía natural, en general presenta un suelo tipo II de origen granular medianamente denso, no habiéndose presentado indicios de deformaciones por asentamientos diferenciales en el sismo del 23 de junio del 2001.
- Los piroclásticos provenientes de la erupción del volcán Huynaputina se encuentran depositados en la parte alta del poblado de Omate y que constituiría la zona menos estable por su grado de compresibilidad y alta deformabilidad, por todas estas características, se ha establecido el valor de capacidad portante de los suelos entre 1.50 a 2.00 kg/cm².
- Habiéndose establecido que los daños se debieron principalmente a la antigüedad de las construcciones por un lado y por otro lado la precariedad de las construcciones, por ello, es recomendable un adecuado sistema de construcción, con un control y dirección técnica profesional correspondiente, así como 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.

* Puquina

- Método Sísmico

- De acuerdo al estudio realizado, se ha determinado que los suelos del poblado de Puquina se pueden dividir en tres zonas en función a la densidad y velocidades sísmicas, en la zona Sur le corresponde materiales volcánicos (cenizas y material piroclástico) de baja densidad y menor velocidad.
- La segunda zona presenta mejores condiciones en cuanto a densidad y velocidad.
- La tercera zona esta constituida por materiales proluviales con diferentes espesores y densidades.

- Método de Resistividades

- Los resultados obtenidos por el método de resistividades, nos ha permitido determinar una cobertura superficial de material aluvio-proluvial en la parte central y Norte donde se encuentra asentada la población, mientras que en el sector Sur hay una estructura de origen volcánico, saturado de agua, que lo hace menos estable.

-Geotécnia

- Se ha caracterizado básicamente tres tipos de suelos, de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas.
- El primero se encuentra ubicado al de la Plaza de Armas, caracterizado por presentar suelos de naturaleza volcánica constituido por cenizas y materiales piroclásticos.
- El segundo se emplaza en la parte central, donde los suelos son aluvio-proluvionales medianamente compactos.
- El tercero constituido por materiales proluviales y arcillosos.
- En términos generales podemos decir, que los daños mayores se han presentado en el primer tipo de suelos por su propia naturaleza, siendo menores en el segundo y tercero.

* Chacahuayo

- Método Sísmico

- Los suelos en el Anexo de Chacahuayo corresponden a depósitos aluvio-proluvionales areno-limosos.
- Las velocidades de las ondas sísmicas obtenidas, ha permitido determinar que la zona donde se encuentra asentada la mayor parte de la población, presenta suelos con mejores condiciones que los de la parte central que están constituidos por materiales de menor densidad.

- Método de Resistividades

- De acuerdo a los resultados obtenidos por el método de resistividades, se observa que en la parte alta del poblado de Chacahuayo existe una cobertura superficial de origen aluvio-proluvial, saturada de humedad, estas sobreyacen a rocas de origen volcánico (formación Tacaza y todas descansan sobre rocas del Grupo Yura, en general se trata de suelos de estabilidad moderada debido a la presencia de agua muy superficial.

- Geotécnia

- Se ha caracterizado dos tipos de suelos de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas
- El primero son suelos ligeramente estables constituidos por materiales aluvio-proluvionales, donde se encuentran emplazadas la mayor parte de las viviendas.
- El segundo está situado en la parte central del Anexo de Chacahuayo son suelos menos densos conformado por material areno-limoso.
- Los daños ocasionados por el sismo del 23 de junio del 2001 esta en función del tipo de suelos y a la precariedad de las viviendas que son de adobe y muy antiguas.

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

- En las zonas de Estudio, a consecuencia del sismo del 23 de junio del 2001, han sido afectadas principalmente las viviendas, iglesias, canales de regadío y vías carrozables que unen con los diferentes Anexos.

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.
- 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.
- García Márquez Wilfredo, (1978) “Geología de los Cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma”, Boletín N°29, Instituto de Geología y Minería. Lima .
- Gonzáles-Ferrán Oscar (1994) Volcanes de Chile. Instituto Geográfico Militar.
- Gonzáles, Z. Katherine (2001) Estudio estructural y del sistema hidrotermal del volcán Ubinas aplicando métodos geofísicos y geoquímicos Tesis de Ingeniero Geofísico Facultad de Geología, Geofísica y Minas.
- Grange, F., Hatzfeld, D., Cunningham, P., Molnar, P., Roecker, S.W., Suárez, G., Rodriguez,A. & Ocola, L., (1984). Tectonic implications of the microearthquake seismicity and faulty 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.
- 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 Jeronimo Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994.
 - Kosaka M. Soto V. Palza A-B. Minaya L. Estudio Geofísico en las Lagunas de Comerccocha y Senejillayoc. Región Inka Arequipa Junio 1995.
 - Kosaka R., Gonzáles E., Minaya A., Soto J. Campaña Sísmica del Valle del Colca y el Volcán Sabancaya Arequipa, mayo, 1995.
 - Kosaka R., Gonzáles E. Palza H., Minaya A., Farfán E., Ticona J. (2001) Evaluación de Peligros de la Ciudad de Moquegua.
 - Metaxian, J.P., Ramos, D., Macedo, O., Finizola, A., & Inza. A. (1999). Reporte sísmico preliminar de la misión a los volcanes Ubinas y Misti en el Sur del Perú (Marzo-10 de Abril de 1998). Inf. Int. IGP.
 - 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.
 - Rivera, P.M. (1997) EL volcán Ubinas (Sur del Perú): Geología, Historia Eruptiva y Evaluación de las amenazas volcánicas actuales Tesis profesiona, Universidad Nacional San Marcos. Lima, Perú.
 - Rivera M., Thouret J-C., Macedo O., Finizola A. Dávila J. y Gourgaud A. (1997) Ubinas, El Volcán más activo del Perú desde 1552: reconocimiento geológico y evaluación de las amenazas volcánicas actuales. IX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú Vol. Esp.1 Lima 489-492.
 - 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.

ANEXOS

A. LISTA DE PERFILES SISMICOS

OMATE

1. Perfil sísmico, C.N. Mariscal Domingo Nieto-Campo deportivo
2. Perfil sísmico, Calle Alto Lima-Casa Térmica
3. Perfil sísmico, Calle Prolongación Moquegua
4. Perfil sísmico, Terrenos de cultivo-sector Lindaypampa

PUQUINA

1. Perfil sísmico, Calle Ramón Castilla, 2da cuadra
2. Perfil sísmico, Oeste de la Plaza de Armas
3. Perfil sísmico, Calle Ramón Castilla-Costado de Catedral
4. Perfil sísmico, Calle Ayacucho-Junin
5. Perfil sísmico, Av. Moquegua
6. Perfil sísmico, Centro Educativo-Campo deportivo

CHACAHUAYO

1. Perfil sísmico, Calle Libertad-Union
2. Perfil sísmico, Colegio Técnico Agropecuario-Chacahuayo
3. Perfil sísmico, Calle 28 de julio
4. Perfil sísmico, Sector Buenavista

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

OMATE

1. Columna Sísmica, C.N. Mariscal Domingo Nieto-Campo deportivo
2. Columna Sísmica, Calle Alto Lima-Casa Térmica
3. Columna Sísmica, Calle Prolongación Moquegua
4. Columna Sísmica, Terrenos de cultivo-sector Lindaypampa

PUQUINA

1. Columna Sísmica, Calle Ramón Castilla, 2da cuadra
2. Columna Sísmica, Oeste de la Plaza de Armas
3. Columna Sísmica, Calle Ramón Castilla-Costado de Catedral
4. Columna Sísmica, Calle Ayacucho-Junin
5. Columna Sísmica, Av. Moquegua
6. Columna Sísmica, Centro Educativo-Campo deportivo

CHACAHUAYO

1. Columna Sísmica, Calle Libertad-Union
2. Columna Sísmica, Colegio Técnico Agropecuario-Chacahuayo
3. Columna Sísmica, Calle 28 de julio
4. Columna Sísmica, Sector Buenavista

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

1. PERFIL GEOELECTRICO DE OMATE
2. COLUMNA GEOELECTRICA DE OMATE
3. PERFIL GEOELECTRICO DE PUQUINA
4. COLUMNA GEOELECTRICA DE CHACAHUAYO
5. COLUMNA GEOELECTRICA DE CHACAHUAYO

D. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

- Omate
 - Ensayo Contenido de Humedad
 - Ensayo Densidad Máxima, Mínima
 - Ensayo Gravedad Específica
 - Ensayo Granulométrico Mecánico
 - Ensayo Corte Directo

- Puquina
 - Ensayo Contenido de Humedad
 - Ensayo Densidad Máxima, Mínima
 - Ensayo Gravedad Específica
 - Ensayo Granulométrico Mecánico
 - Ensayo Peso volumétrico, de suelos cohesivos
 - Ensayo Corte Directo

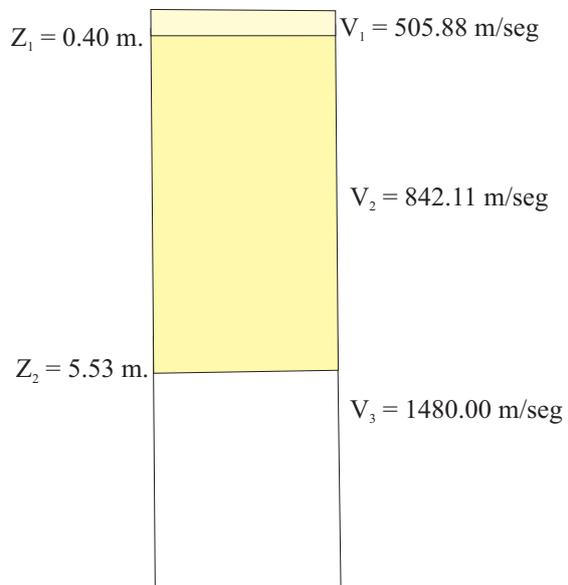
- Chacahuayo
 - Ensayo Contenido de Humedad
 - Ensayo Densidad Máxima, Mínima
 - Ensayo Gravedad Específica
 - Ensayo Granulométrico Mecánico
 - Ensayo Corte Directo

E. LISTA DE PLANOS

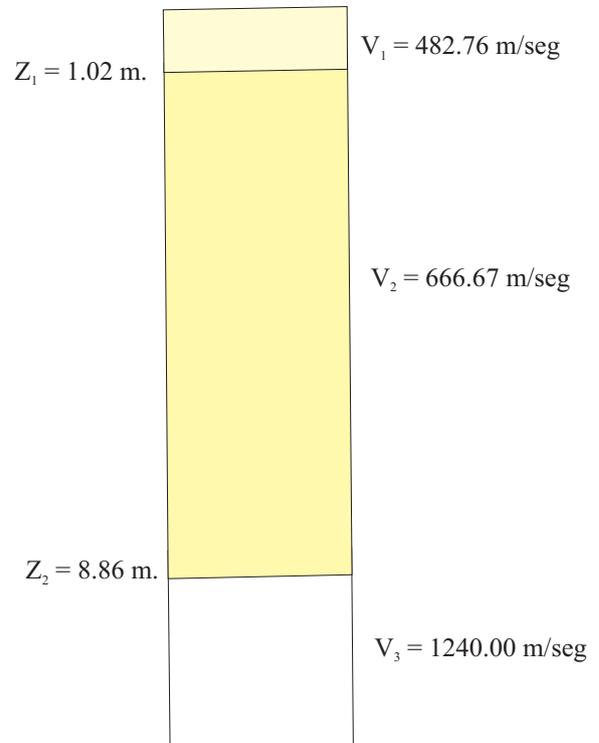
1. Plano de Ubicación: Refracción Sísmica, SEVs, Perfiles y Calicatas (Omate)
2. Plano de Ubicación: Refracción Sísmica, SEVs, Perfiles y Calicatas (Puquina)
3. Plano de Ubicación: Refracción Sísmica, SEVs, Perfiles y Calicatas (Chacahuayo).
4. Plano de Zonificación Sísmica (Omate)
5. Plano de Zonificación Sísmica (Puquina)
6. Plano de Zonificación Sísmica (Chacahuayo)
7. Plano de Activación de quebradas y deslizamientos de Omate
8. Plano de Activación de quebradas y deslizamientos de Puquina y Chacahuayo
9. Plano de Peligros (Omate, Puquina y Chacahuayo)

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

OMATE - RS 1
(C.N. Mrcal. Domingo Nieto)



OMATE - RS 2
(Calle Alto Lima frente a casa térmica)



Leyenda

-  Material aluvial suelto
-  Material aluvial algo compacto
-  Basamento rocoso (Posible formación Omate)

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



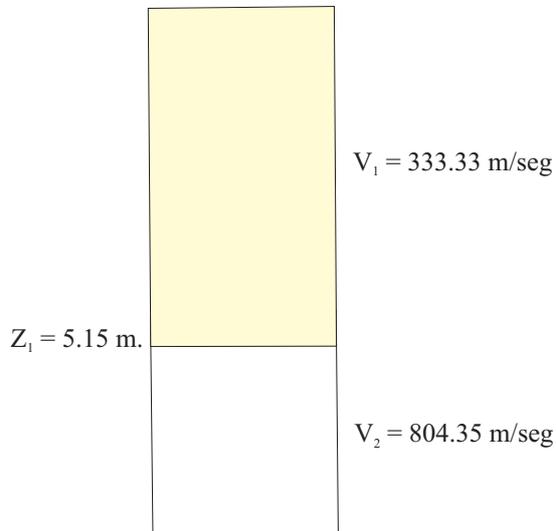
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
OMATE

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 1

**OMATE - RS 3
(Calle Prolongación Moquegua)**

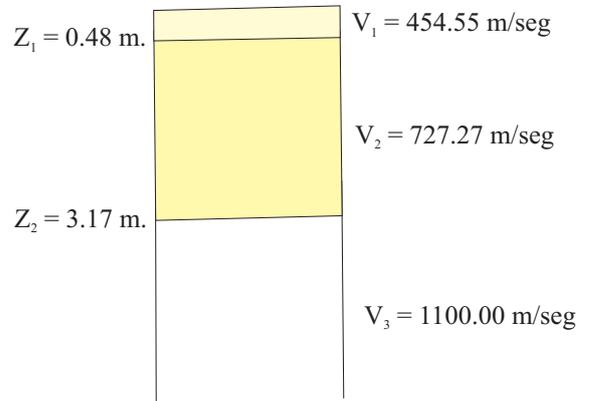


Leyenda

-  Material piroclástico y aluviales sueltos
-  Material aluvial algo compacto

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

**OMATE - RS 4
(Sector Lindaypampa)**



Leyenda

-  Suelos de cultivo
-  Material aluvial
-  Depósitos aluviales

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



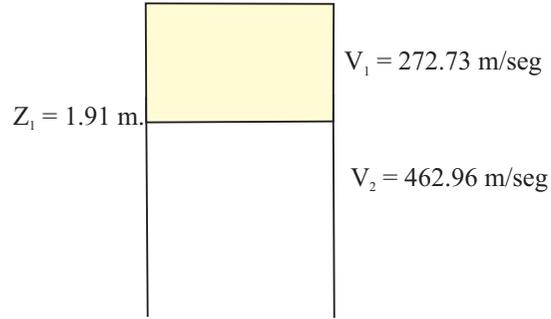
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
 OMATE

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 2

PUQUINA 1 - RS 5
(Calle Ramón Castilla - 2da cuadra)



Leyenda

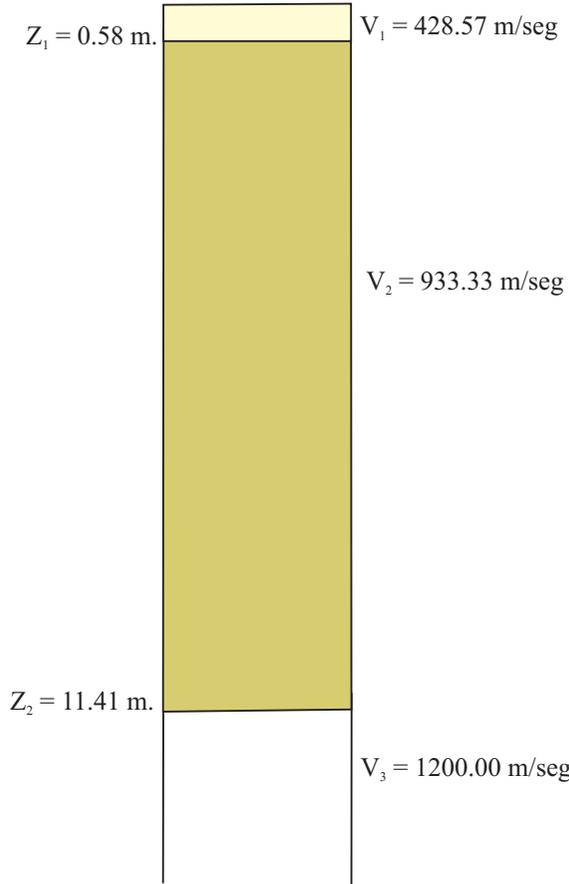
 Material volcánico inconsolidado

 Material volcánico

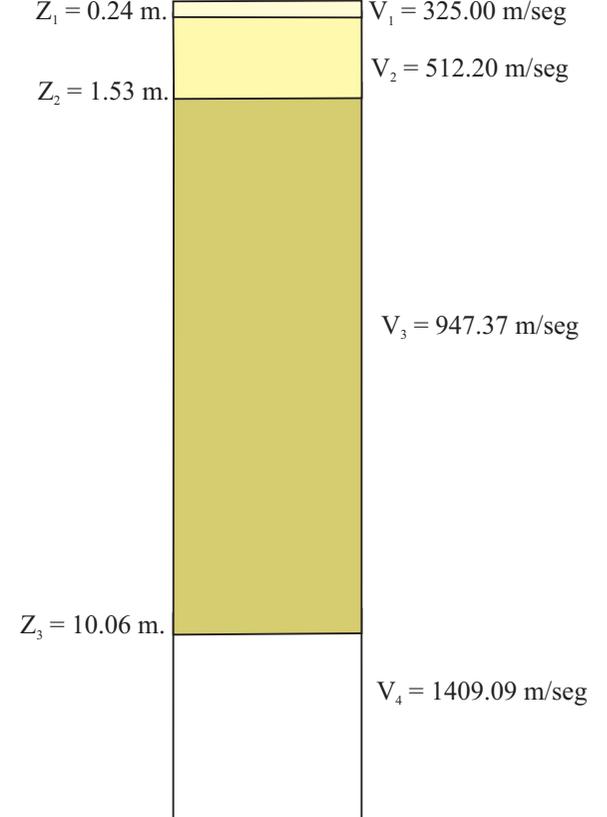
$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad

PUQUINA 2 - RS 6
(Oeste de Plaza de Armas)



PUQUINA 3 - RS 7
(Calle Ramón Castilla - costado de Catedral)



Leyenda

 Materiales recientes

 Materiales recientes compactados

 Material de origen volcánico

 Material volcánico algo compacto

$Z_1 \dots =$ Profundidad

$V_1 \dots =$ Velocidad



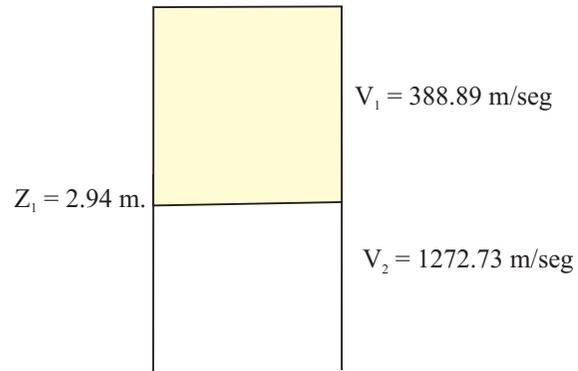
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PUQUINA

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 3

PUQUINA 4 - RS 8
(Calle Ayacucho - Junín)

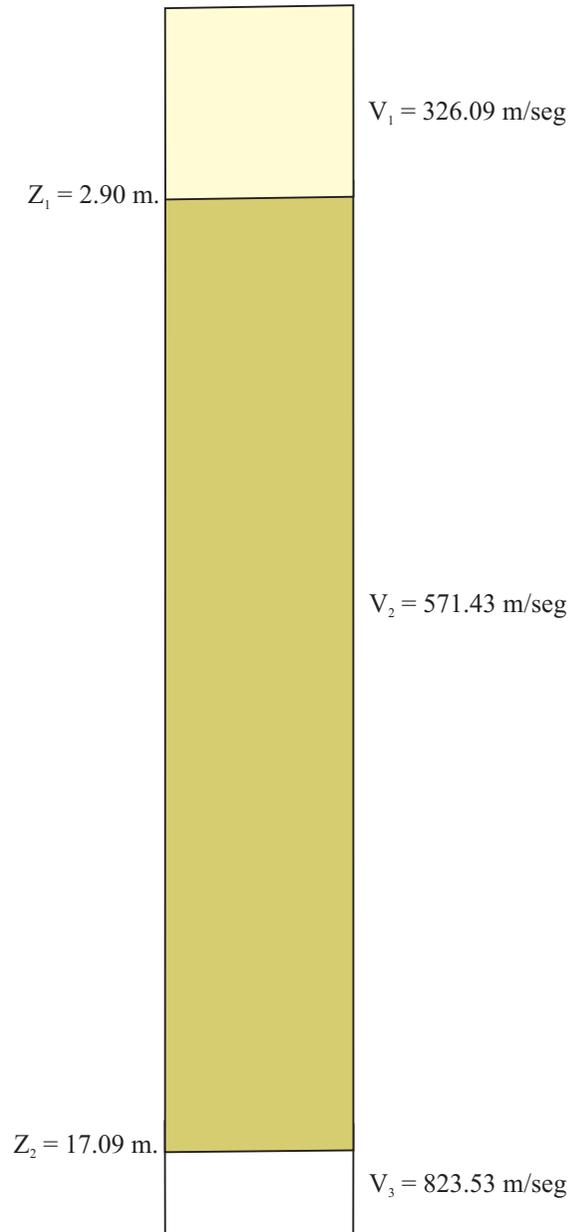


Leyenda RS: 8 y 10

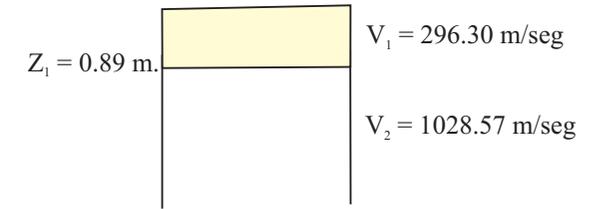
- Materiales de origen proluvial
- Basamento rocoso (probable Formación Yura)

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

PUQUINA 5 - RS 9
(Av. Moquegua)



PUQUINA 6 - RS 10
(Centro Educativo - campo deportivo)



Leyenda RS: 9

- Material de origen proluvial
- Material de origen proluvial algo compacto
- Material proluvial más compacto

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



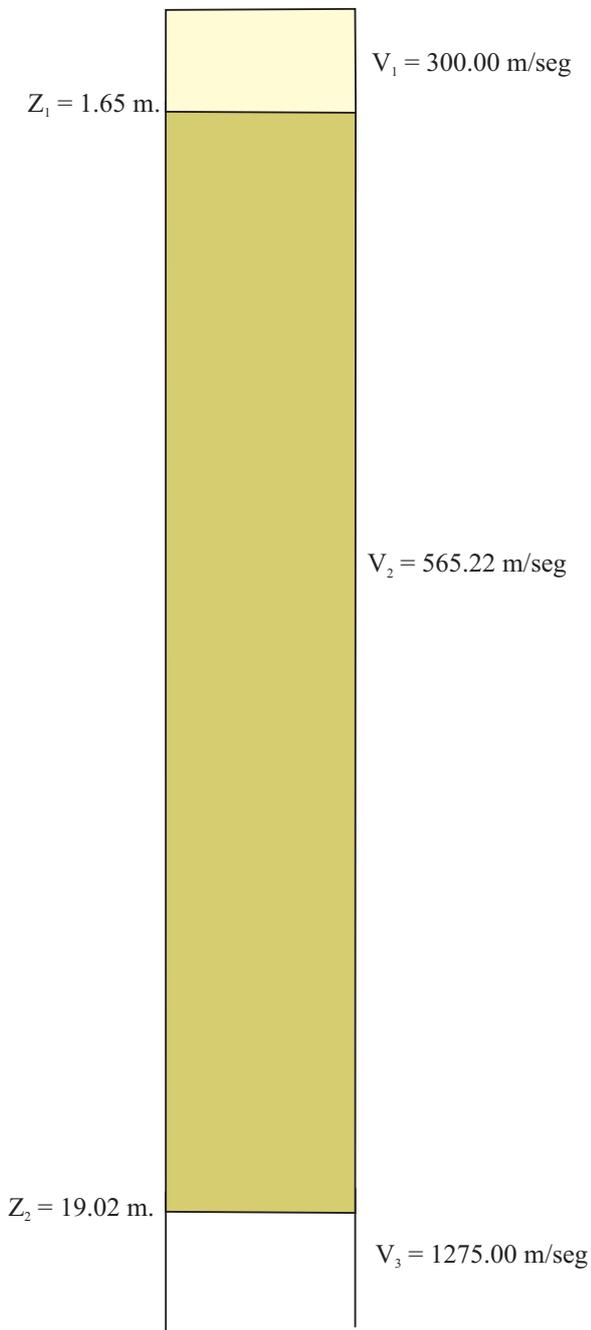
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
PUQUINA

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 4

CHACAHUAYO 1 - RS 11
(Calle Libertad - Unión)

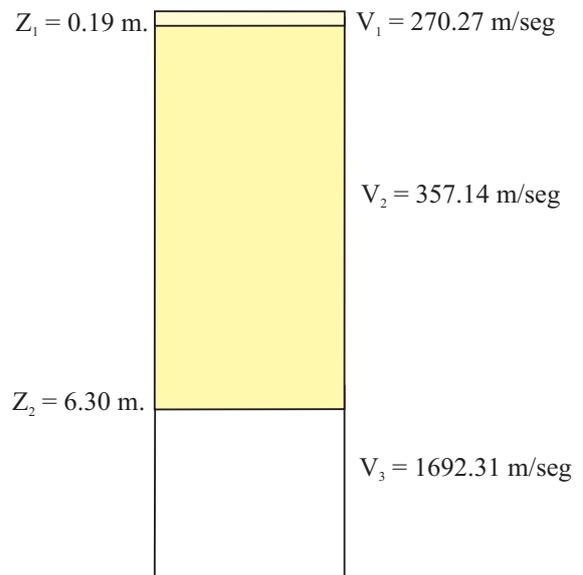


Leyenda RS: 11

- Material de origen aluvio-proluvional
- Material de origen aluvio-proluvional algo compacto
- Material de origen volcánico

Z₁ = Profundidad
V₁.... = Velocidad

CHACAHUAYO 2 - RS 12
(Colegio Técnico Agropecuario Chacahuayo)



Leyenda RS 12

- Suelo areno-limoso
- Suelo areno-limoso más compacto
- Material de origen volcánico

Z₁ = Profundidad
V₁.... = Velocidad



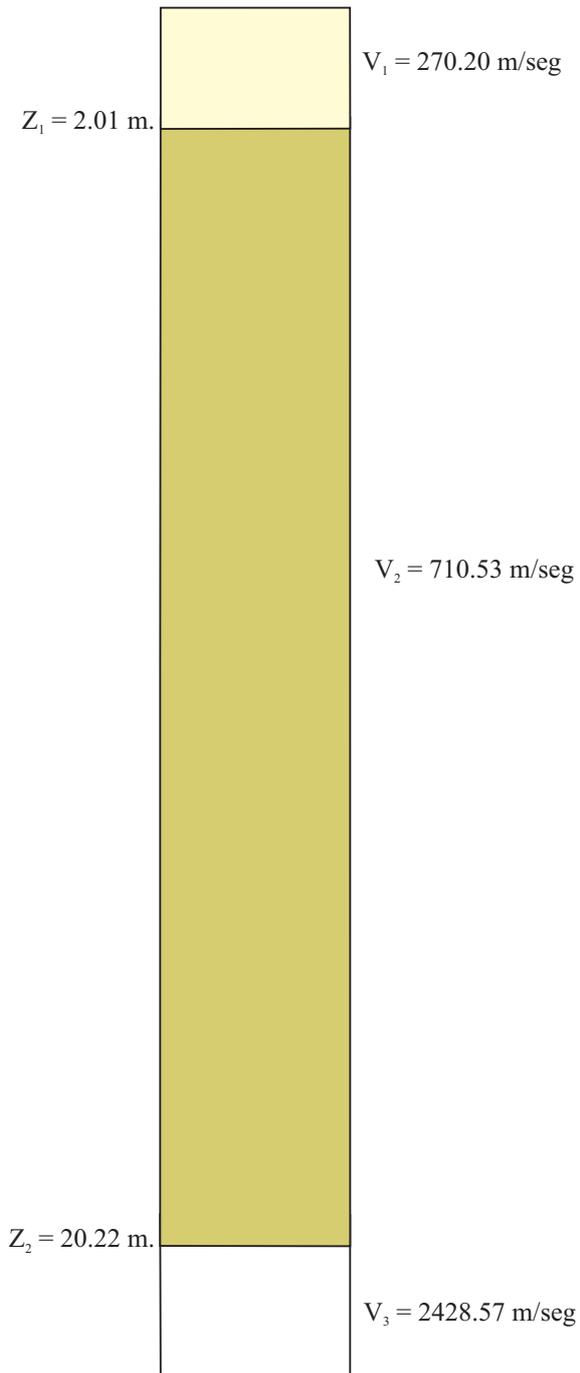
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
CHACAHUAYO

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 5

CHACAHUAYO 3 - RS 13
(Calle 28 de Julio)

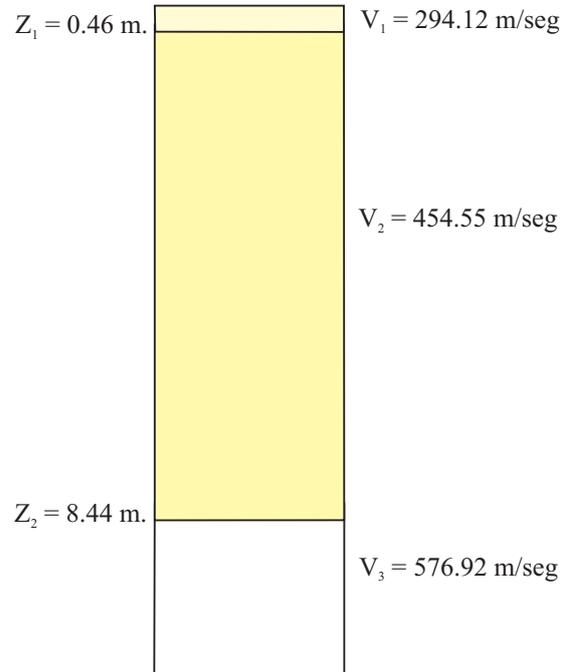


Leyenda RS: 13

- Material de origen aluvio-proluvional
- Material de origen aluvio-proluvional algo compacto
- Material de origen volcánico

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

CHACAHUAYO 4 - RS 14
(Sector Buena Vista)



Leyenda RS: 14

- Flujos de barro y conglomerados
- Flujos de barro y conglomerados algo compacto
- Flujos de barro y conglomerados compactos

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



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

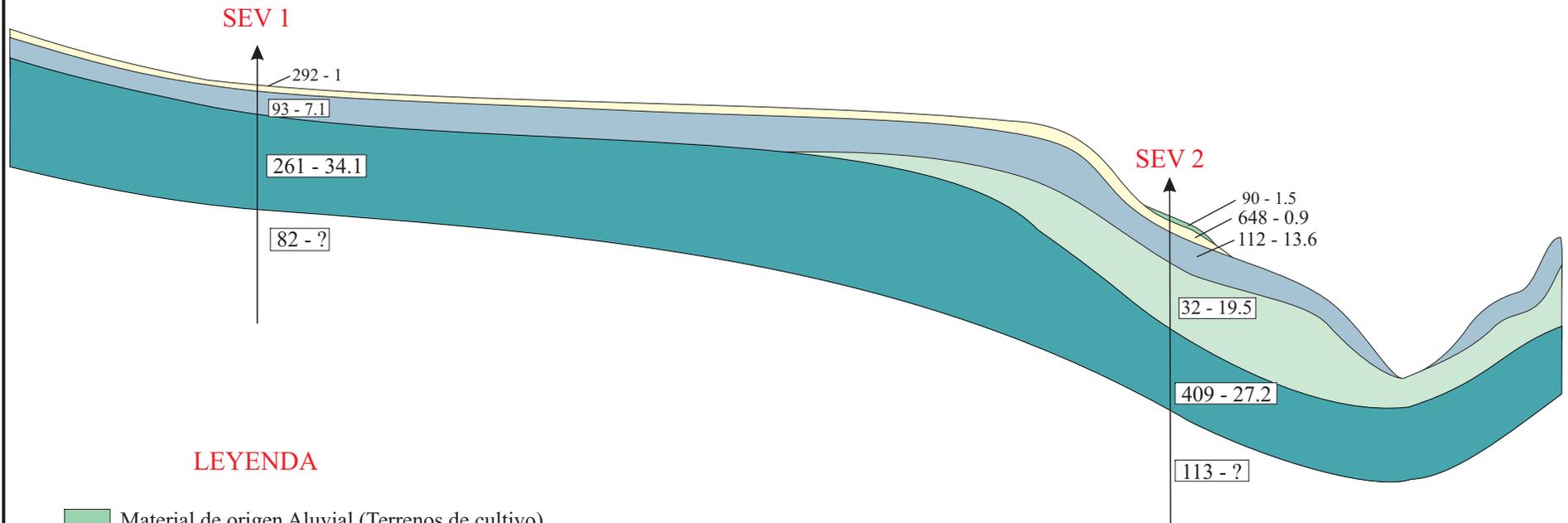
COLUMNA SISMICA
CHACAHUAYO

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 6

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

PERFIL GEOELECTRICO DE OMATE



LEYENDA

- Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
- Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
- Material de origen Aluvio-proluvional (Compactado, poco humedo)
- Material Pertenciente al Grupo Yura (Miembro Cachios, Saturado de Humedad)
- Material Pertenciente al Grupo Yura (Miembro Cachios)
- Material Pertenciente al Grupo Yura (Miembro Cachios)

$\frac{16 - 11.6}{\text{Resistividad - Espesor}}$



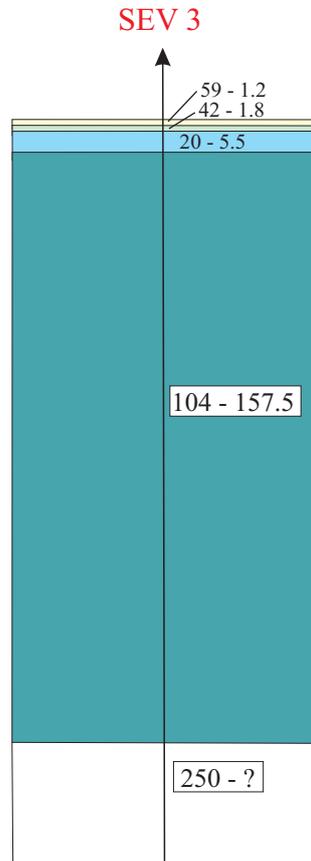
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

**PERFIL GEOELECTRICO
 DE OMATE**

Fecha: Enero, 2002

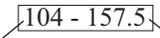
Fig. N° 1

COLUMNA GEOELECTRICA DE OMATE



LEYENDA

-  Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
-  Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
-  Material de origen Aluvio-proluvional (Compactado sin humedad)
-  Material Perteneiente al Grupo Yura (Miembro Cachios, Saturado de Humedad)
-  Material Perteneiente al Grupo Yura (Miembro Cachios)


Resistividad - Espesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

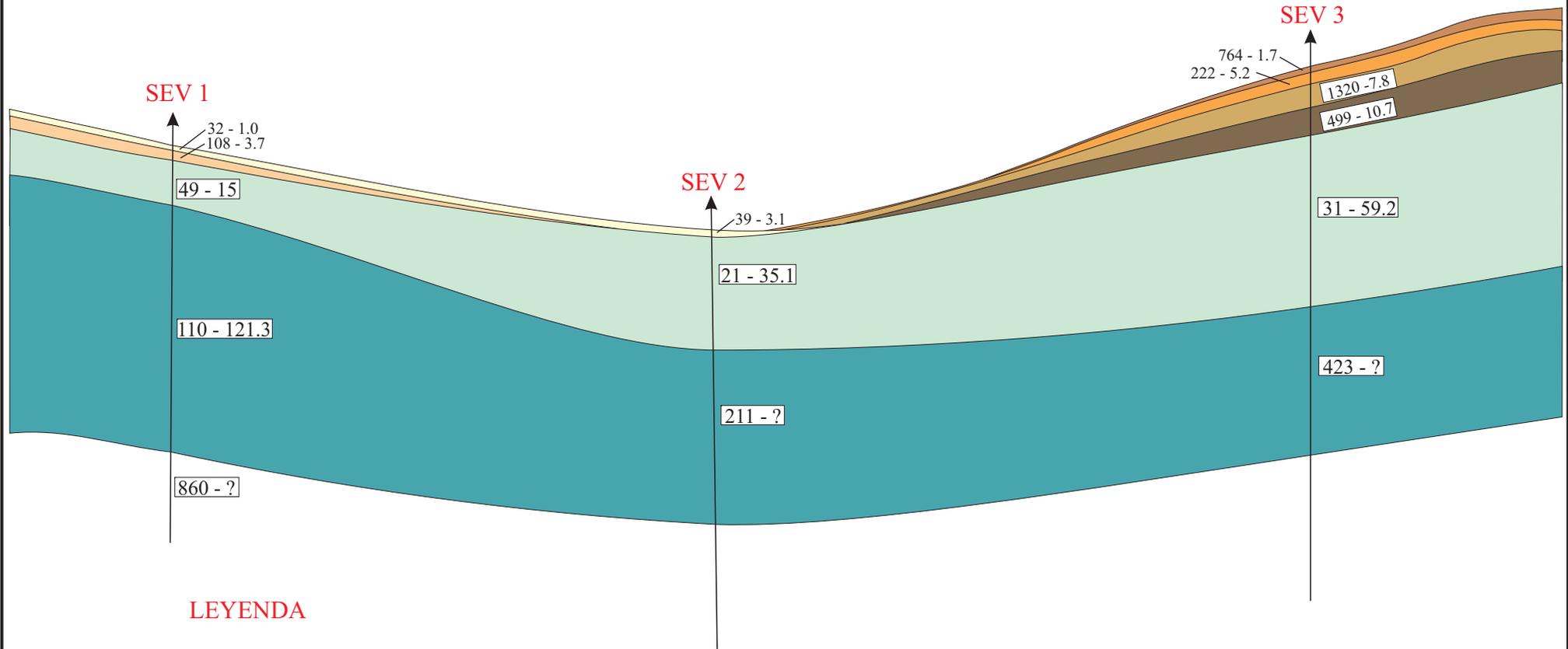
**INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA GEOELÉCTRICA
DE OMATE**

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 2

PERFIL GEOELECTRICO DE PUQUINA



LEYENDA

- Material de origen volcánico
- Material de origen Aluvial (Terrenos de cultivo)
- Material de origen Aluvial
- Material perteneciente al Grupo Yura (Formación Cachios con humedad)
- Material Perteneciente al Grupo Yura (Miembro Cachios sin Humedad)
- Material Perteneciente al Grupo Yura (Miembro Puente)

16 - 11.6
Resistividad - Espesor



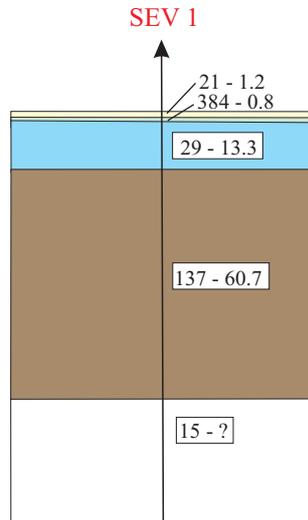
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO DE PUQUINA

Fecha: enero, 2002

Fig. N° 3

COLUMNA GEOELECTRICA DE CHACAHUAYO



LEYENDA

- Material de origen Aluvial
- Material de origen Aluvial (compactado sin humedad)
- Material de origen Aluvio-proluvional (saturado de humedad)
- Material Perteneiente al Volcánico Tacaza
- Material Perteneiente al Grupo Yura (Miembro Cachios)

104 - 157.5
 Resistividad - Espesor



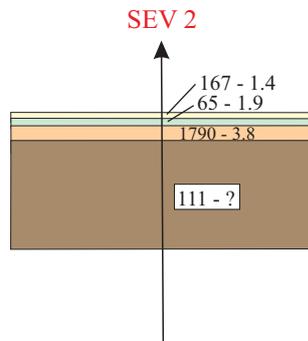
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA GEOELECTRICA
DE CHACAHUAYO

Fecha: Enero, 2002

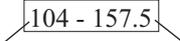
Fig. N° 4

COLUMNA GEOELECTRICA DE CHACAHUAYO



LEYENDA

-  Material de origen Aluvial
-  Material de origen Aluvial (compactado sin humedad)
-  Material de origen Aluvio-proluvional (fuertemente compactado sin humedad)
-  Material Perteneiente al Volcánico Tacaza

 104 - 157.5
Resistividad - Espesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

**INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI**

**COLUMNA GEOELECTRICA
DE CHACAHUAYO**

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 5

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO



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 : C - 1 M - 2 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.50 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	2759,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	2428,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	331,0	
Peso de la muestra seca	(g)	2428,0	
Contenido de humedad	(%)	13,63	

Contenido de Humedad Promedio (%)	13,63
--	--------------

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 : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.30 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)	2543,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	2063,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	480,0	
Peso de la muestra seca	(g)	2063,0	
Contenido de humedad	(%)	23,27	

Contenido de Humedad Promedio (%)	23,27
--	--------------

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 : C - 4 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Moquegua (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.80 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1164,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	943,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	221,0	
Peso de la muestra seca	(g)	943,0	
Contenido de humedad	(%)	23,44	

Contenido de Humedad Promedio (%)	23,44
--	--------------

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 : C - 3 M - 1 **UBICACIÓN :** Plaza de Armas (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1795,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	1713,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	82,0	
Peso de la muestra seca	(g)	1713,0	
Contenido de humedad	(%)	4,79	

Contenido de Humedad Promedio (%)	4,79
--	-------------

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 : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Colegio Técnico Agropecuario (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1207,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	773,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	434,0	
Peso de la muestra seca	(g)	773,0	
Contenido de humedad	(%)	56,14	

Contenido de Humedad Promedio (%)	56,14
--	--------------

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 : C - 2 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Bolognesi (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1539,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	1262,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	277,0	
Peso de la muestra seca	(g)	1262,0	
Contenido de humedad	(%)	21,95	

Contenido de Humedad Promedio (%)	21,95
--	--------------

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 28 de Julio (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 2 m. **FECHA :** 26/12/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	0,0	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1115,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	1069,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	46,0	
Peso de la muestra seca	(g)	1069,0	
Contenido de humedad	(%)	4,30	

Contenido de Humedad Promedio (%)	4,30
--	-------------

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 CORTE DIRECTO
 CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143



SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 1 M - 2 **UBICACION:** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.50 m. **FECHA :** 26/12/2001

TANGENCIAL δh (mm.)	σ (kg/cm ²)				
	1,263	2,526	3,789	5,052	6,315
	τ (kg/cm ²)				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,11	0,76	0,83	0,96	
0,40	0,20	0,93	1,16	1,44	
0,60	0,33	1,07	1,47	1,80	
0,80	0,43	1,20	1,68	2,07	
1,00	0,52	1,32	1,87	2,37	
1,20	0,60	1,44	2,04	2,61	
1,40	0,66	1,52	2,18	2,81	
1,60	0,72	1,61	2,33	2,99	
1,80	0,78	1,70	2,45	3,17	
2,00	0,83	1,76	2,55	3,30	
2,20	0,88	1,83	2,65	3,43	
2,40	0,91	1,88	2,74	3,55	
2,60	0,94	1,93	2,82	3,64	
2,80	0,95	1,97	2,88	3,74	
3,00	0,96	2,00	2,93	3,82	
3,20	0,97	2,00	2,97	3,87	
3,40	0,98	2,01	3,01	3,91	
3,60	0,98	2,00	3,03	3,94	
3,80	0,98	2,00	3,04	3,97	
4,00	0,97	2,00	3,06	3,97	
4,20	0,96	2,00	3,06	3,96	
4,40	0,96	1,99	3,05	3,94	
4,60	0,95	1,98	3,03	3,92	
4,80	0,94	1,98	3,01	3,91	
5,00	0,92	1,97	2,97	3,89	
5,20	0,90	1,97		3,87	
5,40					
5,60					
5,80					

Contenido de humedad	0,0 %
Ángulo de Rozamiento interno	38,4 °
Cohesión efectiva	0,00 kg/cm ²

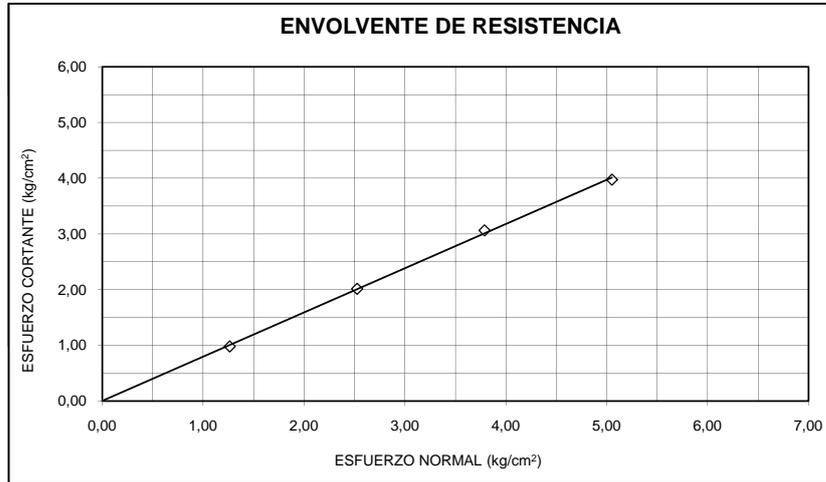
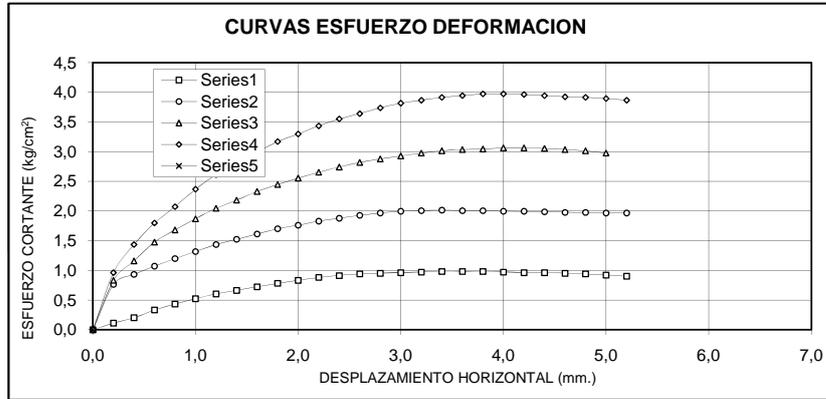
OBSERVACIONES: La muestra (alterada) fue puesta en el laboratorio por los inter

σ
τ
w
<
c



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 1 M - 2 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.50 m. **FECHA :** 00/01/1900



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

σ
 τ

kg/cm²	1,26	2,53	3,79	5,05	
kg/cm²	0,98	2,01	3,06	3,97	
%	0,00				
o	0,794	38,4			
kg/cm²	0,002	0,00			

JEAN PAUL PAREDES CUEVA



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 3 M - 1 UBICACIÓN : Plaza de Armas (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. FECHA : 26/12/2001

TANGENCIAL δh (mm.)	σ (kg/cm ²)				
	1,263	2,526	3,789	5,052	6,315
	τ (kg/cm ²)				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,20	0,28	0,59	0,88	
0,40	0,28	0,44	0,82	1,25	
0,60	0,35	0,62	1,03	1,54	
0,80	0,41	0,75	1,21	1,80	
1,00	0,46	0,85	1,36	1,99	
1,20	0,51	0,94	1,47	2,17	
1,40	0,56	1,02	1,58	2,33	
1,60	0,60	1,09	1,70	2,47	
1,80	0,64	1,16	1,80	2,58	
2,00	0,68	1,23	1,89	2,69	
2,20	0,71	1,29	1,98	2,79	
2,40	0,73	1,35	2,05	2,88	
2,60	0,75	1,40	2,13	2,95	
2,80	0,77	1,44	2,20	3,01	
3,00	0,80	1,48	2,27	3,08	
3,20	0,81	1,52	2,31	3,15	
3,40	0,83	1,55	2,36	3,20	
3,60	0,84	1,58	2,40	3,24	
3,80	0,85	1,61	2,44	3,28	
4,00	0,86	1,63	2,48	3,31	
4,20	0,86	1,65	2,51	3,34	
4,40	0,86	1,67	2,53	3,37	
4,60	0,85	1,68	2,56	3,38	
4,80	0,83	1,68	2,60	3,38	
5,00		1,68	2,61	3,38	
5,20		1,67	2,61	3,38	
5,40		1,67	2,61	3,38	
5,60		1,66	2,60	3,36	
5,80			2,57	3,32	

Contenido de humedad	0,0 %
Ángulo de Rozamiento interno	33,9 °
Cohesión efectiva	0,00 kg/cm ²

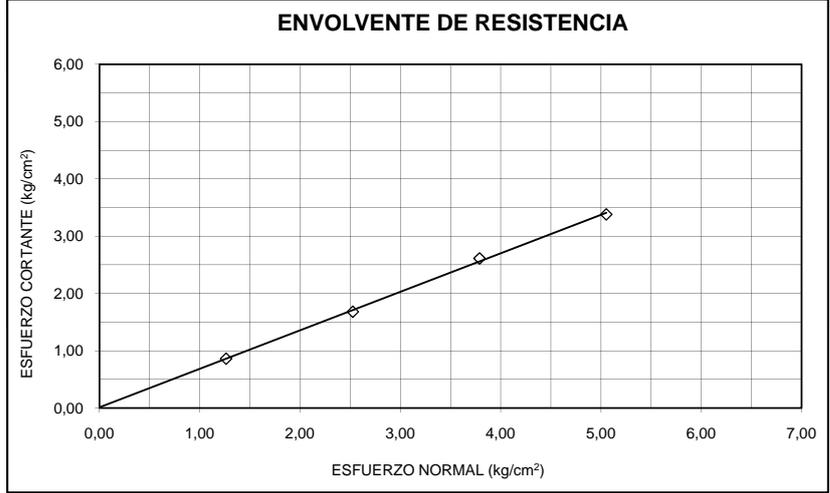
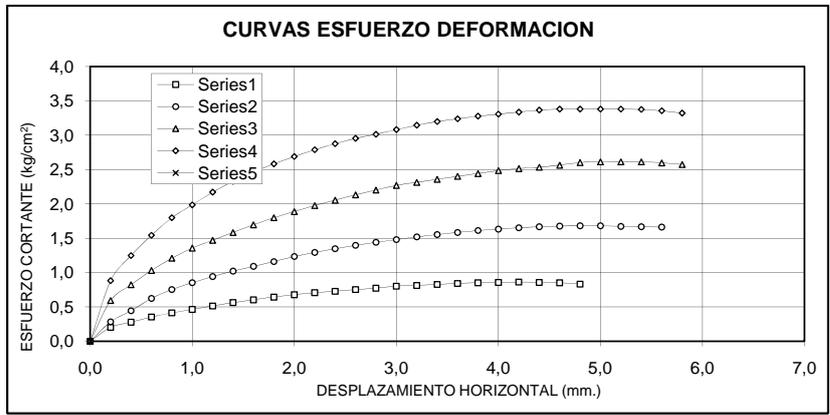
OBSERVACIONES: La muestra (alterada) fue puesta en el laboratorio por los interesados

JEAN PAL



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA C - 3 M - 1 **UBICACIÓN** Plaza de Armas (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA** 00/01/1900



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

σ	kg/cm ²	1,26	2,53	3,79	5,05
τ	kg/cm ²	0,86	1,68	2,61	3,38
w	%	0,00			
<	°	0,672	33,9		
c	kg/cm ²	0,012	0,00		

JL PAREDES CUEVA

						4500	458,72								
	2,5	6,35	31,669				-1307								
							456,95								
							1487,1								
area	31,669					0,3073									
						1765,5									
DES	4	8	12	16	20										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	20	28	59	88		0,2	0,202	0,2826	0,5933	0,8819	#N/A	8	16	47	76
40	27,5	44	82	125		0,4	0,2776	0,4433	0,8223	1,2479	#N/A	15,5	32	70	113
60	35	62	103	155		0,6	0,353	0,6233	1,0305	1,5434	#N/A	23	50	91	143
80	41	75	121	181		0,8	0,4132	0,7527	1,2085	1,7989	#N/A	29	63	109	169
100	46	85	136	200		1	0,4633	0,8521	1,3564	1,9853	#N/A	34	73	124	188
120	51	94	147,5	219		1,2	0,5134	0,9414	1,4696	2,1715	#N/A	39	82	135,5	207
140	56	102	159	235		1,4	0,5634	1,0206	1,5828	2,3283	#N/A	44	90	147	223
160	60	109	170,5	249		1,6	0,6033	1,0899	1,6958	2,4654	#N/A	48	97	158,5	237
180	64	116	181	261		1,8	0,6432	1,1591	1,7989	2,5828	#N/A	52	104	169	249
200	67,5	123,5	190	272		2	0,6781	1,2331	1,8872	2,6905	#N/A	55,5	111,5	178	260
220	70,5	129,5	199	282		2,2	0,708	1,2923	1,9755	2,7884	#N/A	58,5	117,5	187	270
240	72,5	135	207	291		2,4	0,7279	1,3465	2,0539	2,8765	#N/A	60,5	123	195	279
260	75	140	215	299		2,6	0,7527	1,3958	2,1323	2,9548	#N/A	63	128	203	287
280	77	144,5	222	305		2,8	0,7726	1,4401	2,2009	3,0136	#N/A	65	132,5	210	293
300	80	148,5	229	312		3	0,8025	1,4795	2,2695	3,0821	#N/A	68	136,5	217	300
320	81	152,5	233,5	318,5		3,2	0,8124	1,5188	2,3136	3,1457	#N/A	69	140,5	221,5	306,5
340	82,5	156	238	324		3,4	0,8273	1,5533	2,3576	3,1996	#N/A	70,5	144	226	312
360	84	159	242,5	328		3,6	0,8422	1,5828	2,4017	3,2387	#N/A	72	147	230,5	316
380	85	162	246,5	332		3,8	0,8521	1,6123	2,4409	3,2779	#N/A	73	150	234,5	320
400	85,5	164	251	335		4	0,8571	1,6319	2,4849	3,3073	#N/A	73,5	152	239	323
420	86	166	254	338		4,2	0,862	1,6516	2,5143	3,3367	#N/A	74	154	242	326
440	85,5	167,5	256	341		4,4	0,8571	1,6663	2,5339	3,366	#N/A	73,5	155,5	244	329
460	85	168,5	259	342,5		4,6	0,8521	1,6761	2,5633	3,3807	#N/A	73	156,5	247	330,5
480	83	169	263	342,5		4,8	0,8323	1,681	2,6024	3,3807	#N/A	71	157	251	330,5
500		169	264	342,5		5	#N/A	1,681	2,6122	3,3807	#N/A	-12	157	252	330,5
520		168	264	342,5		5,2	#N/A	1,6712	2,6122	3,3807	#N/A	-12	156	252	330,5
540		167,5	264	342		5,4	#N/A	1,6663	2,6122	3,3758	#N/A	-12	155,5	252	330
560		167	262,5	340		5,6	#N/A	1,6614	2,5975	3,3562	#N/A	-12	155	250,5	328
580			260	336,5		5,8	#N/A	#N/A	2,5731	3,322	#N/A	-12	-12	248	324,5



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Colegio Técnico Agropecuario (Chancahuayo)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

TANGENCIAL δh (mm.)	σ (kg/cm ²)				
	1,263	2,526	3,789	5,052	6,315
	τ (kg/cm ²)				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,08	0,46	0,84		
0,40	0,15	0,64	1,15		
0,60	0,20	0,81	1,39		
0,80	0,25	0,94	1,58		
1,00	0,30	1,05	1,78		
1,20	0,36	1,15	1,95		
1,40	0,43	1,24	2,09		
1,60	0,48	1,32	2,22		
1,80	0,54	1,39	2,33		
2,00	0,59	1,45	2,35		
2,20	0,64	1,49	2,39		
2,40	0,67	1,54	2,42		
2,60	0,70	1,59	2,47		
2,80	0,73	1,63	2,49		
3,00	0,74	1,66	2,51		
3,20	0,75	1,68	2,53		
3,40	0,77	1,70	2,54		
3,60	0,77	1,71	2,54		
3,80	0,78	1,72	2,54		
4,00	0,79	1,71	2,53		
4,20	0,81	1,71	2,53		
4,40	0,83	1,70	2,52		
4,60	0,84		2,51		
4,80	0,84				
5,00	0,83				
5,20	0,82				
5,40					
5,60					
5,80					

Contenido de humedad	0,0 %
Ángulo de Rozamiento interno	34,0 °
Cohesión efectiva	0,00 kg/cm ²

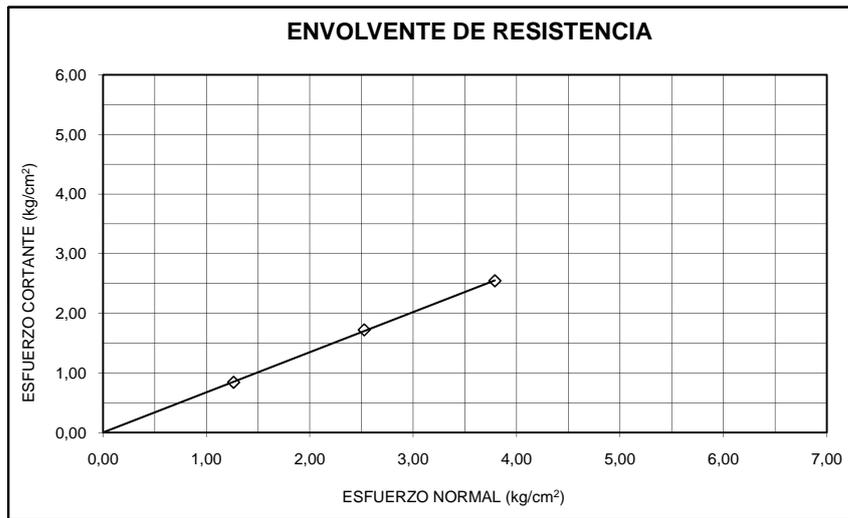
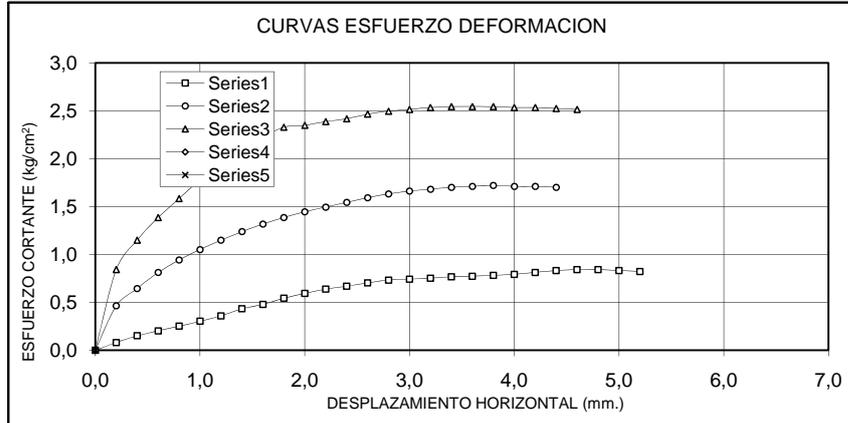
OBSERVACIONES: La muestra (alterada) fue puesta en el laboratorio por los interesados

JEAN PAL



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA C - 1 M - 1 UBICACIÓN Colegio Técnico Agropecuario (
PROFUNDIDAD : 1.10 m. FECHA 00/01/1900



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

σ	kg/cm ²	1,26	2,53	3,79
τ	kg/cm ²	0,84	1,72	2,54
w	%	0,00		
α	°	0,674	34,0	
c	kg/cm ²	0,001	0,00	

JL PAREDES CUEVA



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 2 M - 1 UBICACIÓN : Calle Bolognesi (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. FECHA : 26/12/2001

TANGENCIAL δh (mm.)	σ (kg/cm ²)				
	1,263	2,526	3,789	5,052	6,315
	τ (kg/cm ²)				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,01	0,22	0,38	0,95	
0,40	0,08	0,40	0,65	1,22	
0,60	0,14	0,52	0,83	1,44	
0,80	0,21	0,63	1,00	1,62	
1,00	0,26	0,73	1,14	1,79	
1,20	0,32	0,84	1,30	1,96	
1,40	0,37	0,93	1,41	2,11	
1,60	0,41	1,01	1,52	2,23	
1,80	0,46	1,11	1,62	2,37	
2,00	0,50	1,20	1,73	2,49	
2,20	0,53	1,28	1,83	2,62	
2,40	0,57	1,36	1,91	2,71	
2,60	0,59	1,43	1,98	2,81	
2,80	0,62	1,48	2,04	2,90	
3,00	0,64	1,55	2,11	2,96	
3,20	0,66	1,60	2,17	3,06	
3,40	0,67	1,65	2,22	3,13	
3,60	0,68	1,70	2,26	3,19	
3,80	0,68	1,74	2,30	3,26	
4,00	0,69	1,78	2,34	3,31	
4,20	0,70	1,81	2,37	3,36	
4,40	0,72	1,83	2,41	3,41	
4,60	0,73	1,85	2,44	3,41	
4,80	0,74	1,86	2,47	3,41	
5,00	0,76	1,87	2,49	3,42	
5,20	0,78	1,87	2,51	3,42	
5,40	0,77	1,86	2,53	3,41	
5,60		1,85	2,54	3,41	
5,80			2,53	3,40	

Contenido de humedad	0,0 %
Ángulo de Rozamiento interno	34,2 °
Cohesión efectiva	0,00 kg/cm ²

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



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA C - 2 M - 1 UBICACIÓN Calle Bolognesi (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. FECHA 00/01/1900

σ	kg/cm^2	1.26	2.53	3.79	5.05
τ	kg/cm^2	0.78	1.87	2.54	3.42
w	%	0.00			
\leq		0.681	34.2		
c	kg/cm^2	0.000	0.00		

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

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

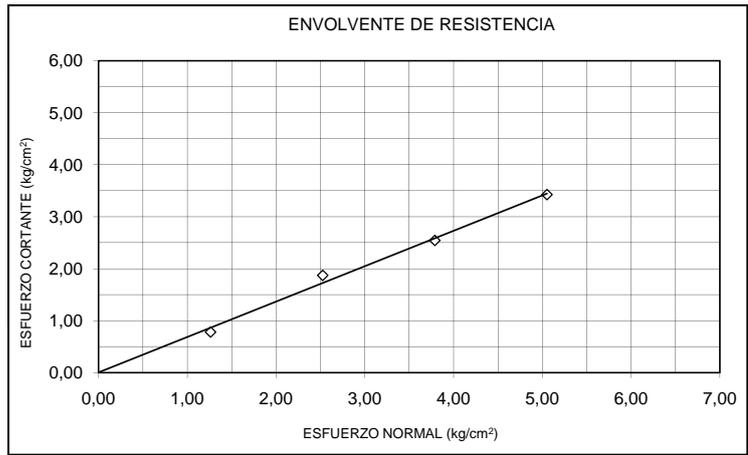
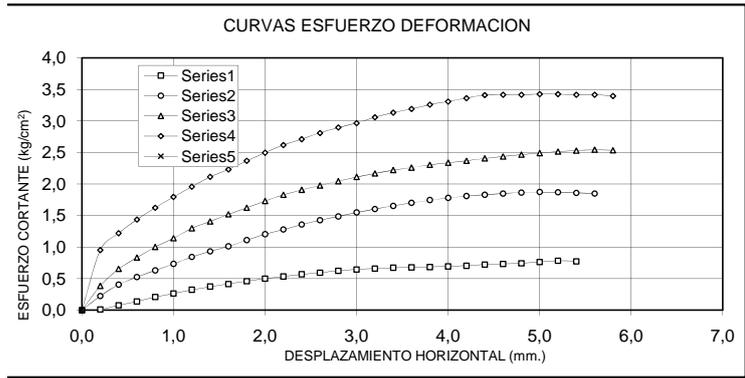
2,5 6,35 31,669

4500 458,72
-1307
456,95
1487,1

area 31,669

0,3073
1765,5

DES	4	8	12	16	20	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
20	1	22	38	95	0	0,2	0,0097	0,2222	0,3831	0,9513	#N/A	-11	10	26	83
40	7,5	40	65	122		0,4	0,0757	0,4032	0,6532	1,2183	#N/A	-4,5	28	53	110
60	13,5	52	83	144		0,6	0,1364	0,5234	0,8323	1,4352	#N/A	1,5	40	71	132
80	20,5	62,5	100	163		0,8	0,2071	0,6282	1,0008	1,6221	#N/A	8,5	50,5	88	151
100	26	73	114	180,5		1	0,2625	0,7328	1,1393	1,794	#N/A	14	61	102	168,5
120	32	84	130	197		1,2	0,3229	0,8422	1,2973	1,9559	#N/A	20	72	118	185
140	37	93	141	213		1,4	0,3731	0,9315	1,4056	2,1127	#N/A	25	81	129	201
160	41	101	152,5	225		1,6	0,4132	1,0107	1,5188	2,2303	#N/A	29	89	140,5	213
180	45,5	111	163	239		1,8	0,4583	1,1097	1,6221	2,3674	#N/A	33,5	99	151	227
200	49,5	120,5	174	252		2	0,4984	1,2035	1,7302	2,4947	#N/A	37,5	108,5	162	240
220	53	128	184	264,5		2,2	0,5334	1,2775	1,8283	2,6171	#N/A	41	116	172	252,5
240	56,5	136	192	274		2,4	0,5684	1,3564	1,9068	2,7101	#N/A	44,5	124	180	262
260	59	143	199	284		2,6	0,5933	1,4253	1,9755	2,808	#N/A	47	131	187	272
280	62	149	206	293		2,8	0,6233	1,4844	2,0441	2,8961	#N/A	50	137	194	281
300	64	155,5	213	300		3	0,6432	1,5483	2,1127	2,9646	#N/A	52	143,5	201	288
320	65,5	161	218,5	309,5		3,2	0,6582	1,6024	2,1666	3,0576	#N/A	53,5	149	206,5	297,5
340	67	166	224	317		3,4	0,6731	1,6516	2,2205	3,131	#N/A	55	154	212	305
360	67,5	171	228	323		3,6	0,6781	1,7007	2,2597	3,1898	#N/A	55,5	159	216	311
380	68	175,5	232,5	330		3,8	0,6831	1,7449	2,3038	3,2583	#N/A	56	163,5	220,5	318
400	69	179	236	335		4	0,693	1,7792	2,3381	3,3073	#N/A	57	167	224	323
420	70	182	239	340,5		4,2	0,703	1,8087	2,3674	3,3611	#N/A	58	170	227	328,5
440	72	184	243	345,5		4,4	0,7229	1,8283	2,4066	3,4101	#N/A	60	172	231	333,5
460	73	186	246	346		4,6	0,7328	1,848	2,436	3,415	#N/A	61	174	234	334
480	74	187,5	249	346		4,8	0,7428	1,8627	2,4654	3,415	#N/A	62	175,5	237	334
500	76	188,5	251,5	347		5	0,7627	1,8725	2,4898	3,4248	#N/A	64	176,5	239,5	335
520	78	188	254	347		5,2	0,7826	1,8676	2,5143	3,4248	#N/A	66	176	242	335
540	77	187	255,5	346		5,4	0,7726	1,8578	2,529	3,415	#N/A	65	175	243,5	334
560		186	257	346		5,6	#N/A	1,848	2,5437	3,415	#N/A	-12	174	245	334
580			256	344		5,8	#N/A	#N/A	2,5339	3,3954	#N/A	-12	-12	244	332





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 : C - 1 M - 2 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.50 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)	5324,00	5329,00	5319,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1101,00	1106,00	1096,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,175	1,180	1,170

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO 1,175 g/cm³

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

CON COLLARIN N

0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
5324 5329 5319

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5412,00	5412,00	5412,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1189,00	1189,00	1189,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	820,15	811,09	811,09
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,450	1,466	1,466

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO 1,461 g/cm³

1,45 1,5625 1,5625
1,4 1,6 1,55
1,45 1,55 1,6
1,5 1,6 1,6
1,45 1,5 1,5
5412 5412 5412

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 : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.30 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)	5255,00	5250,00	5258,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1032,00	1027,00	1035,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,102	1,096	1,105

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO **1,101 g/cm³**

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

CON COLLARIN N

0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
5255 5250 5258

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5471,00	5478,00	5472,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1248,00	1255,00	1249,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,332	1,340	1,333

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO **1,335 g/cm³**

0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
5471 5478 5472

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 : C - 4 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Moquegua (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.80 m. **FECHA :** 26/12/2001

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5005,00	5004,00	5004,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	782,00	781,00	781,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	754,73	773,86	757,75
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,036	1,009	1,031

CON COLLARIN N

2,2625 2,025 2,225
2,15 1,7 2,3
2,35 2,1 2,2
2,2 2,4 2,5
2,35 1,9 1,9
5005 5004 5004

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,025 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5004,00	5004,00	5003,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	781,00	781,00	780,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	565,52	547,41	544,39
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,381	1,427	1,433

4,6125 4,8375 4,875
4,5 4,8 4,95
4,7 4,9 4,9
4,5 4,8 4,75
4,75 4,85 4,9
5004 5004 5003

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,414 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 DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 3 M -1 UBICACIÓN : Plaza de Armas (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. FECHA : 26/12/2001

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5585,00	5585,00	5585,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1362,00	1362,00	1362,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	916,77	888,59	900,67
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,486	1,533	1,512

CON COLLARIN N

0,25 0,6 0,45
0,3 0,5 0,1
0,2 0,8 0,4
0,3 0,5 0,8
0,2 0,6 0,5
5585 5585 5585

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO 1,510 g/cm³

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5585,00	5583,00	5583,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1362,00	1360,00	1360,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	738,63	713,47	705,42
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,844	1,906	1,928

2,4625 2,775 2,875
2,5 2,7 2,95
2,45 2,8 2,7
2,4 2,85 2,9
2,5 2,75 2,95
5585 5583 5583

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO 1,893 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 DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Colegio Técnico Agropecuario (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 1.10 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)	4867,00	4890,00	4869,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	644,00	667,00	646,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	0,687	0,712	0,690
PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO		0,696 g/cm³	

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

CON COLLARIN N

0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
4867 4890 4869

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	4979,00	4979,00	4975,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	756,00	756,00	752,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	856,38	837,26	827,20
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	0,883	0,903	0,909
PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO		0,898 g/cm³	

1 1,2375 1,3625
1 1,25 1,5
1 1,2 1,35
1 1,25 1,3
1 1,25 1,3
4979 4979 4975

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 : C - 2 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Bolognesi (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 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)	5277,00	5261,00	5269,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1054,00	1038,00	1046,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,125	1,108	1,116

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO 1,116 g/cm³

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

CON COLLARIN N

0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0
0 0 0

5277 5261 5269

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5469,00	5466,00	5462,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1246,00	1243,00	1239,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	876,51	868,46	864,44
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,422	1,431	1,433

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO 1,429 g/cm³

0,75 0,85 0,9
0,9 0,8 0,9
0,6 0,85 0,85
0,8 1 1
0,7 0,75 0,85
5469 5466 5462

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 28 de Julio (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 2 m. **FECHA :** 26/12/2001

SC 10,125 11,636 4223
CC 10,125 16,715 5295

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5140,00	5140,00	5140,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	917,00	917,00	917,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	928,85	910,73	908,72
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	0,987	1,007	1,009

CON COLLARIN N

0,1 0,325 0,35
0,1 0,4 0,5
0,1 0,2 0,6
0,1 0,3 0,2
0,1 0,4 0,1
5140 5140 5140

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO 1,001 g/cm³

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5138,00	5138,00	5138,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	915,00	915,00	915,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	687,30	666,17	661,13
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,331	1,374	1,384

3,1 3,3625 3,425
3,15 3,35 3,4
3,1 3,4 3,45
3,1 3,35 3,4
3,05 3,35 3,45
5138 5138 5138

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO 1,363 g/cm³

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

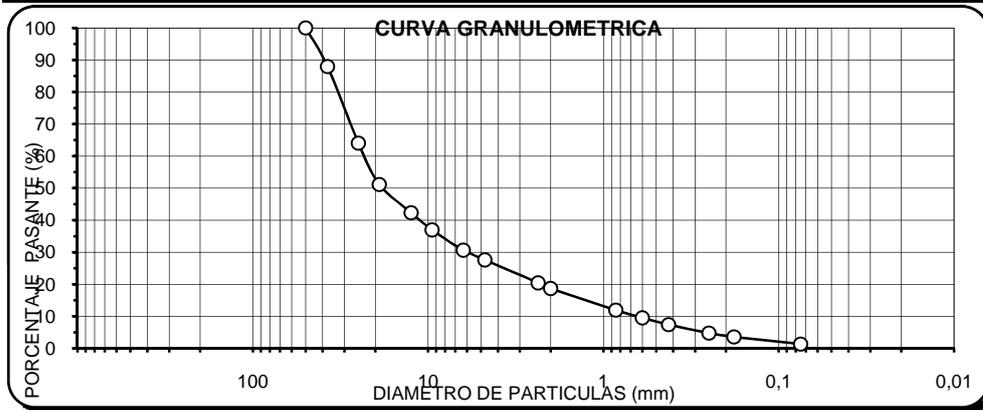
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 1 M - 2 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.50 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0		100,00	D ₁₀ 0,652 D ₃₀ 5,970 D ₅₀ 18,197 D ₆₀ 23,496 C _u 36,058 C _c 2,328
1 1/2"	37,5	292,60	87,95	
1"	25,0	580,50	64,04	
3/4"	19,0	313,10	51,14	
1/2"	12,5	214,70	42,30	
3/8"	9,50	129,60	36,96	
1/4"	6,30	153,70	30,63	
N° 4	4,75	74,00	27,59	
N° 8	2,36	128,70	20,42	
N° 10	2,00	31,50	18,67	
N° 20	0,850	121,50	11,91	CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	43,10	9,51	GW
N° 40	0,425	38,20	7,38	
N° 60	0,250	47,60	4,74	
N° 80	0,180	21,40	3,55	
N° 200	0,075	40,00	1,32	
BANDEJA		23,70	0,00	GRAVA BIEN GRADUADA



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

GW	GW	GW	GW
			GM
	ML	SW	SW
			SM
		ML	ML
			CL
	OL	OL	

	2428		2428			
ARENA	669,8		27,586	GRAVA	1758,2	72,41
			27,586			72,41
s/lavar	500			s/lavar	1758,2	
lavada	495,7			lavada	1758,2	
28	4,3		0,86		0	0
	23,7	4,263	27,963			

Tamices	Abertura	Peso ret	% Ret	% Ret ac	% Que pasa		
2"	50		0	0	100		
1 1/2"	37,5	292,6	12,051	12,051	87,949		
1"	25	580,5	23,909	35,96	64,04		
3/4"	19	313,1	12,895	48,855	51,145		
1/2"	12,5	214,7	8,8427	57,698	42,302		
3/8"	9,5	129,6	5,3377	63,035	36,965		
1/4"	6,3	153,7	6,3303	69,366	30,634		
N° 4	4,75	74	3,0478	72,414	27,586	1758,2	72,41
N° 8	2,36	128,7	7,1624	79,576	20,424		
N° 10	2	31,5	1,753	81,329	18,671		
N° 20	0,85	121,5	6,7617	88,091	11,909		
N° 30	0,6	43,1	2,3986	90,489	9,5109		
N° 40	0,425	38,2	2,1259	92,615	7,385		
N° 60	0,25	47,6	2,649	95,264	4,7359		
N° 80	0,18	21,4	1,1909	96,455	3,545		
N° 200	0,075	40	2,2261	98,681	1,3189		
BANDEJA		23,7	1,3189	100	7E-15	495,7	27,59
	2253,9		100				

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

d10	10	10	0,6516	0,6516	100
d30	30	30	5,9704	5,9704	100
d50	50	50	18,197	18,197	100
d60	60	60	23,496	23,496	100

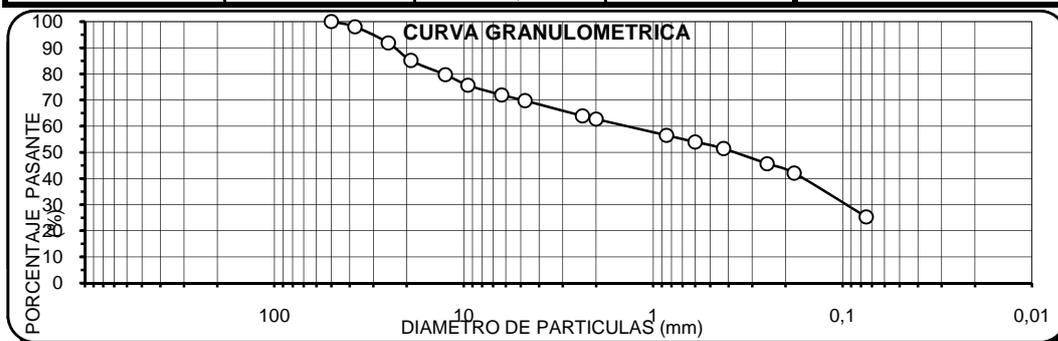
WL		GW	GRAVA BIEN GRADUADA
IP		GP	GRAVA POBREMENTE GRADUADA
IPC		GM	GRAVA LIMOSA
NOTA		GC	GRAVA ARCILLOSA
ORGANICO		SW	ARENA BIEN GRADUADA
GRAVA	72,414	SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA
ARENA	26,268	SM	ARENA LIMOSA
		SC	ARENA ARCILLOSA
		ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
		MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
		CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
		CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
		OL	LIMO. ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		OH	ARCI. ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



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 : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.30 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0		100,00	D ₁₀ 0,038 D ₃₀ 0,095 D ₅₀ 0,371 D ₆₀ 1,368 C _u 35,563 C _c 0,171
1 1/2"	37,5	51,10	97,99	
1"	25,0	156,40	91,84	
3/4"	19,0	170,00	85,16	
1/2"	12,5	139,10	79,69	
3/8"	9,50	101,70	75,69	
1/4"	6,30	95,20	71,94	
N° 4	4,75	55,20	69,77	
N° 8	2,36	41,50	63,94	
N° 10	2,00	8,60	62,73	
N° 20	0,850	44,10	56,53	
N° 30	0,600	18,10	53,98	
N° 40	0,425	17,90	51,47	
N° 60	0,250	41,30	45,66	
N° 80	0,180	25,40	42,09	
N° 200	0,075	119,10	25,35	
BANDEJA		180,30		CLASIFICACION SUCS SM ARENA LIMOSA



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

SM	SM	GM	GP
			GM
	ML	SM	SP
			SM
		ML	ML
			CL
	OL	OL	

	2543		2543			
ARENA	1774,3		69,772	GRAVA	768,7	30,23
			69,772			30,23
s/lavar	500			s/lavar	768,7	
lavada	496,3			lavada	768,7	
184	3,7		0,74		0	0
	180,3	3,6726	183,97			

Tamices	Abertura	Peso	ret	% Ret	% Ret ac	%	Que pasa
2"	50			0	0		100
1 1/2"	37,5	51,1	2,0094	2,0094	2,0094		97,991
1"	25	156,4	6,1502	8,1597	8,1597		91,84
3/4"	19	170	6,685	14,845	14,845		85,155
1/2"	12,5	139,1	5,4699	20,315	20,315		79,685
3/8"	9,5	101,7	3,9992	24,314	24,314		75,686
1/4"	6,3	95,2	3,7436	28,057	28,057		71,943
N° 4	4,75	55,2	2,1707	30,228	30,228	768,7	30,23
N° 8	2,36	41,5	5,8342	36,062	36,062		63,938
N° 10	2	8,6	1,209	37,271	37,271		62,729
N° 20	0,85	44,1	6,1998	43,471	43,471		56,529
N° 30	0,6	18,1	2,5446	46,016	46,016		53,984
N° 40	0,425	17,9	2,5165	48,532	48,532		51,468
N° 60	0,25	41,3	5,8061	54,338	54,338		45,662
N° 80	0,18	25,4	3,5708	57,909	57,909		42,091
N° 200	0,075	119,1	16,744	74,653	74,653		25,347
BANDEJA		180,3	25,347	100		496,3	69,77
	1265		100				

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

d10	10	10	0,0385	0,0385	100
d30	30	30	0,0948	0,0948	100
d50	50	50	0,3707	0,3707	100
d60	60	60	1,3677	1,3677	100

WL		GW	GRAVA BIEN GRADUADA
IP		GP	GRAVA POBREMENTE GRADUADA
IPC		GM	GRAVA LIMOSA
NOTA		GC	GRAVA ARCILLOSA
ORGANICO		SW	ARENA BIEN GRADUADA
GRAVA	30,228	SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA
ARENA	44,425	SM	ARENA LIMOSA
		SC	ARENA ARCILLOSA
		ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
		MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
		CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
		CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
		OL	LIMO. ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		OH	ARCI. ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

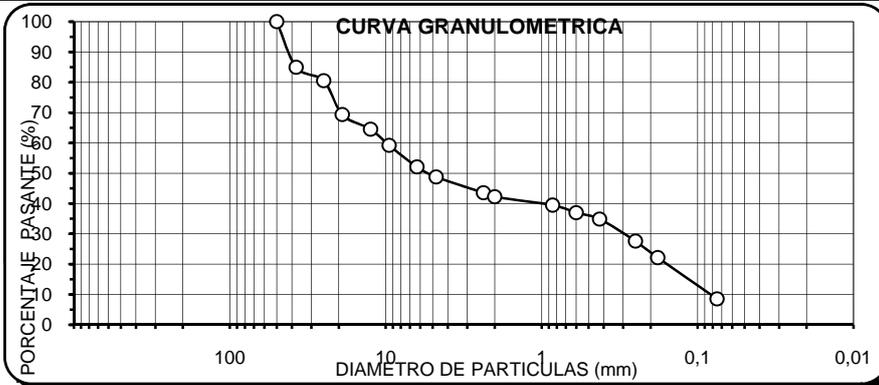
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 3 M - 1 **UBICACIÓN :** Plaza de Armas (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0		100,00	D ₁₀ 0,082 D ₃₀ 0,300 D ₅₀ 5,508 D ₆₀ 10,046 C _u 122,462 C _c 0,109
1 1/2"	37,5	257,80	84,95	
1"	25,0	75,80	80,53	
3/4"	19,0	191,20	69,36	
1/2"	12,5	83,10	64,51	
3/8"	9,50	91,10	59,19	
1/4"	6,30	122,10	52,07	
N° 4	4,75	56,50	48,77	
N° 8	2,36	53,10	43,54	
N° 10	2,00	13,40	42,22	
N° 20	0,850	27,90	39,47	CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	25,30	36,98	GP - GM GRAVA POBREMENTE GRADUADA - GRAVA LIMOSA
N° 40	0,425	21,40	34,87	
N° 60	0,250	73,90	27,59	
N° 80	0,180	55,30	22,14	
N° 200	0,075	138,20	8,53	
BANDEJA		86,60	0,00	



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

GP - GM	GP - GM	GP - GM	GP
			GM
		SP - SM	SP
			SM
	ML	ML	ML
			CL
OL		OL	

	1713		1713			
ARENA	835,4		48,768	GRAVA	877,6	51,23
			48,768			51,23
s/lavar	500			s/lavar	877,6	
lavada	495,1			lavada	877,6	
91,5	4,9		0,98		0	0
	86,6	4,852	91,452			

Tamices	Abertura	Peso ret	% Ret	% Ret ac	% Que pasa		
2"	50		0	0	100		
1 1/2"	37,5	257,8	15,05	15,05	84,95		
1"	25	75,8	4,425	19,475	80,525		
3/4"	19	191,2	11,162	30,636	69,364		
1/2"	12,5	83,1	4,8511	35,487	64,513		
3/8"	9,5	91,1	5,3182	40,806	59,194		
1/4"	6,3	122,1	7,1278	47,933	52,067		
N° 4	4,75	56,5	3,2983	51,232	48,768	877,6	51,23
N° 8	2,36	53,1	5,2304	56,462	43,538		
N° 10	2	13,4	1,3199	57,782	42,218		
N° 20	0,85	27,9	2,7482	60,53	39,47		
N° 30	0,6	25,3	2,4921	63,022	36,978		
N° 40	0,425	21,4	2,1079	65,13	34,87		
N° 60	0,25	73,9	7,2793	72,41	27,59		
N° 80	0,18	55,3	5,4471	77,857	22,143		
N° 200	0,075	138,2	13,613	91,47	8,5303		
BANDEJA		86,6	8,5303	100	-2E-15	495,1	48,77
	1372,7		100				

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

d10	10	10	0,082	0,082	100
d30	30	30	0,2999	0,2999	100
d50	50	50	5,5081	5,5081	100
d60	60	60	10,046	10,046	100

WL		GW	GRAVA BIEN GRADUADA
IP		GP	GRAVA POBREMENTE GRADUADA
IPC		GM	GRAVA LIMOSA
NOTA		GC	GRAVA ARCILLOSA
ORGANICO		SW	ARENA BIEN GRADUADA
GRAVA	51,232	SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA
ARENA	40,238	SM	ARENA LIMOSA
		SC	ARENA ARCILLOSA
		ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
		MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
		CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
		CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
		OL	LIMO. ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		OH	ARCI. ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

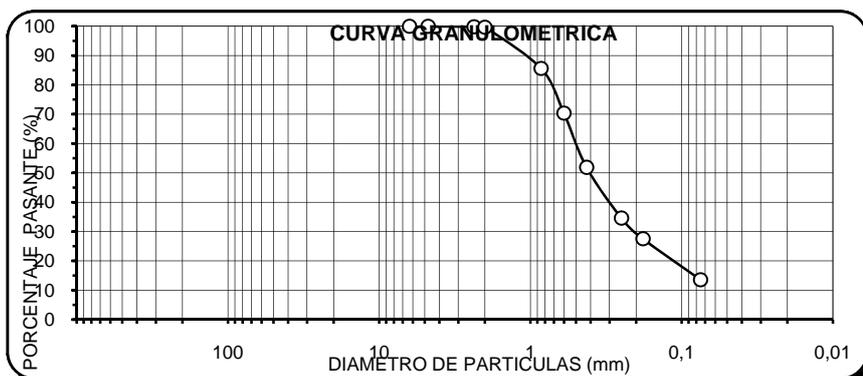
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
ENSAYO GRANULOMETRICO MECANICO**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Colegio Técnico Agropecuario (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes	
2"	50,0			D ₁₀ 0,065 D ₃₀ 0,205 D ₅₀ 0,406 D ₆₀ 0,508	
1 1/2"	37,5				
1"	25,0				
3/4"	19,0				
1/2"	12,5				
3/8"	9,50				
1/4"	6,30		100,00	C _u 7,870 C _c 1,276	
N° 4	4,75	0,00	100,00		
N° 8	2,36	0,50	99,83		
N° 10	2,00	0,50	99,66	CLASIFICACION SUCS	
N° 20	0,850	41,80	85,64		
N° 30	0,600	45,50	70,38		
N° 40	0,425	55,10	51,90		
N° 60	0,250	51,60	34,59		
N° 80	0,180	21,00	27,54		
N° 200	0,075	41,70	13,55		
BANDEJA		40,40	0,00		
					#iREF!
					ARENA LIMOSA



#iREF!	#iREF!	#iREF!	GW	
		#iREF!	#iREF!	
	#iREF!	#iREF!	#iREF!	SW
			#iREF!	#iREF!
		#iREF!	#iREF!	#iREF!
			#iREF!	#iREF!

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

	1713		298,1			
ARENA	298,1		100	GRAVA	1E-07	3E-08
			100			3E-08
s/lavar	500			s/lavar	1E-07	
lavada	298,1			lavada	1E-07	
	242,3	201,9	40,38		0	0
	40,4	120,37	160,77			

Tamices	Abertura	Peso ret	% Ret	% Ret ac	% Que pasa		
2"	50		0	0	#N/A		
1 1/2"	37,5		0	0	#N/A		
1"	25		0	0	#N/A		
3/4"	19		0	0	#N/A		
1/2"	12,5		0	0	#N/A		
3/8"	9,5		0	0	#N/A		
1/4"	6,3		0	0	100		
N° 4	4,75	1E-07	3E-08	3E-08	100	1E-07	3E-08
N° 8	2,36	0,5	0,1677	0,1677	99,832		
N° 10	2	0,5	0,1677	0,3355	99,665		
N° 20	0,85	41,8	14,022	14,358	85,642		
N° 30	0,6	45,5	15,263	29,621	70,379		
N° 40	0,425	55,1	18,484	48,105	51,895		
N° 60	0,25	51,6	17,31	65,414	34,586		
N° 80	0,18	21	7,0446	72,459	27,541		
N° 200	0,075	41,7	13,989	86,448	13,552		
BANDEJA		40,4	13,552	100	4E-15	298,1	100
	298,1		100				

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

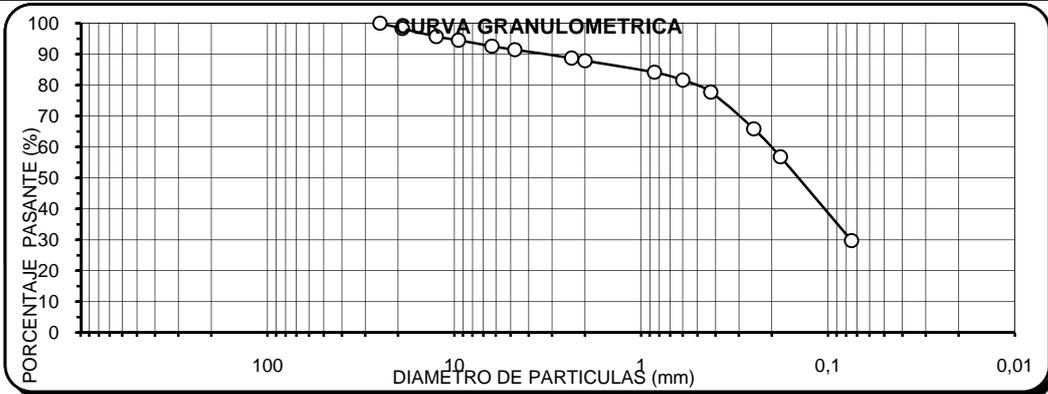
d10	10	10	0,0646	0,0646	100		
d30	30	30	0,2046	0,2046	100		
d50	50	50	0,4064	0,4064	100		
d60	60	60	0,5082	0,5082	100		
IP			GP				GRAVA POBREMENTE GRADUADA
NOTA		#iREF!	GC				GRAVA ARCILLOSA
ORGANICO			SW				ARENA BIEN GRADUADA
GRAVA		3E-08	SP				ARENA POBREMENTE GRADUADA
ARENA		86,448	SM				ARENA LIMOSA
			SC				ARENA ARCILLOSA
			ML				LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
			MH				LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
			CL				ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
			CH				ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
			OL				LIMO. ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
			OH				ARCI. ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



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 : C - 2 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Bolognesi (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0			D ₁₀ 0,045 D ₃₀ 0,077 D ₅₀ 0,144 D ₆₀ 0,201 C _u 4,508 C _c 0,658
1 1/2"	37,5			
1"	25,0		100,00	
3/4"	19,0	21,50	98,30	
1/2"	12,5	32,90	95,69	
3/8"	9,50	14,90	94,51	
1/4"	6,30	24,50	92,57	
N° 4	4,75	14,10	91,45	
N° 8	2,36	13,80	88,74	
N° 10	2,00	4,30	87,89	
N° 20	0,850	19,00	84,15	CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	12,90	81,61	
N° 40	0,425	19,70	77,74	
N° 60	0,250	60,40	65,86	
N° 80	0,180	45,90	56,83	
N° 200	0,075	137,70	29,74	
BANDEJA		151,20	0,00	
SM				
ARENA LIMOSA				



SM	SM	GM	GP
		SM	GM
	ML	SM	SP
		ML	SM
		ML	ML
		OL	CL
	OL	OL	

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

	1262		1262				
ARENA	1154,1		91,45	GRAVA	107,9		8,55
			91,45				8,55
s/lavar	500			s/lavar	107,9		
lavada	464,9			lavada	107,9		
	186,3	35,1	7,02		0		0
	151,2	32,636	183,84				

Tamices	Abertura	Peso ret	% Ret	% Ret ac	%	Que pasa		
2"	50		0	0	#N/A			
1 1/2"	37,5		0	0	#N/A			
1"	25		0	0	100			
3/4"	19	21,5	1,7036	1,7036	98,296			
1/2"	12,5	32,9	2,607	4,3106	95,689			
3/8"	9,5	14,9	1,1807	5,4913	94,509			
1/4"	6,3	24,5	1,9414	7,4326	92,567			
N° 4	4,75	14,1	1,1173	8,5499	91,45	107,9	8,55	
N° 8	2,36	13,8	2,7146	11,265	88,735			
N° 10	2	4,3	0,8458	12,11	87,89			
N° 20	0,85	19	3,7375	15,848	84,152			
N° 30	0,6	12,9	2,5375	18,385	81,615			
N° 40	0,425	19,7	3,8752	22,261	77,739			
N° 60	0,25	60,4	11,881	34,142	65,858			
N° 80	0,18	45,9	9,0289	43,171	56,829			
N° 200	0,075	137,7	27,087	70,258	29,742			
BANDEJA		151,2	29,742	100	2E-14	464,9	91,45	
	572,8		100					

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

d10	10	10	0,0446	0,0446	100
d30	30	30	0,0767	0,0767	100
d50	50	50	0,1439	0,1439	100
d60	60	60	0,2009	0,2009	100

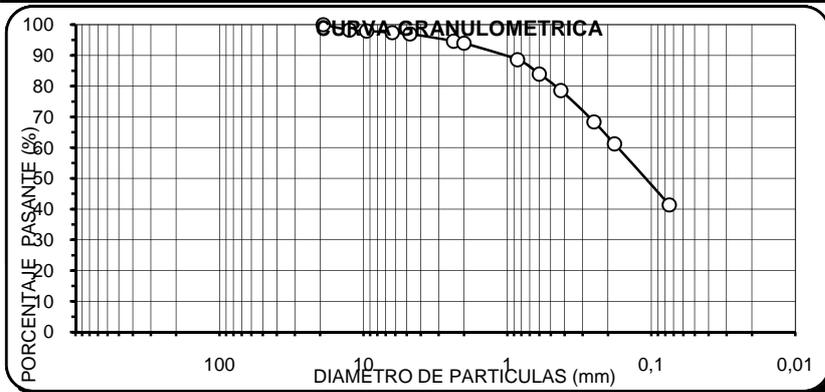
WL		GW	GRAVA BIEN GRADUADA
IPC		GM	GRAVA LIMOSA
NOTA		GC	GRAVA ARCILLOSA
ORGANICO		SW	ARENA BIEN GRADUADA
GRAVA	8,5499	SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA
ARENA	61,708	SM	ARENA LIMOSA
		SC	ARENA ARCILLOSA
		ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
		MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
		CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
		CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
		OL	LIMO. ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		OH	ARCI. ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



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 28 de Julio (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 2 m. **FECHA :** 26/12/2001

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Que pasa	Deciles - Coeficientes
2"	50,0			D ₁₀ 0,025 D ₃₀ 0,046 D ₅₀ 0,108 D ₆₀ 0,169 C _u 6,668 C _c 0,499
1 1/2"	37,5			
1"	25,0			
3/4"	19,0		100,00	
1/2"	12,5	8,70	98,26	
3/8"	9,50	1,50	97,96	
1/4"	6,30	2,70	97,42	
N° 4	4,75	2,10	97,00	
N° 8	2,36	11,80	94,64	
N° 10	2,00	3,30	93,98	
N° 20	0,850	26,90	88,60	CLASIFICACION SUCS
N° 30	0,600	23,30	83,94	SM
N° 40	0,425	26,80	78,58	
N° 60	0,250	51,00	68,38	
N° 80	0,180	35,70	61,24	
N° 200	0,075	99,30	41,38	
BANDEJA		206,90	0,00	



SM	SM	GM	GP
		SM	GM
	ML	SM	SP
		ML	SM
		ML	ML
		OL	CL
		OL	OL

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

	1262		500			
ARENA	485		97 GRAVA	15		3
			97			3
s/lavar	500		s/lavar	15		
lavada	485		lavada	15		
	221,9	15		0		0
	206,9	14,55	221,45			

Tamices	Abertura	Peso reti	% Ret	% Ret ac	% Que pasa		
2"	50		0	0	#N/A		
1 1/2"	37,5		0	0	#N/A		
1"	25		0	0	#N/A		
3/4"	19		0	0	100		
1/2"	12,5	8,7	1,74	1,74	98,26		
3/8"	9,5	1,5	0,3	2,04	97,96		
1/4"	6,3	2,7	0,54	2,58	97,42		
N° 4	4,75	2,1	0,42	3	97	15	3
N° 8	2,36	11,8	2,36	5,36	94,64		
N° 10	2	3,3	0,66	6,02	93,98		
N° 20	0,85	26,9	5,38	11,4	88,6		
N° 30	0,6	23,3	4,66	16,06	83,94		
N° 40	0,425	26,8	5,36	21,42	78,58		
N° 60	0,25	51	10,2	31,62	68,38		
N° 80	0,18	35,7	7,14	38,76	61,24		
N° 200	0,075	99,3	19,86	58,62	41,38		
BANDEJA		206,9	41,38	100	7E-15	485	97
	500		100				

JEAN PAUL PAREDES CUEVA

d10	10	10	0,0254	0,0254	100
d30	30	30	0,0462	0,0462	100
d50	50	50	0,1084	0,1084	100
d60	60	60	0,169	0,169	100

IP	GP	GRAVA POBREMENTE GRADUADA
IPC	GM	GRAVA LIMOSA
NOTA	GC	GRAVA ARCILLOSA
ORGANICO	SW	ARENA BIEN GRADUADA
GRAVA	3 SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA
ARENA	55,62 SM	ARENA LIMOSA
	SC	ARENA ARCILLOSA
	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
	CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD
	OL	LIMO. ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
	OH	ARCI. ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



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 : C - 1 M - 2 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.50 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1267,70	
Peso de la fiola + agua	(g)	1179,40	
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		2,43	

Gravedad especifica de los sólidos promedio	2,43
--	-------------

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 : C - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Ramón Castilla (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.30 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1345,10	
Peso de la fiola + agua	(g)	1257,90	
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		2,39	

Gravedad especifica de los sólidos promedio	2,39
--	-------------

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 : C - 4 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Moquegua (Puquina)
PROFUNDIDAD : 0.80 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1347,70	
Peso de la fiola + agua	(g)	1256,10	
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		2,57	

Gravedad especifica de los sólidos promedio	2,57
--	-------------

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 : C - 3 M - 1 **UBICACIÓN :** Plaza de Armas (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1346,30	
Peso de la fiola + agua	(g)	1254,70	
Peso de la muestra seca	(g)	150,00	
Peso específico del agua	(g/cm ³)	1,00	
Coficiente de corrección de temperatura	α	1,0000	
Gravedad específica de los sólidos		2,57	

Gravedad específica de los sólidos promedio	2,57
--	-------------

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 : C - 2 M - 1 **UBICACIÓN :** Calle Bolognesi (Puquina)
PROFUNDIDAD : 1.10 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1305,60	
Peso de la fiola + agua	(g)	1215,10	
Peso de la muestra seca	(g)	150,00	
Peso específico del agua	(g/cm ³)	1,00	
Coficiente de corrección de temperatura	α	1,0000	
Gravedad específica de los sólidos		2,52	

Gravedad específica de los sólidos promedio	2,52
--	-------------

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 28 de Julio (Chacahuayo)
PROFUNDIDAD : 2 m. **FECHA :** 26/12/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1341,00	
Peso de la fiola + agua	(g)	1248,60	
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		2,60	
Gravedad especifica de los sólidos promedio		2,60	

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

PROFUNDIDAD : 3.80 m.

UBICACIÓN: Via a Laje (Omate)

FECHA : 22/11/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	11,3	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	2843,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	2784,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	59,0	
Peso de la muestra seca	(g)	2772,7	
Contenido de humedad	(%)	2,13	

Contenido de Humedad Promedio (%)	2,13
--	-------------

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 - 2 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO N°		1	2
Peso del tarro	(g)	12,2	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	1527,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	1488,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	39,0	
Peso de la muestra seca	(g)	1475,8	
Contenido de humedad	(%)	2,64	

Contenido de Humedad Promedio (%)	2,64
--	-------------

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 - 2 M - 2

PROFUNDIDAD : 2.80 m.

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	11,5	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	923,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	894,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	29,0	
Peso de la muestra seca	(g)	882,5	
Contenido de humedad	(%)	3,29	

Contenido de Humedad Promedio (%)	3,29
--	-------------

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 CONTENIDO DE HUMEDAD
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : C - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Lindaypampa (Omate)

FECHA : 22/11/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	11,2	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	3046,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	3011,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	35,0	
Peso de la muestra seca	(g)	2999,8	
Contenido de humedad	(%)	1,17	

Contenido de Humedad Promedio (%)	1,17
--	-------------

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 - 3 M - 1

PROFUNDIDAD : 1.20 m.

UBICACIÓN: Prolong. Calle Moquegua (Omate)

FECHA : 22/11/2001

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARRO Nº		1	2
Peso del tarro	(g)	11,2	
Peso de la muestra húmeda + el tarro	(g)	821,0	
Peso de la muestra seca + tarro	(g)	798,0	
Peso del agua en la muestra	(g)	23,0	
Peso de la muestra seca	(g)	786,8	
Contenido de humedad	(%)	2,92	

Contenido de Humedad Promedio (%)	2,92
--	-------------

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 CORTE DIRECTO
 CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 3.80 m.

UBICACIÓN: Via a Laje (Omate)

FECHA : 22/11/2001

TANGENCIAL δh (mm.)	σ (kg/cm ²)				
	1,263	2,526	3,789	5,052	6,315
	τ (kg/cm ²)				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,20	0,60	0,77	1,19	0,00
0,28	0,28	0,72	1,00	1,40	0,00
0,00	0,34	0,83	1,19	1,63	0,00
0,00	0,39	0,94	1,28	1,83	0,00
0,00	0,48	1,10	1,63	2,16	0,00
0,00	0,52	1,18	1,73	2,31	0,00
0,00	0,56	1,25	1,84	2,40	0,00
0,00	0,60	1,31	1,94	2,57	0,00
0,00	0,63	1,37	2,04	2,69	0,00
0,00	0,66	1,42	2,12	2,76	0,00
0,00	0,67	1,48	2,19	2,83	0,00
0,00	0,70	1,51	2,26	2,92	0,00
0,00	0,72	1,55	2,31	2,99	0,00
0,00	0,73	1,58	2,37	3,05	0,00
0,00	0,75	1,60	2,42	3,09	0,00
0,00	0,77	1,61	2,46	3,13	0,00
0,00	0,78	1,61	2,50	3,17	0,00
0,00	0,79	1,62	2,54	3,21	0,00
0,00	0,80	1,62	2,58	3,24	0,00
0,00	0,81	1,62	2,59	3,26	0,00
0,00	0,81	1,62	2,60	3,27	0,00
0,00	0,81	1,61	2,60	3,27	0,00
0,00	0,81	1,59	2,58	3,27	0,00
0,00	0,81		2,55	3,26	0,00
0,00	0,82			3,26	0,00
0,00	0,82				0,00
0,00	0,80				0,00
0,00	0,81				0,00
0,00	0,80				0,00

Contenido de humedad	0,0 %
Ángulo de Rozamiento interno	33,0 °
Cohesión efectiva	0,00 kg/cm ²

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



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

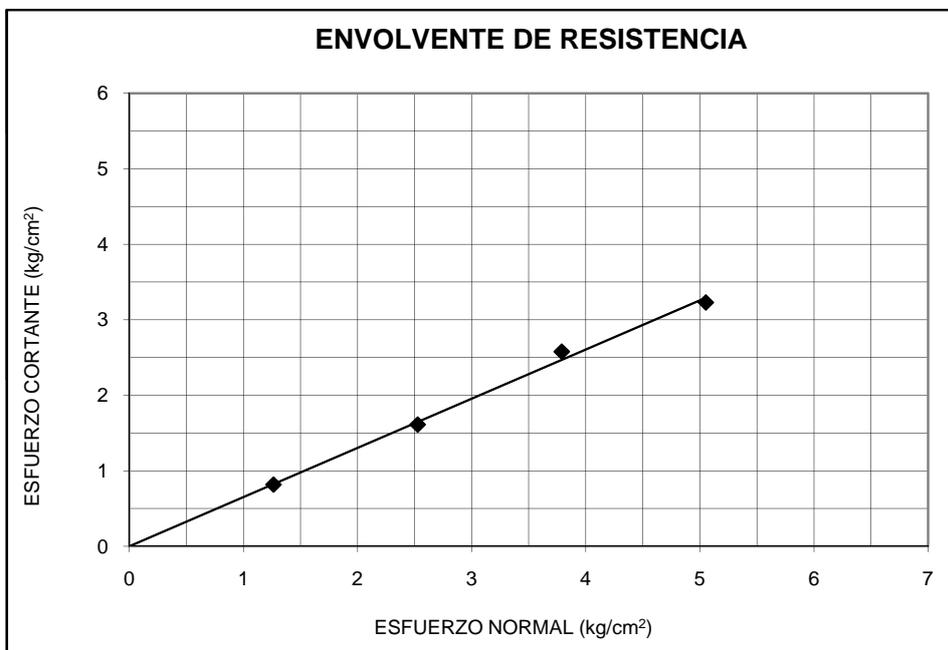
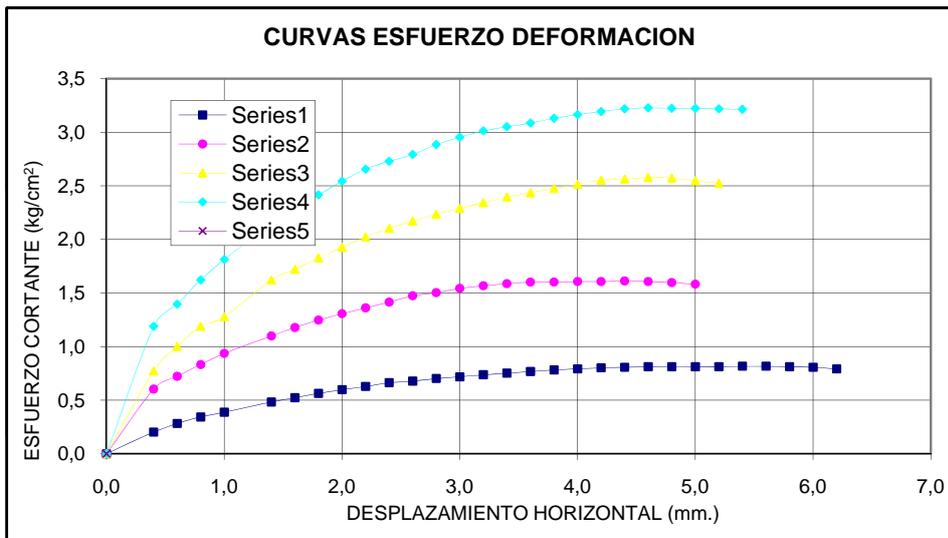
PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 3.80 m.

UBICACIÓN: Via a Laje (Omate)

FECHA : 22/11/2001



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



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 2 M - 1

PROFUNDIDAD : 2.80 m.

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

TANGENCIAL δh (mm.)	σ (kg/cm ²)				
	1,263	2,526	3,789	5,052	6,315
	τ (kg/cm ²)				
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,20	0,60	0,77	1,19	0,00
0,28	0,28	0,72	1,00	1,40	0,00
0,00	0,34	0,83	1,19	1,63	0,00
0,00	0,39	0,94	1,28	1,83	0,00
0,00	0,48	1,10	1,63	2,16	0,00
0,00	0,52	1,18	1,73	2,31	0,00
0,00	0,56	1,25	1,84	2,40	0,00
0,00	0,60	1,31	1,94	2,57	0,00
0,00	0,63	1,37	2,04	2,69	0,00
0,00	0,66	1,42	2,12	2,76	0,00
0,00	0,67	1,48	2,19	2,83	0,00
0,00	0,70	1,51	2,26	2,92	0,00
0,00	0,72	1,55	2,31	2,99	0,00
0,00	0,73	1,58	2,37	3,05	0,00
0,00	0,75	1,60	2,42	3,09	0,00
0,00	0,77	1,61	2,46	3,13	0,00
0,00	0,78	1,61	2,50	3,17	0,00
0,00	0,79	1,62	2,54	3,21	0,00
0,00	0,80	1,62	2,58	3,24	0,00
0,00	0,81	1,62	2,59	3,26	0,00
0,00	0,81	1,62	2,60	3,27	0,00
0,00	0,81	1,61	2,60	3,27	0,00
0,00	0,81	1,59	2,58	3,27	0,00
0,00	0,81		2,55	3,26	0,00
0,00	0,82			3,26	0,00
0,00	0,82				0,00
0,00	0,80				0,00
0,00	0,81				0,00
0,00	0,80				0,00

Contenido de humedad	0,0 %
Ángulo de Rozamiento interno	33,0 °
Cohesión efectiva	0,00 kg/cm ²

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



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

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

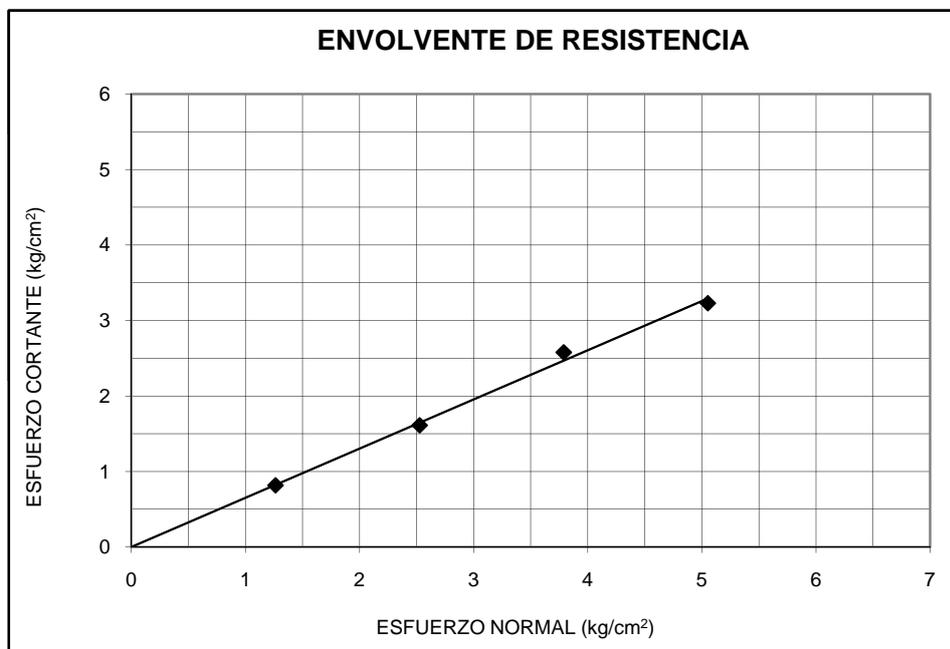
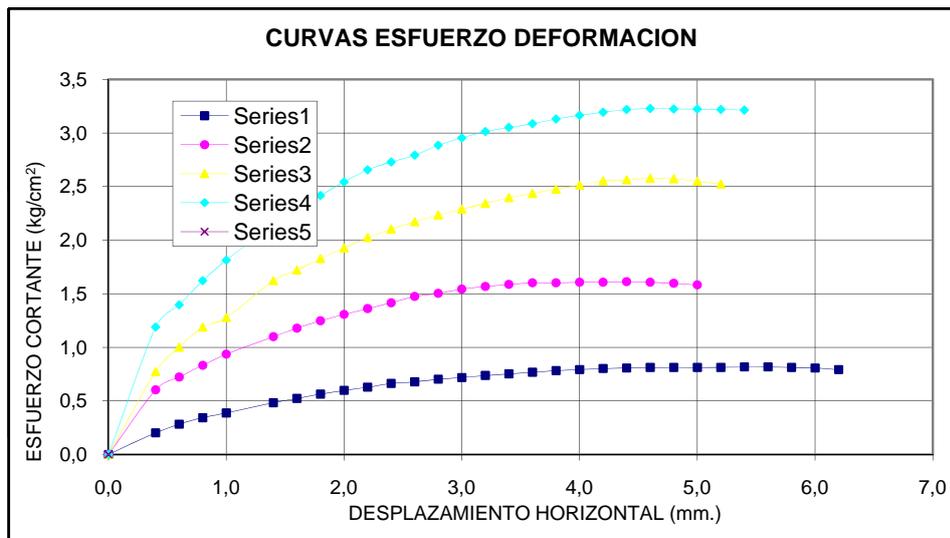
PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 2 M - 2

PROFUNDIDAD : 2.80 m.

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001



OBSERVACIONES: La muestra (alterada) 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

PROFUNDIDAD : 3.80 m.

UBICACIÓN: Via a Laje (Omate)

FECHA : 22/11/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5699,00	5682,00	5703,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1476,00	1459,00	1480,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,575	1,557	1,580

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,571 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5967,00	5978,00	5976,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1744,00	1755,00	1753,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,861	1,873	1,871

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,869 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 DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 2 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5306,00	5319,00	5313,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1083,00	1096,00	1090,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,156	1,170	1,163

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,163 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5662,00	5677,00	5679,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1439,00	1454,00	1456,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,536	1,552	1,554

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,547 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 DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 2 M - 2

PROFUNDIDAD : 2.80 m.

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5106,00	5106,00	5106,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	883,00	883,00	883,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	804,05	799,02	793,98
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,098	1,105	1,112

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,105 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5104,00	5104,00	5101,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	881,00	881,00	878,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	626,91	624,90	620,88
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,405	1,410	1,414

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,410 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 DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : C - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Lindaypampa (Omate)

FECHA : 22/11/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5229,00	5291,00	5297,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1006,00	1068,00	1074,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,074	1,140	1,146

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,120 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5597,00	5600,00	5605,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1374,00	1377,00	1382,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,467	1,470	1,475

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,470 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 DENSIDAD MAXIMA Y MINIMA**

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

MUESTRA : P - 3 M - 1

PROFUNDIDAD : 1.20 m.

UBICACIÓN: Prolong. Calle Moquegua (Omate)

FECHA : 22/11/2001

PESO ESPECIFICO MINIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5229,00	5291,00	5297,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1006,00	1068,00	1074,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,074	1,140	1,146

PESO ESPECIFICO MINIMO PROMEDIO	1,120 g/cm³
--	-------------------------------

PESO ESPECIFICO MAXIMO			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO MOLDE (g)	4223,00	4223,00	4223,00
PESO MOLDE + SUELO (g)	5597,00	5600,00	5605,00
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	1374,00	1377,00	1382,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	936,90	936,90	936,90
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	1,467	1,470	1,475

PESO ESPECIFICO MAXIMO PROMEDIO	1,470 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

PROFUNDIDAD : 3.80 m.

UBICACIÓN: Via a Laje (Omate)

FECHA : 22/11/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1345,10	
Peso de la fiola + agua	(g)	1251,50	
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		2,66	

Gravedad específica de los sólidos:	2,66
--	-------------

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 - 2 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1346,40	
Peso de la fiola + agua	(g)	1255,80	
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		2,53	

Gravedad específica de los sólidos:	2,53
--	-------------

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 - 2 M - 2

PROFUNDIDAD : 2.80 m.

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

FECHA : 22/11/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1346,90	
Peso de la fiola + agua	(g)	1254,70	
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		2,60	

Gravedad específica de los sólidos:	2,60
--	-------------

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 : C - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Lindaypampa (Omate)

FECHA : 22/11/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1347,80	
Peso de la fiola + agua	(g)	1257,90	
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		2,50	

Gravedad específica de los sólidos:	2,50
--	-------------

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 - 3 M - 1

PROFUNDIDAD : 1.20 m.

UBICACIÓN: Prolong. Calle Moquegua (Omate)

FECHA : 22/11/2001

ENSAYO		1	
Temperatura	(° C)	20,00	
Peso de la fiola + agua + muestra	(g)	1347,80	
Peso de la fiola + agua	(g)	1257,90	
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		2,50	

Gravedad específica de los sólidos:	2,50
--	-------------

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

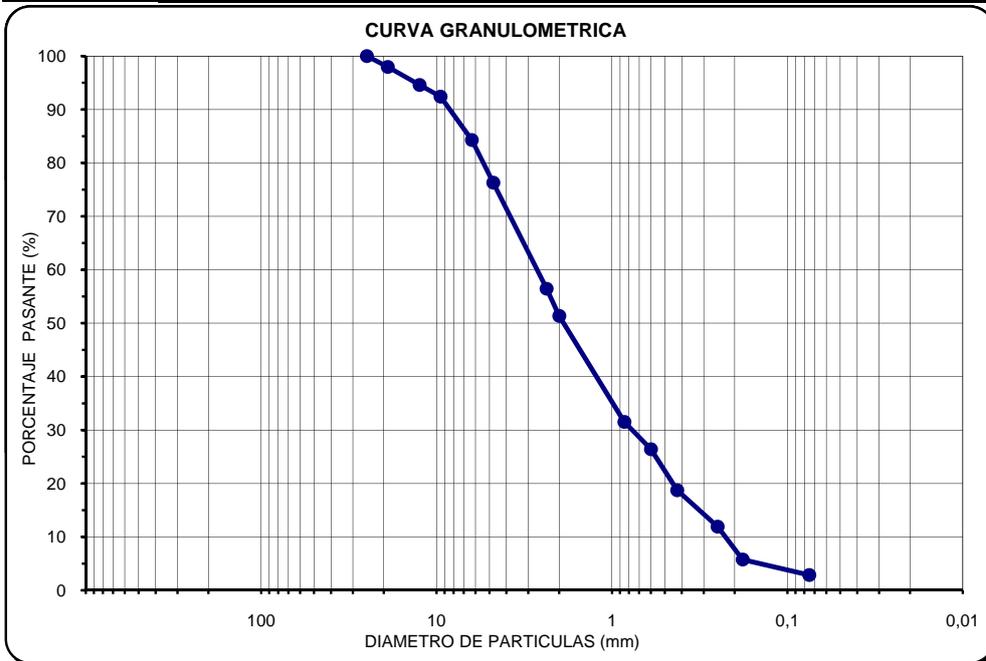
MUESTRA : P - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 3.80 m.

UBICACIÓN: Via a Laje (Omate)

FECHA : 22/11/2001

Tamices	Abertura(mm)	Peso Ret.(gr)	% Pasante	Deciles - Coeficientes
11/2"	37,5			D10: 0,290 D30: 0,832 D50: 1,925 D60: 2,710 Cu: 11,826 Cc: 1,052
1"	25,0		100,00	
3/4"	19,0	56,50	97,97	
1/2"	12,5	94,30	94,58	
3/8"	9,50	60,80	92,40	
1/4"	6,30	226,10	84,28	
N° 4	4,75	222,30	76,29	
N° 8	2,36	129,00	56,44	
N° 10	2,00	33,10	51,34	
N° 20	0,850	132,50	31,50	
N° 30	0,600	41,50	26,40	CLASIFICACION SUCS
N° 40	0,425	38,40	18,70	
N° 60	0,250	52,60	11,90	
N° 80	0,180	21,60	5,75	
N° 200	0,075	35,00	2,84	
BANDEJA		6,80		SW
				ARENA BIEN GRADUADA



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

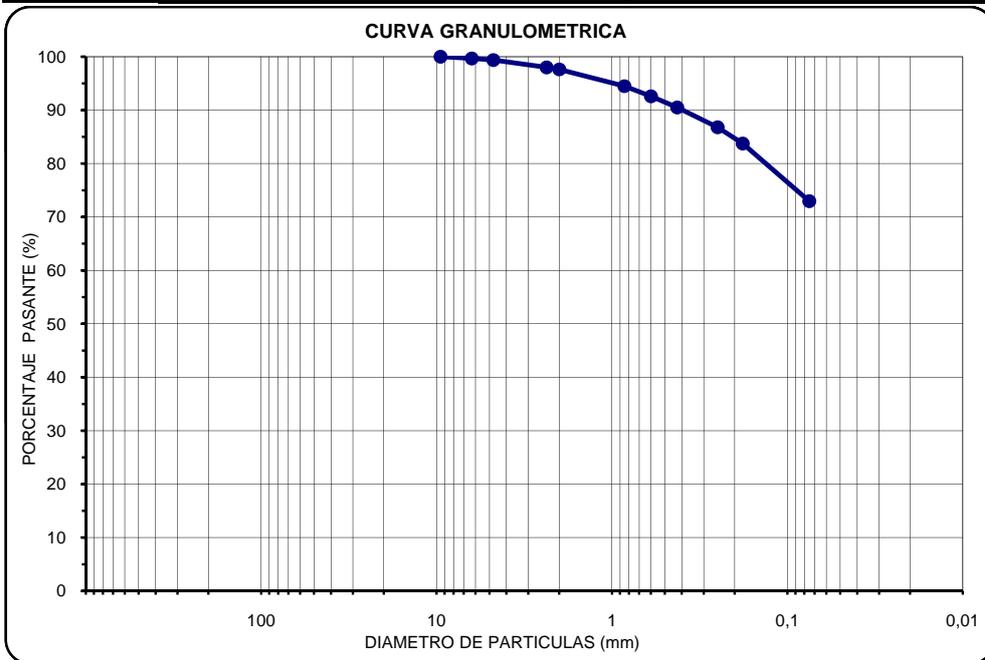
MUESTRA : P - 2 M - 1

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

PROFUNDIDAD : 0.80 m

FECHA : 22/11/2001

Tamices	Abertura(mm)	Peso Ret.(gr)	% Pasante	Deciles - Coeficientes	
11/2"	37,5				
1"	25,0			D10	0,005
3/4"	19,0			D30	0,011
1/2"	12,5			D50	0,022
3/8"	9,50		100,00	D60	0,041
1/4"	6,30	1,60	99,68		
N° 4	4,75	1,50	99,38	Cu	8,200
N° 8	2,36	6,90	98,00	Cc	0,590
N° 10	2,00	1,90	97,62		
N° 20	0,850	15,70	94,48	CLASIFICACION SUCS	
N° 30	0,600	9,50	92,58	ML LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	
N° 40	0,425	10,40	90,50		
N° 60	0,250	18,60	86,78		
N° 80	0,180	14,20	83,74		
N° 200	0,075	55,00	72,94		
BANDEJA		364,70	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 GRANULOMETRICO MECANICO

CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA

PROYECTO : Mapas de Peligros

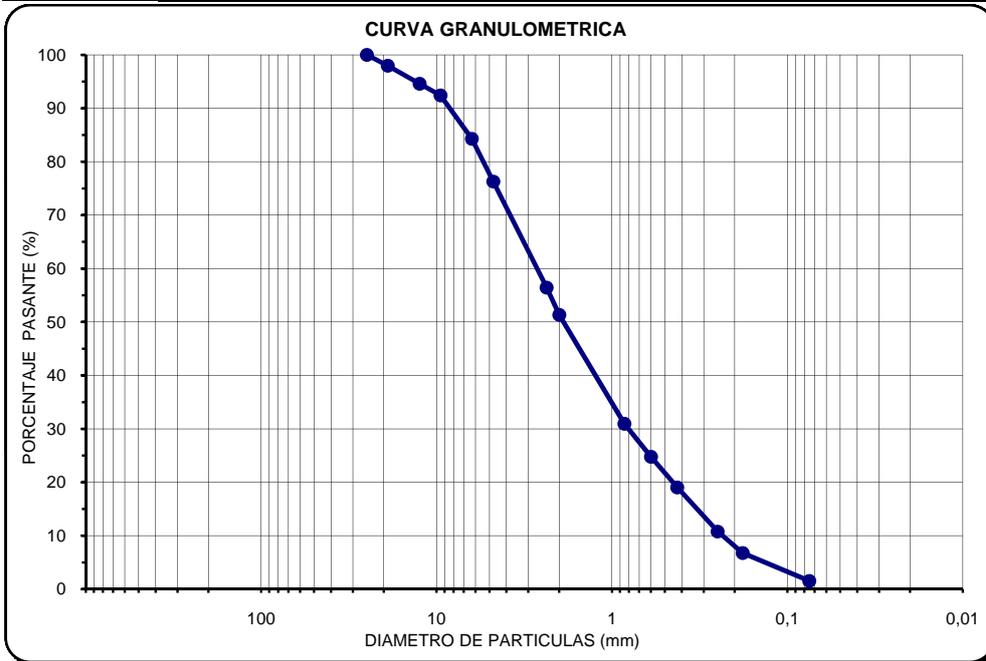
MUESTRA : P - 2 M - 2

UBICACIÓN: Colegio M. Nieto (Omate)

PROFUNDIDAD : 2.80 m.

FECHA : 22/11/2001

Tamices	Abertura(mm)	Peso Ret.(gr)	% Pasante	Deciles - Coeficientes	
11/2"	37,5				
1"	25,0		100,00	D10: 0,238	
3/4"	19,0	56,50	97,97	D30: 0,820	
1/2"	12,5	94,30	94,58	D50: 1,884	
3/8"	9,50	60,80	92,40	D60: 2,710	
1/4"	6,30	226,10	84,28		
N° 4	4,75	222,30	76,29	Cu: 11,387	
N° 8	2,36	129,00	56,44	Cc: 1,043	
N° 10	2,00	33,10	51,34		
N° 20	0,850	132,50	30,95		
N° 30	0,600	40,20	24,76		
N° 40	0,425	37,20	19,04		
N° 60	0,250	53,70	10,77		
N° 80	0,180	26,10	6,76		
N° 200	0,075	34,00	1,52		
BANDEJA		9,90			
				CLASIFICACION SUCS	
				SW	
				ARENA BIEN GRADUADA	



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

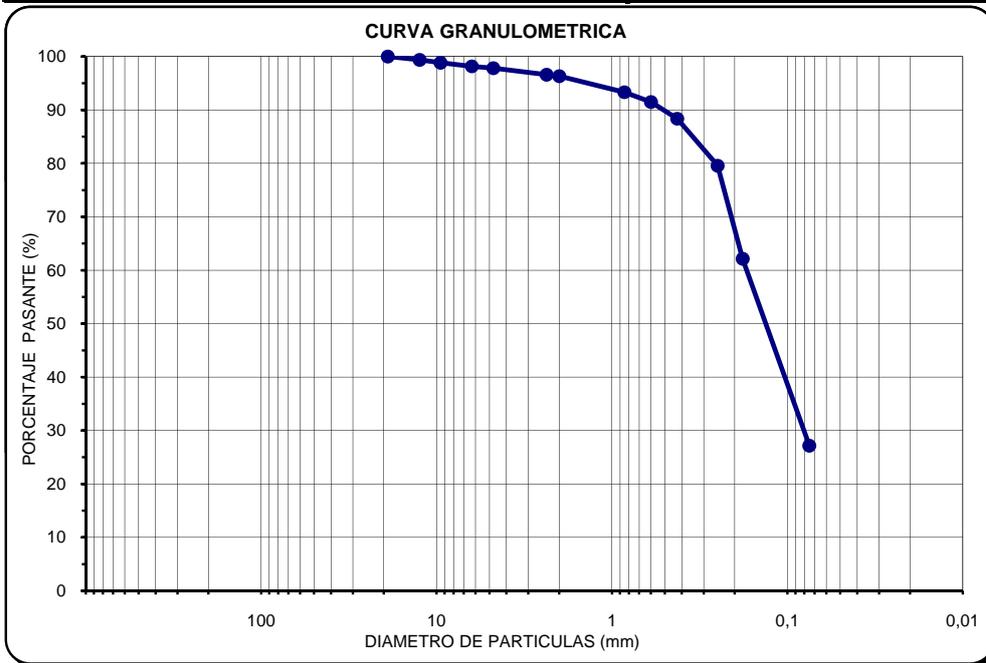
MUESTRA : C - 1 M - 1

PROFUNDIDAD : 0.80 m

UBICACIÓN: Lindaypampa (Omate)

FECHA : 22/11/2001

Tamices	Abertura(mm)	Peso Ret.(gr)	% Pasante	Deciles - Coeficientes	
11/2"	37,5				
1"	25,0			D10	0,023
3/4"	19,0		100,00	D30	0,042
1/2"	12,5	3,10	99,38	D50	0,083
3/8"	9,50	2,70	98,84	D60	0,119
1/4"	6,30	3,40	98,16		
N° 4	4,75	1,70	97,82	Cu	5,174
N° 8	2,36	6,20	96,58	Cc	0,645
N° 10	2,00	1,30	96,32	CLASIFICACION SUCS	
N° 20	0,850	15,00	93,32	SM	
N° 30	0,600	9,20	91,48		
N° 40	0,425	15,60	88,36		
N° 60	0,250	41,50	79,56		
N° 80	0,180	39,60	62,14		
N° 200	0,075	94,90	27,16		
BANDEJA		45,80			



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

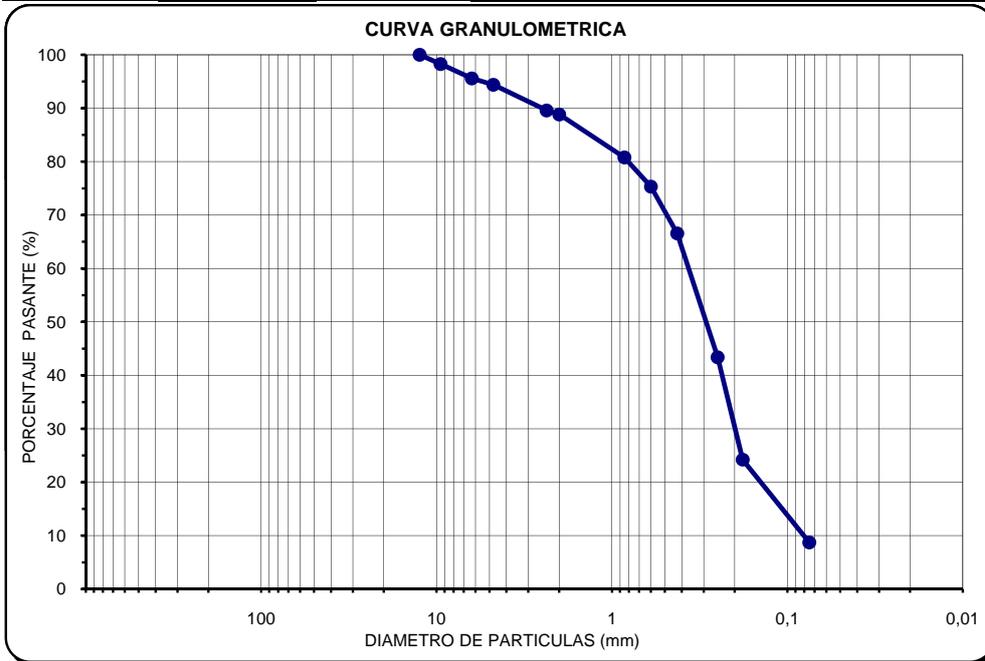
MUESTRA : P - 3 M - 1

UBICACIÓN: Prolong. Calle Moquegua (Omate)

PROFUNDIDAD : 1.20 m.

FECHA : 22/11/2001

Tamices	Abertura(mm)	Peso Ret.(gr)	% Pasante	Deciles - Coeficientes	
11/2"	37,5				
1"	25,0			D10	0,096
3/4"	19,0			D30	0,201
1/2"	12,5		100,00	D50	0,300
3/8"	9,50	3,2	98,27	D60	0,375
1/4"	6,30	5,0	95,57		
N° 4	4,75	2,2	94,38	Cu	0,256
N° 8	2,36	8,9	89,57	Cc	1,122
N° 10	2,00	1,4	88,82		
N° 20	0,850	14,9	80,77	CLASIFICACION SUCS	
N° 30	0,600	10,1	75,31	SP - SM ARENA MAL GRADADA POCO LIMOSA	
N° 40	0,425	16,2	66,56		
N° 60	0,250	42,9	43,38		
N° 80	0,180	35,5	24,20		
N° 200	0,075	28,7	8,70		
BANDEJA		16,1			



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 PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 2 M - 1 **UBICACIÓN :** Ladrillera (Puquina)
PROFUNDIDAD : 2.50 m. **FECHA :** 26/12/2001

METODO DE LA PARAFINA

	Unidad	
Peso inicial de la muestra	g	763,80
Peso de la muestra mas parafina	g	796,00
Peso de la canastilla sumergida	g	1161,00
Peso de la canastilla mas muestra sumergida	g	1347,00
Peso muestra sumergida	g	186,00
Peso especifico de la parafina	g/cm ³	0,90
Volumen de la parafina	cm ³	35,78
Volumen de la muestra	cm ³	574,22
Peso Volumetrico de la Muestra	g/cm³	1,330

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 PESO VOLUMETRICO DE SUELOS COHESIVOS
CALLE PAUCARPATA S/N TELEF. 283143

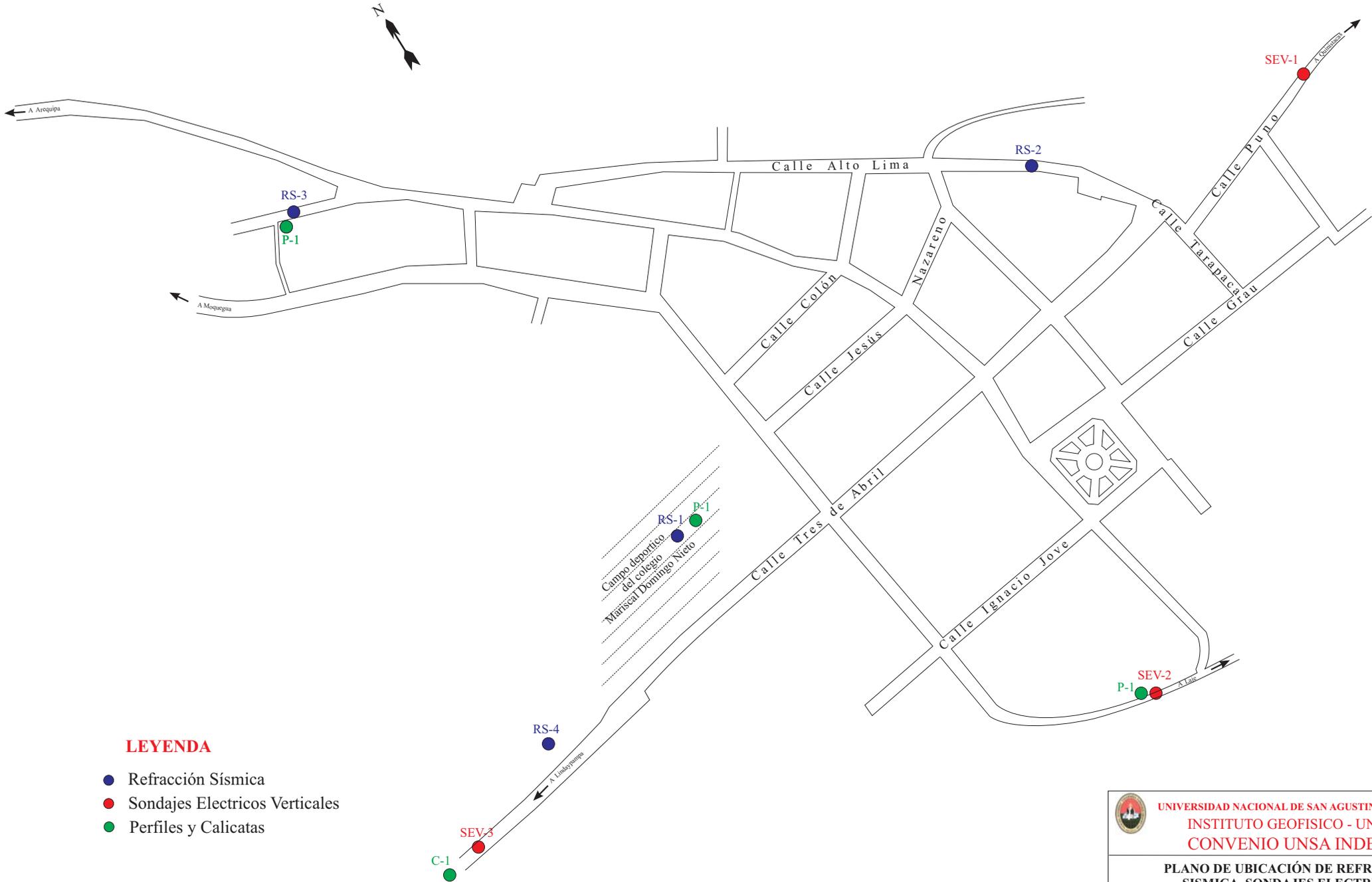
SOLICITA : Convenio INDECI - UNSA
PROYECTO : Mapas de Peligros
MUESTRA : P - 1 M - 1 **UBICACIÓN :** Ladrillera (Puquina)
PROFUNDIDAD : 3 m. **FECHA :** 26/12/2001

METODO DE LA PARAFINA

	Unidad	
Peso inicial de la muestra	g	848,50
Peso de la muestra mas parafina	g	891,50
Peso de la canastilla sumergida	g	1161,00
Peso de la canastilla mas muestra sumergida	g	1323,00
Peso muestra sumergida	g	162,00
Peso especifico de la parafina	g/cm ³	0,90
Volumen de la parafina	cm ³	47,78
Volumen de la muestra	cm ³	681,72
Peso Volumetrico de la Muestra		g/cm³ 1,245

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

LISTA DE PLANOS



LEYENDA

- Refracción Sísmica
- Sondajes Electricos Verticales
- Perfiles y Calicatas

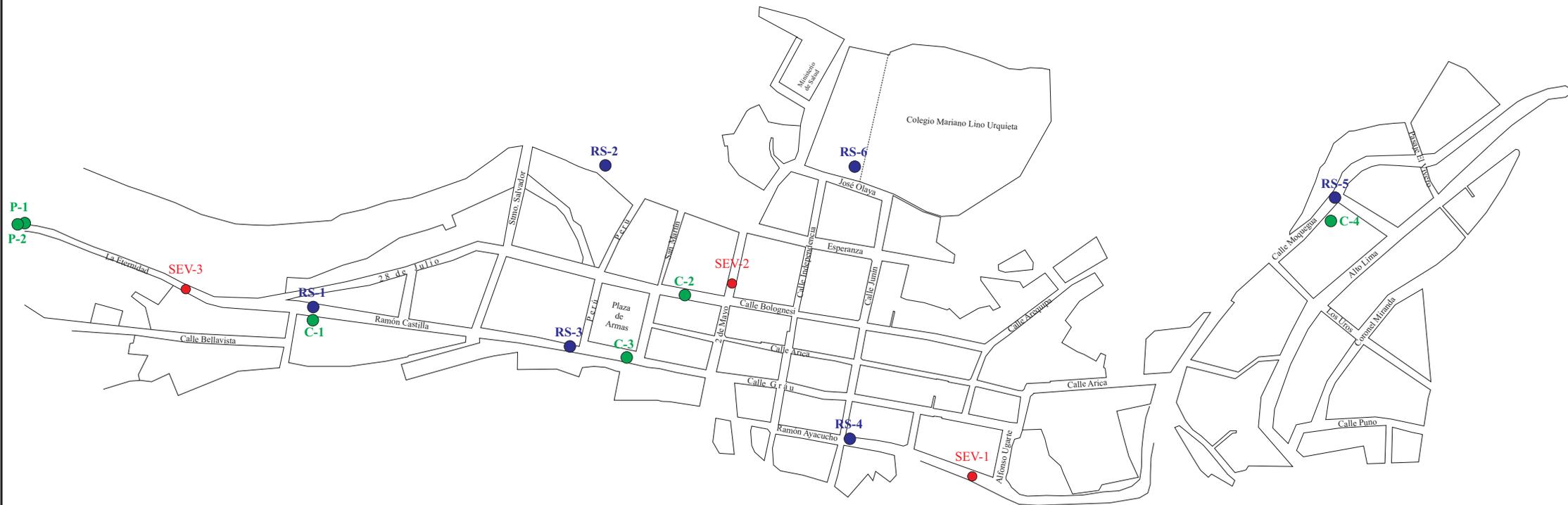


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

PLANO DE UBICACIÓN DE REFRACCIÓN
 SISMICA, SONDAJES ELECTRICOS,
 PERFILES Y CALICATAS DE OMA TE

Fecha: Enero, 2002

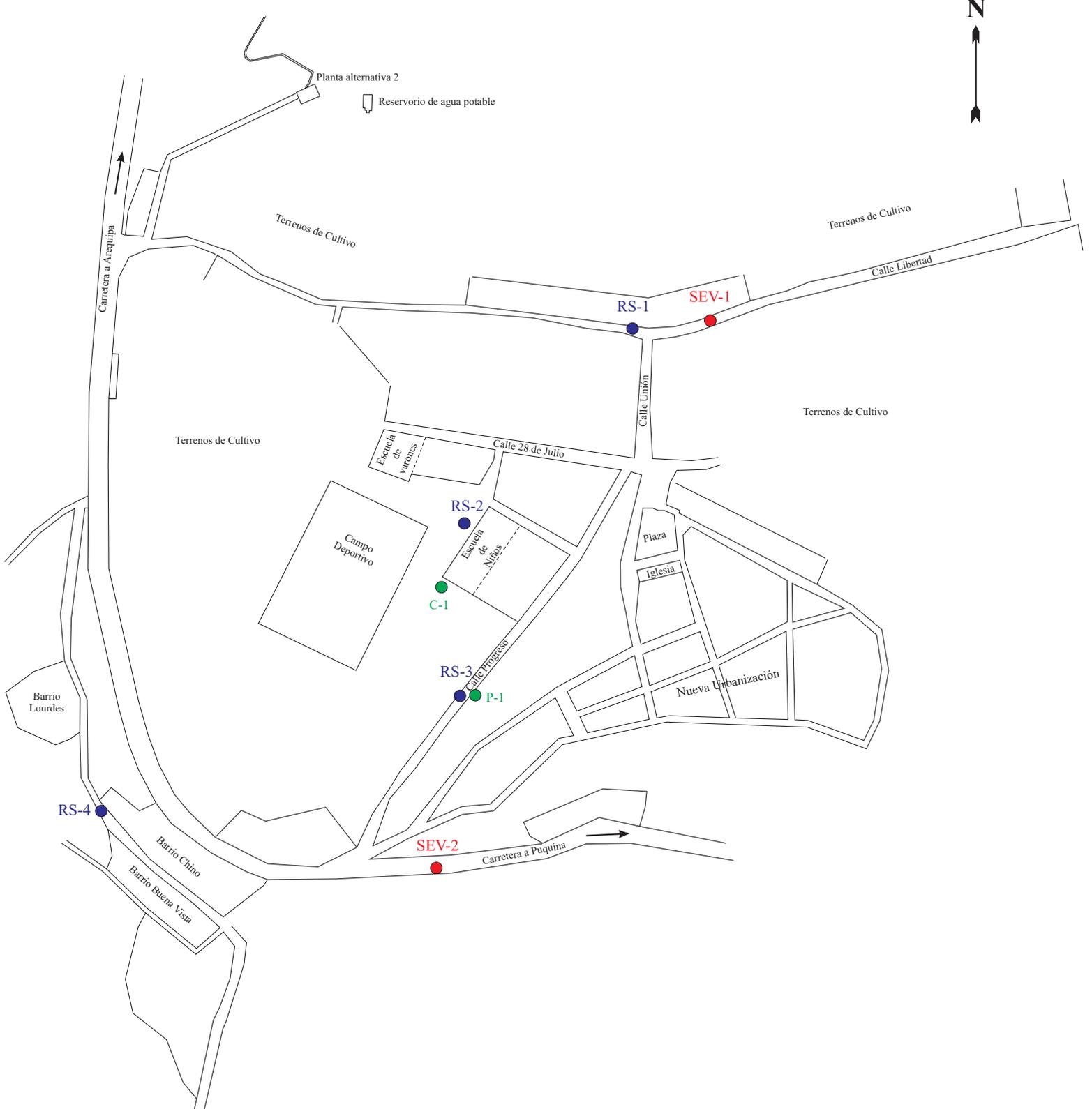
PLANO 1



LEYENDA

- Refracción Sísmica
- Sondajes Electricos Verticales
- Calicatas y Perfiles

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI
	PLANO DE UBICACIÓN DE REFRACCIÓN SÍSMICA, SONDAJES ELÉCTRICO, CALICATAS Y PERFILES DE PUQUINA
Fecha: Enero, 2002	PLANO 2



LEYENDA

- Refracción Sísmica
- Sondajes Electricos Verticales
- Calicata y Perfil

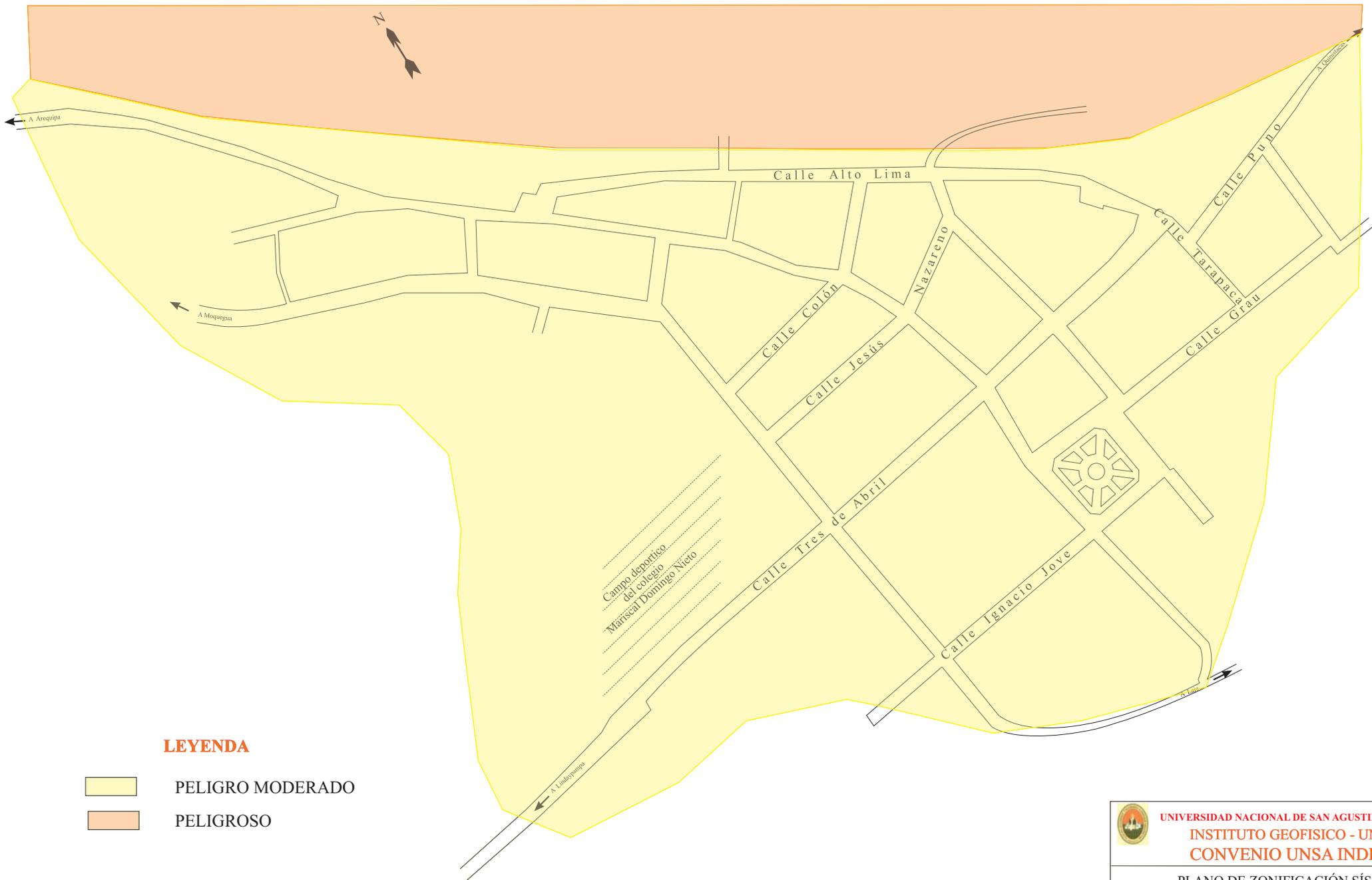


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

PLANO DE UBICACION DE REFRACCION
SISMICA, SONDAJES ELECTRICOS,
CALICATA Y PERFIL DE CHACAHUAYO

Fecha: Enero, 2002

PLANO 3



LEYENDA

- PELIGRO MODERADO
- PELIGROSO

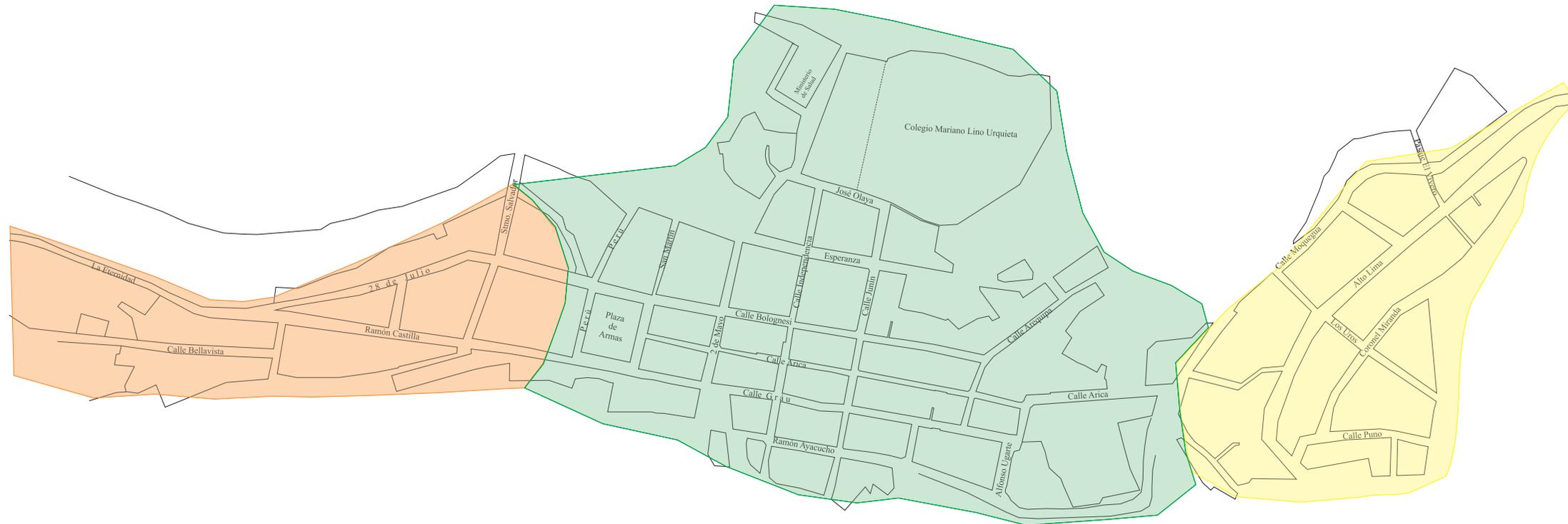


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

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

Fecha: Enero, 2002

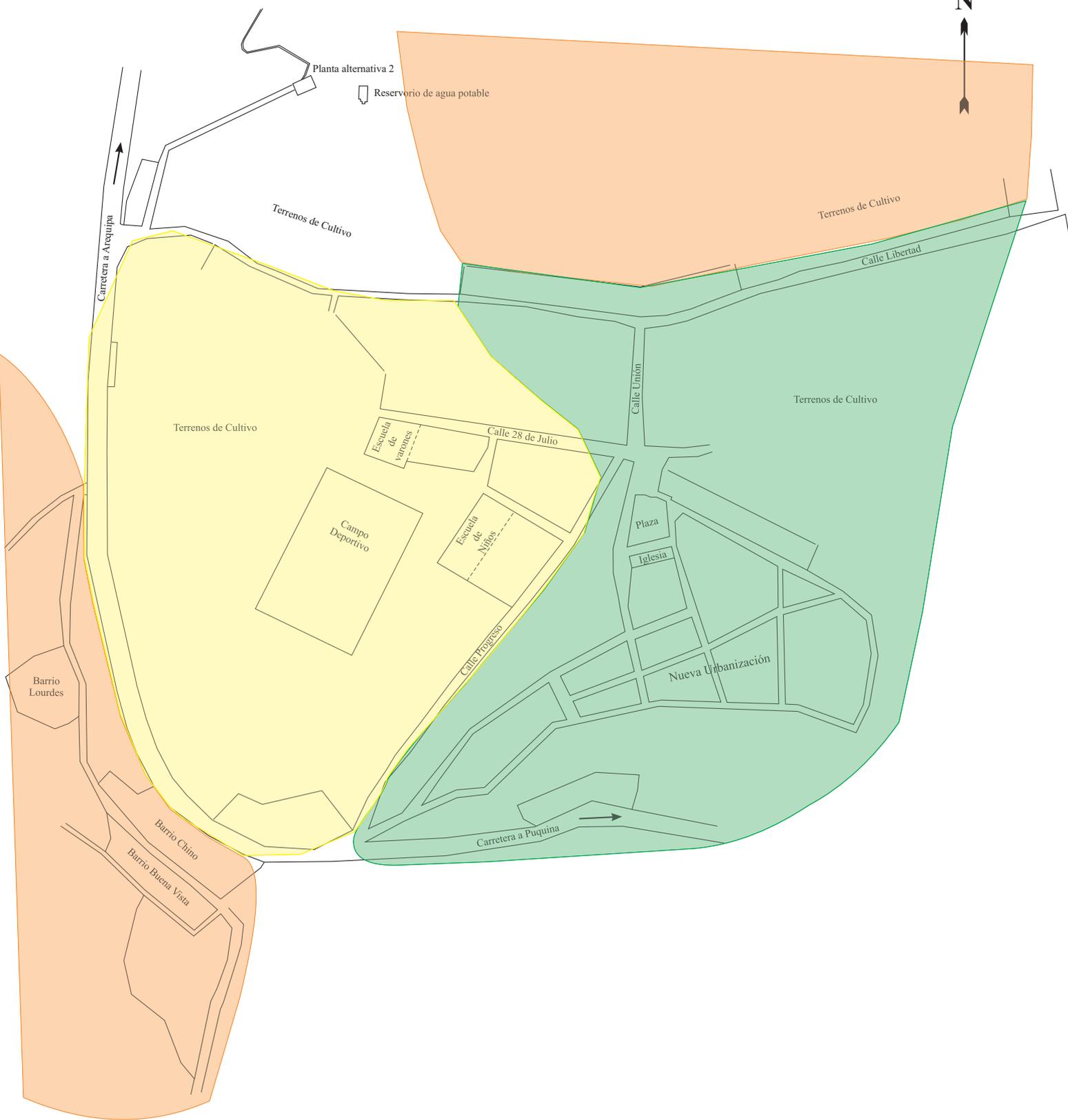
PLANO 4



LEYENDA

-  PELIGRO BAJO
-  PELIGRO MODERADO
-  PELIGROSO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA INSTITUTO GEOFISICO - UNSA CONVENIO UNSA INDECI
	PLANO DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA (METODO SISMICO, ELECTRICO Y GEOTÉCNICO) DE PUQUINA
Fecha: Enero, 2002	PLANO 5



LEYENDA

-  PELIGRO BAJO
-  PELIGRO MODERADO
-  PELIGROSO

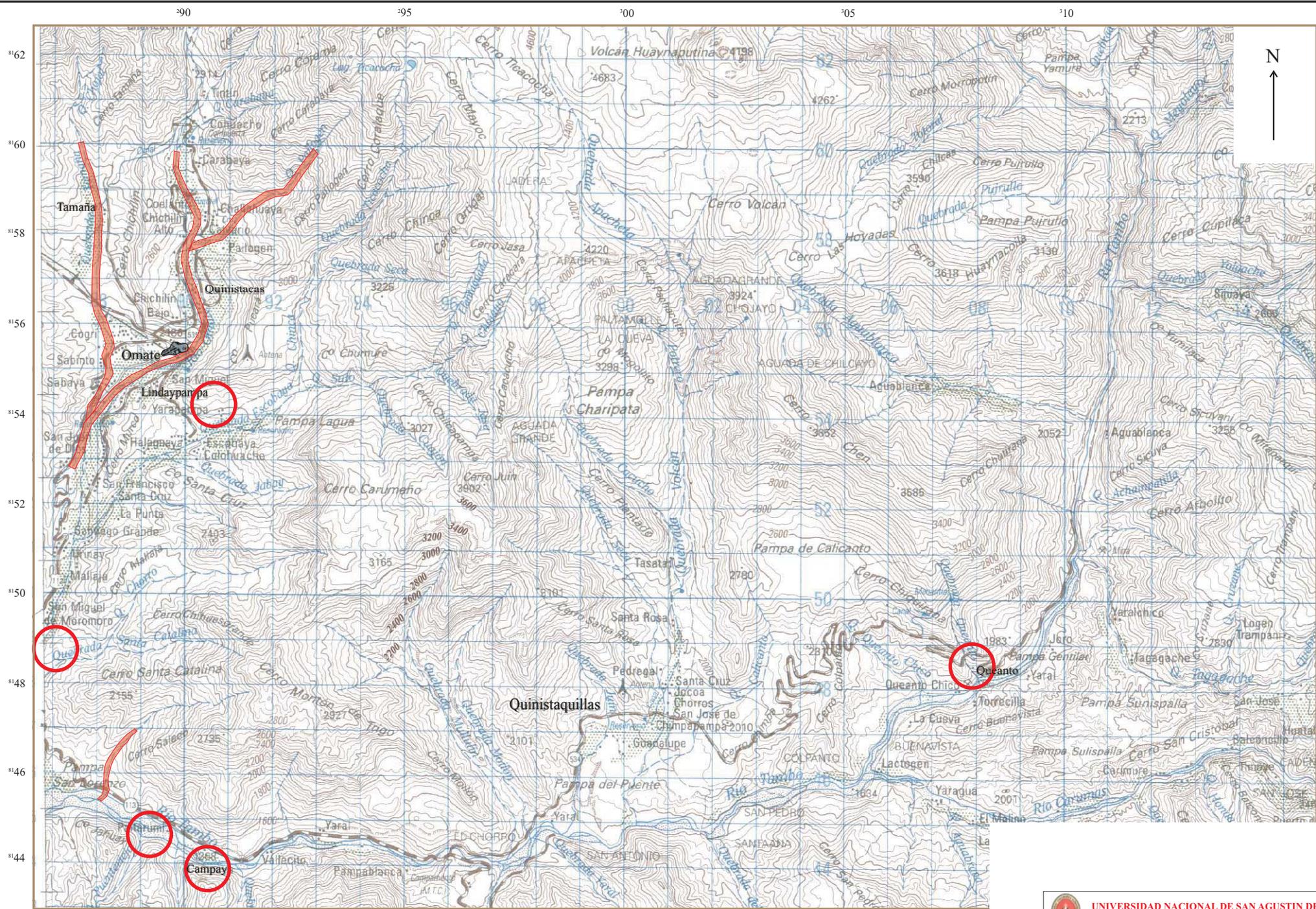


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

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

Fecha: Enero, 2002

PLANO 6



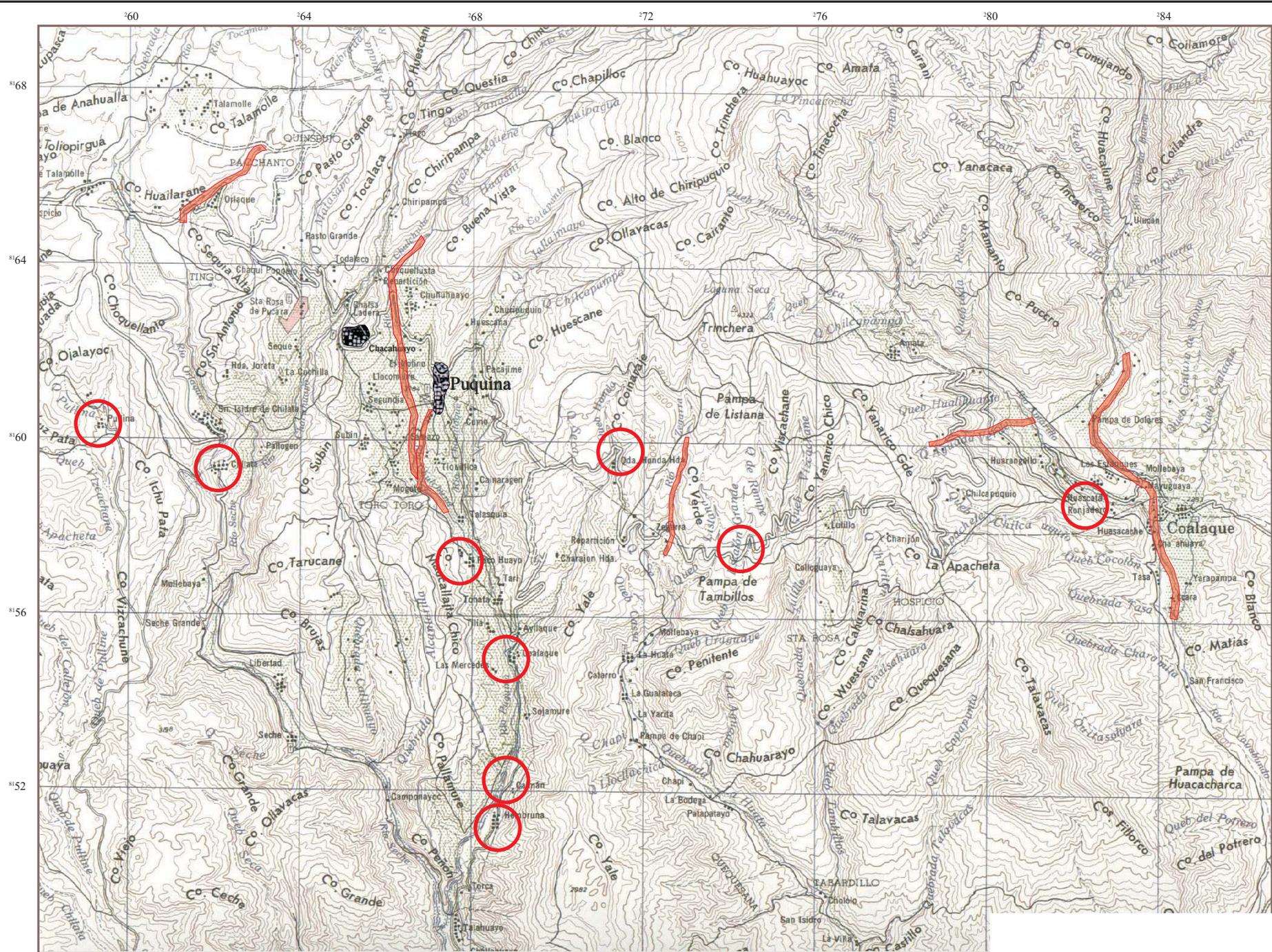
LEYENDA

- Peligro Alto por Activación de Quebradas
- Zonas de Deslizamientos



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

**MAPA DE ACTIVACIÓN DE QUEBRADAS
 Y DESLIZAMIENTOS DE OMATE**

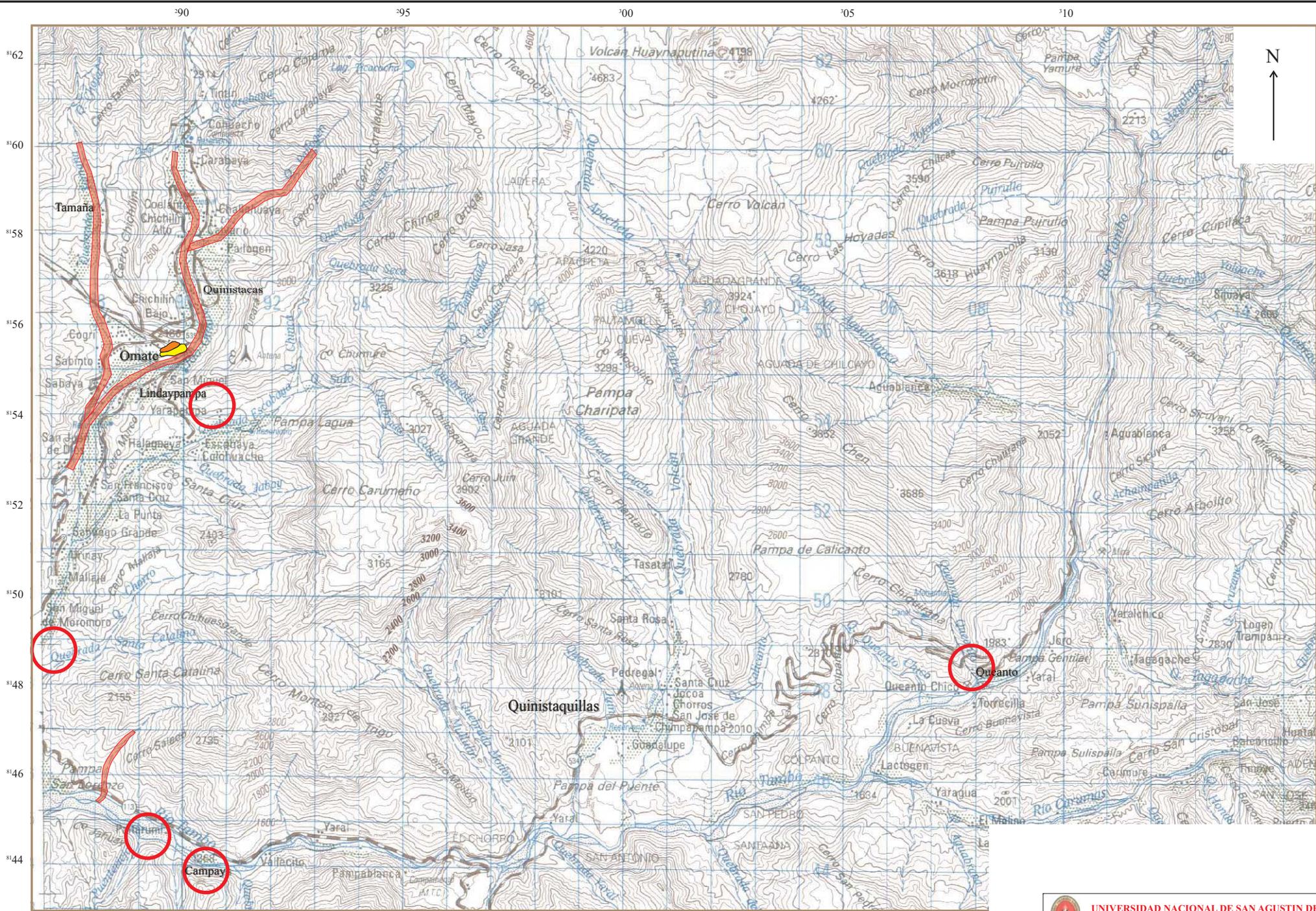


LEYENDA

- Peligro Alto por Activación de Quebradas
- Zonas de Deslizamientos

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

MAPA DE ACTIVACIÓN DE QUEBRADAS Y DESLIZAMIENTOS DE PUQUINA Y CHACHAHUAYO



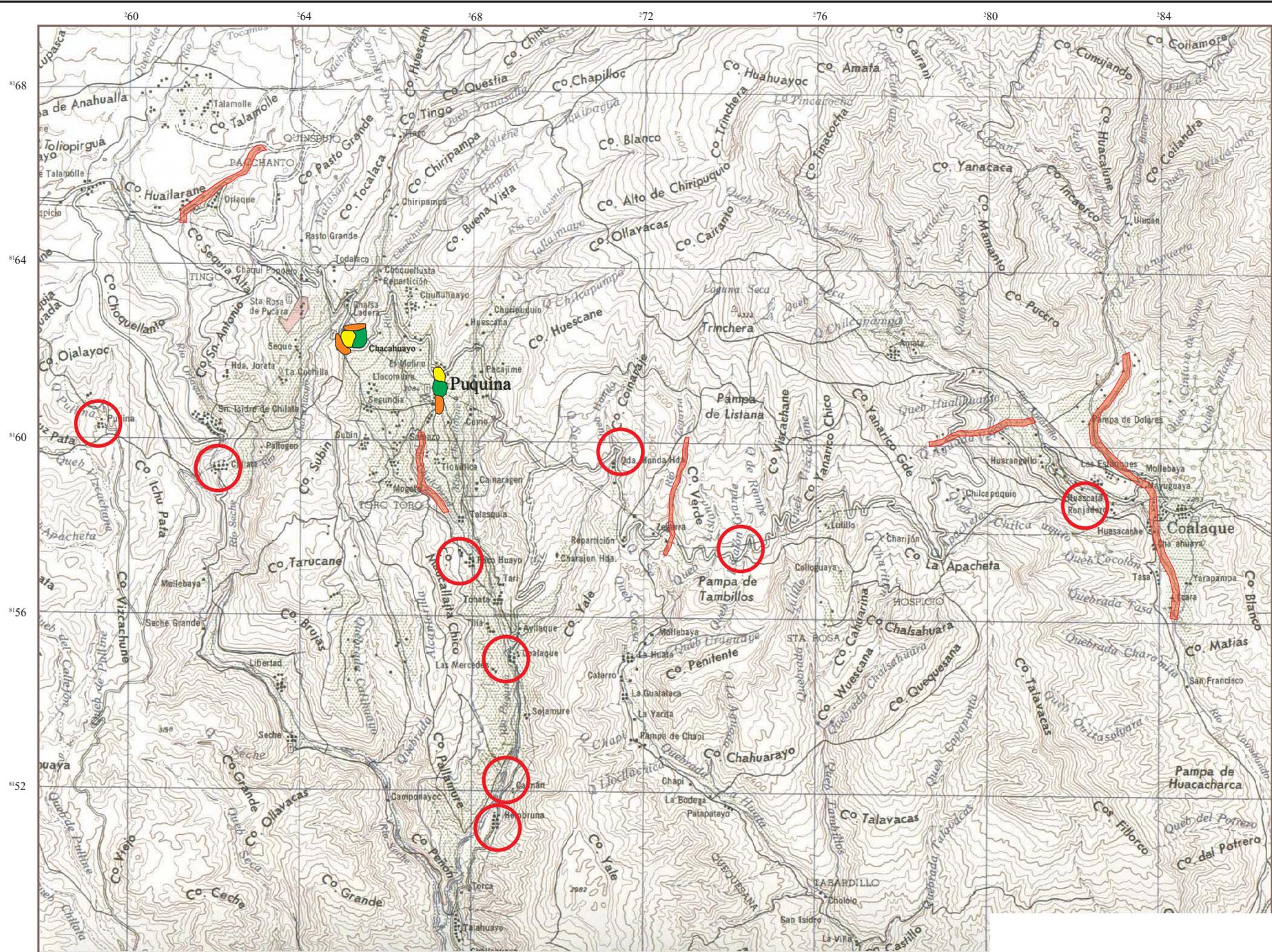
LEYENDA

-  Peligro Alto por Activación de Quebradas
-  Zonas de Deslizamientos
-  Peligro Moderado
-  Peligroso



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

MAPA DE PELIGROS DE OMATE



- LEYENDA**
-  Peligro Alto por Activación de Quebradas
 -  Zonas de Deslizamientos
 -  Peligro Bajo
 -  Peligro Moderado
 -  Peligroso




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

**MAPA DE PELIGROS DE
PUQUINA Y CHACAHUAYO**

LISTA DE FIGURAS

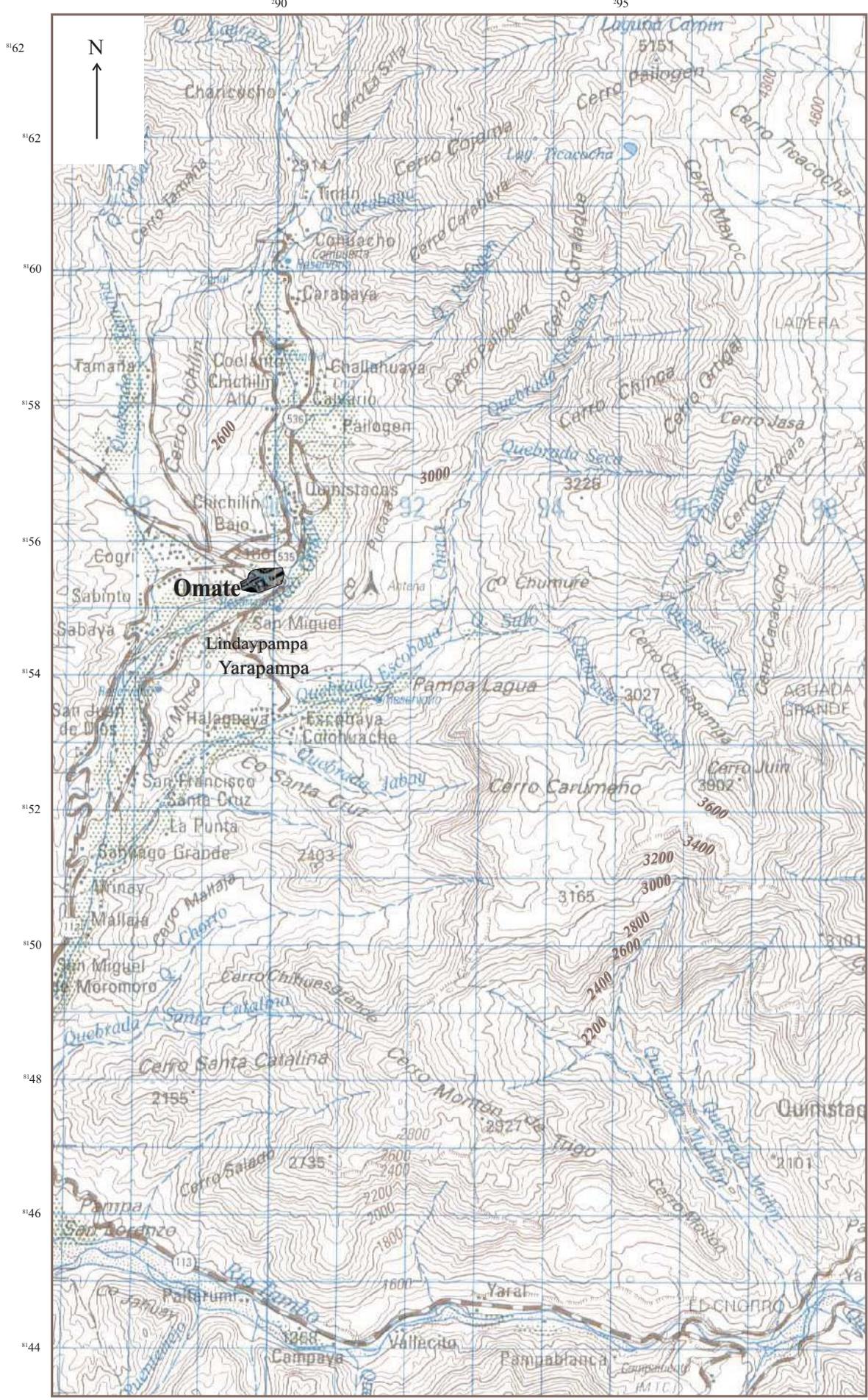


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

**MAPA DE UBICACION
 DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 1



0 1 2 3 4 5 Kilómetros
Escala Gráfica


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

MAPA TOPOGRÁFICO
DE OMATE

Fecha: Enero, 2002 Ref.: I.G.N. **Fig. N° 2**

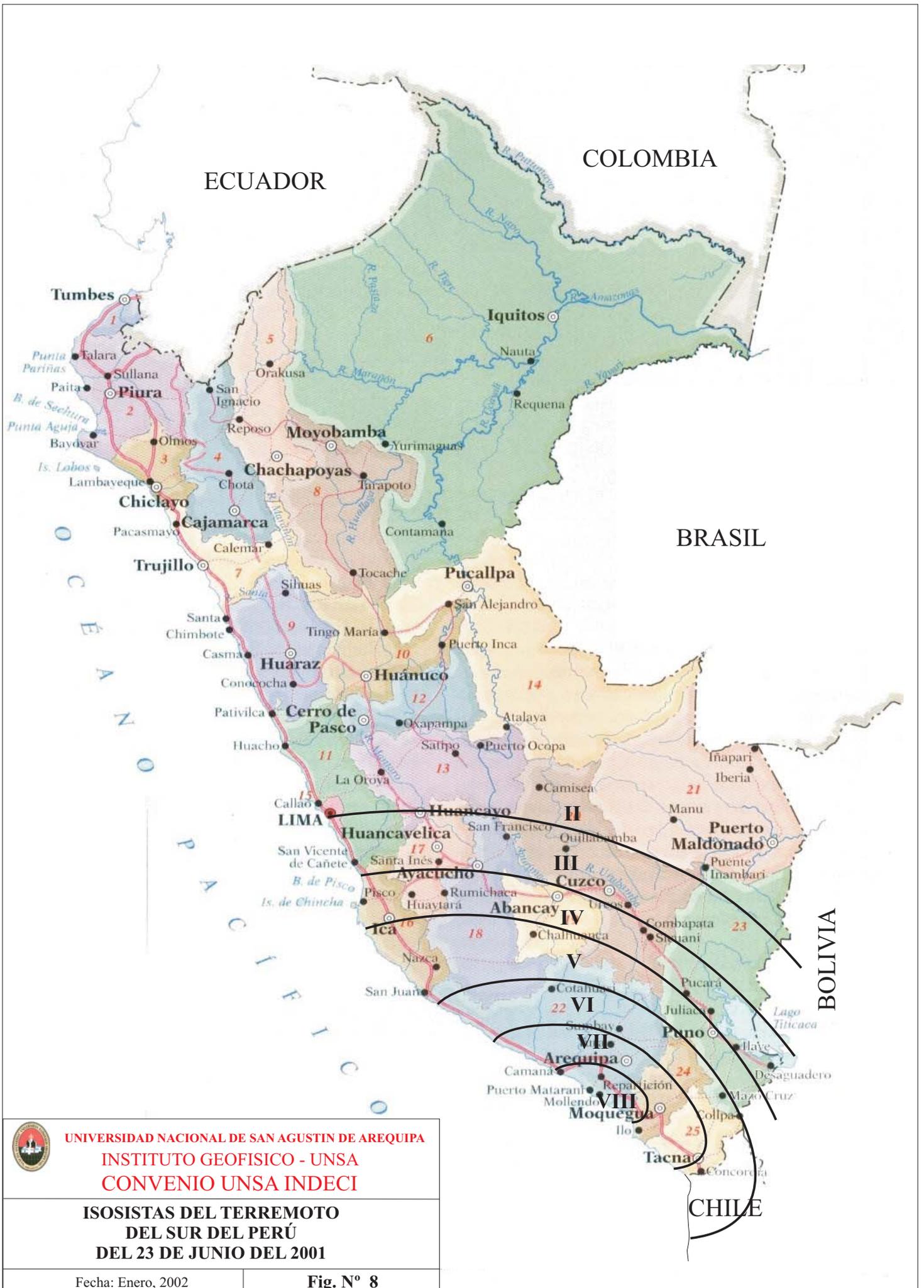
16° 30'

71° 00'



LEYENDA

EDAD	FORMACION	ROCAS SED Y VOLC.	ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos Fluviales, bafados, piroclásticos, aluviales, coluviales, fluvio-glaciares, lacustres, flujos de barro	Qr - et, Qr - ba, Qr - pl, Qr - pe, Qr - ca, Qr - ch, Qr - lr	
	PLEISTOCENO	Volcánico Barroso	TQ - vba	
	SUPERIOR	Volcánico Chila	TQ - vch	
TERCIARIO	SUPERIOR	Fm. Capilluna	Tp - ca	
	MEDIO	Volcánico Llallahu	Tms - vll	
		Tufos Huayllitas	Tms - hu	
	INFERIOR	Conglomerado Tajo	Tms - et	
		Volcánica Tolapaca	Ti - vt	
Formación Pichu e intercalaciones lacustres		Tpa - pi		
CRETACEO	SUPERIOR	Formación Jahuay	Ti - ja	TI - iap
		Fm. Omate	KTI - oma	KTI - ab, KTI - gln
	MEDIO	Volcánico Toquepata	Ks - vta	
		Formación Inagaya	Kv - in	
		Volcánico Matalaque	Km - vma	
INFERIOR	Formación Omate	Km - om		
JURASICO	SUPERIOR	Grupo Yura	Ju - ya	
	MEDIO			
	INFERIOR	Formación Sicoani	Si - sa	

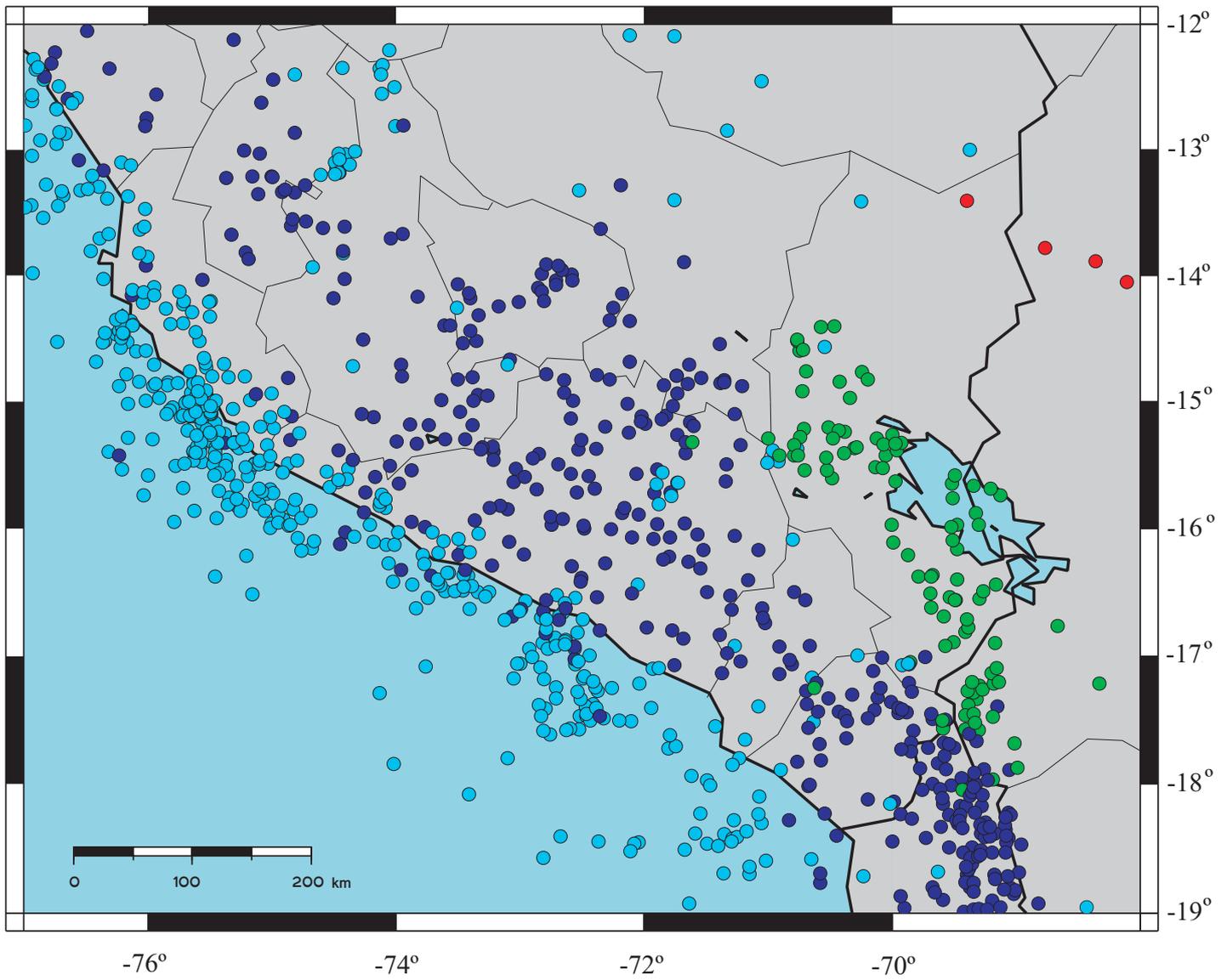


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

ISOSISTAS DEL TERREMOTO
 DEL SUR DEL PERÚ
 DEL 23 DE JUNIO DEL 2001

Fecha: Enero, 2002

Fig. N° 8



● $h < 70$ km.

● $70 < h < 150$ km.

● $150 < h < 300$ km.

● $300 > h$ km.



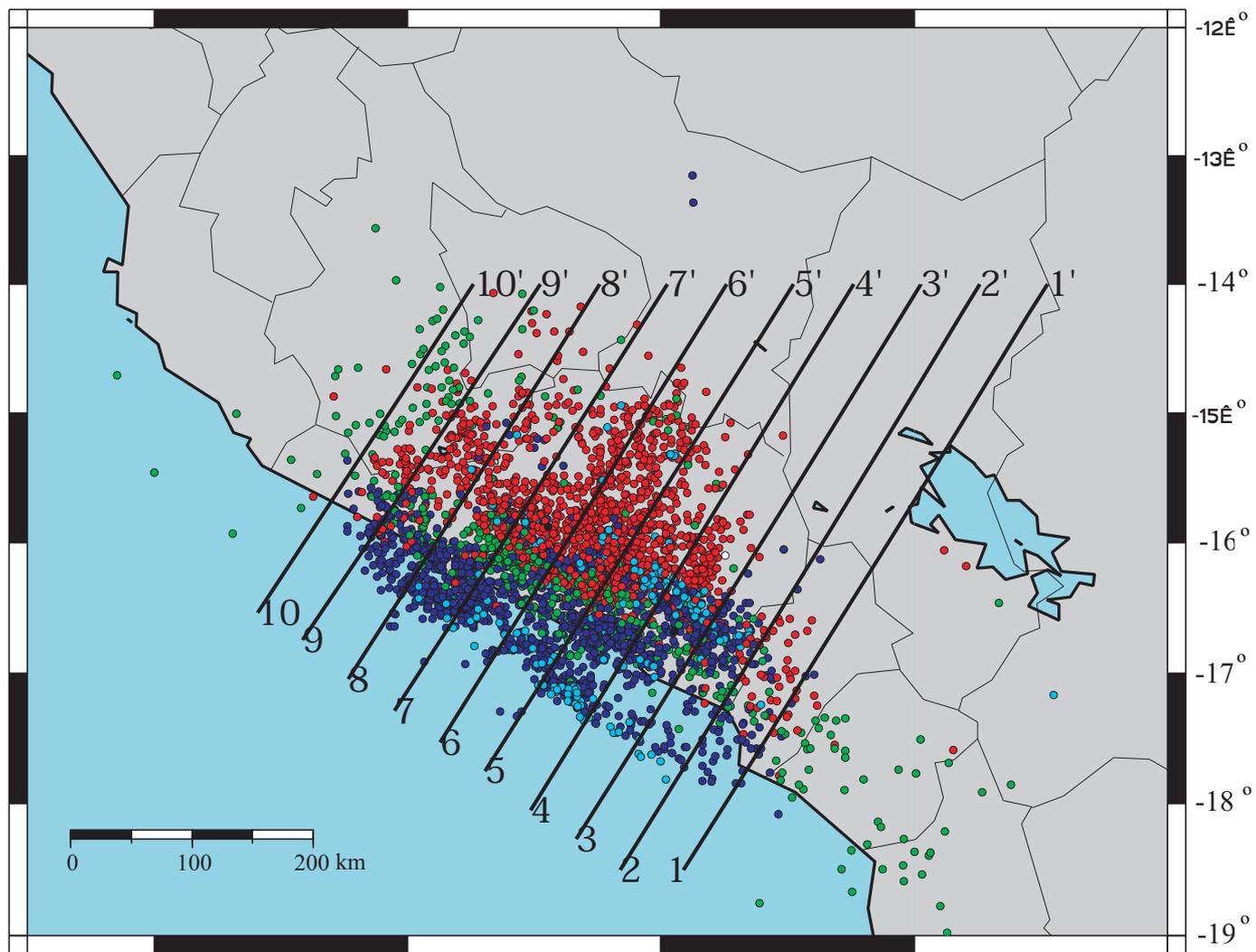
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA - INDECI

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

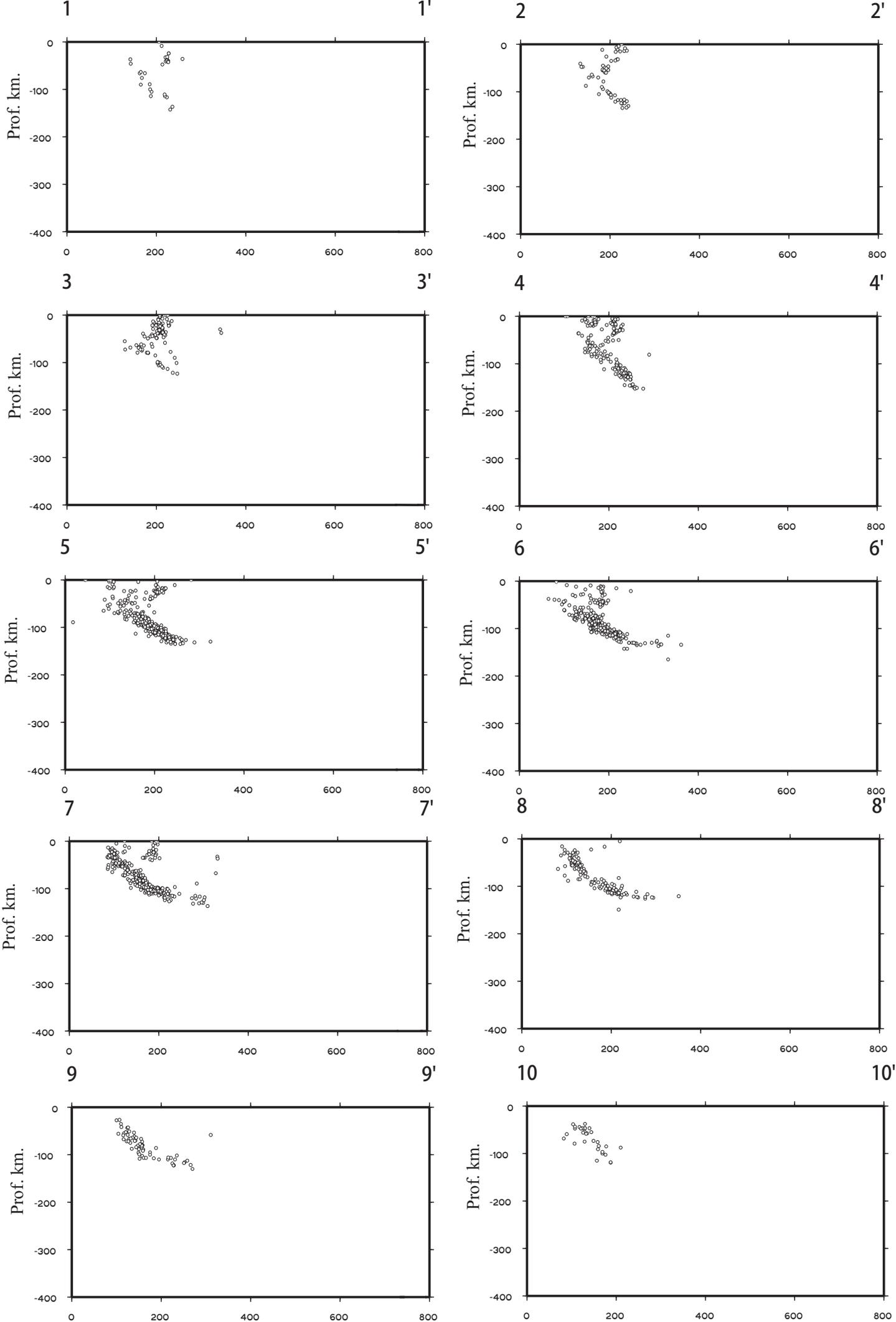
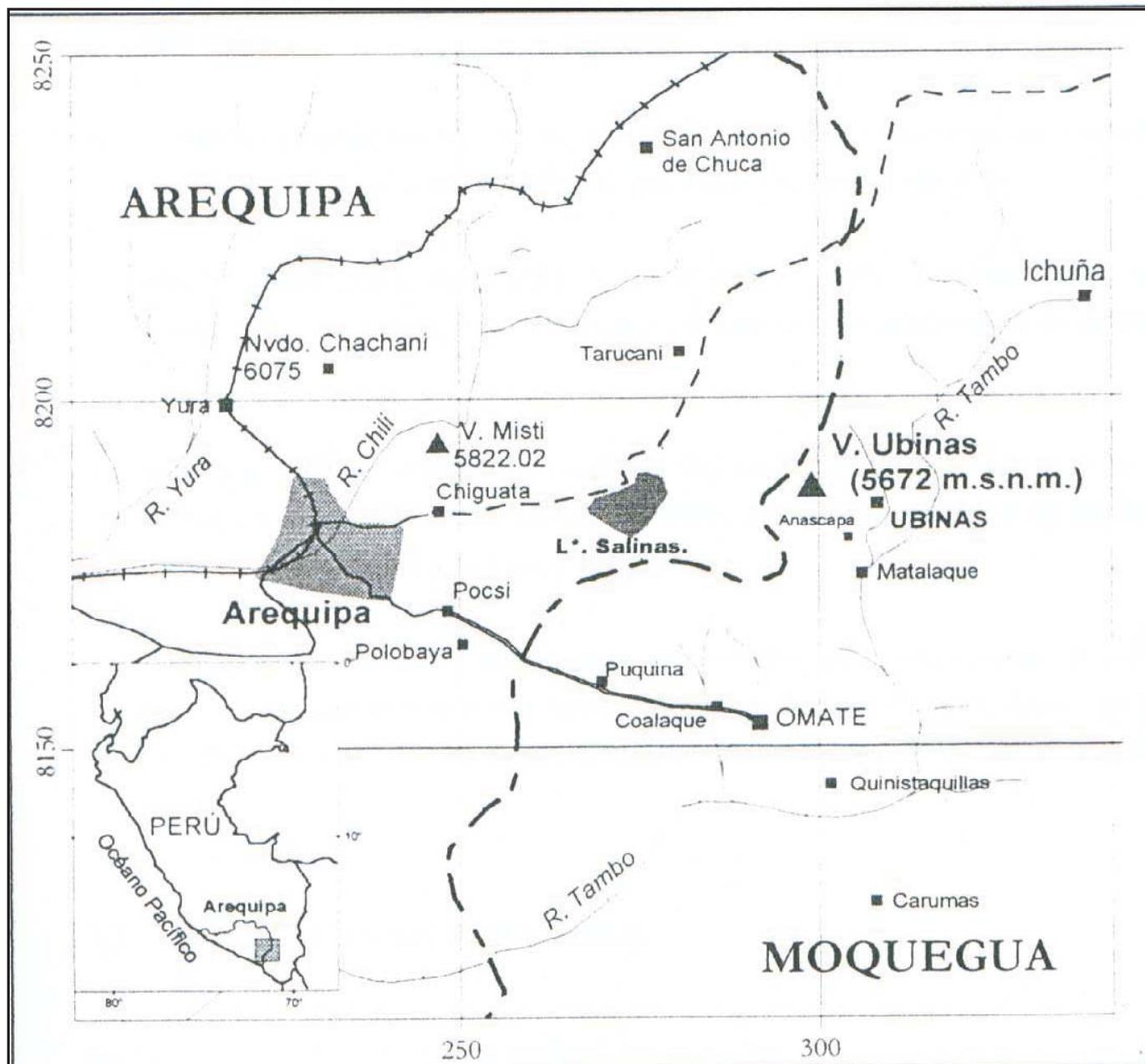
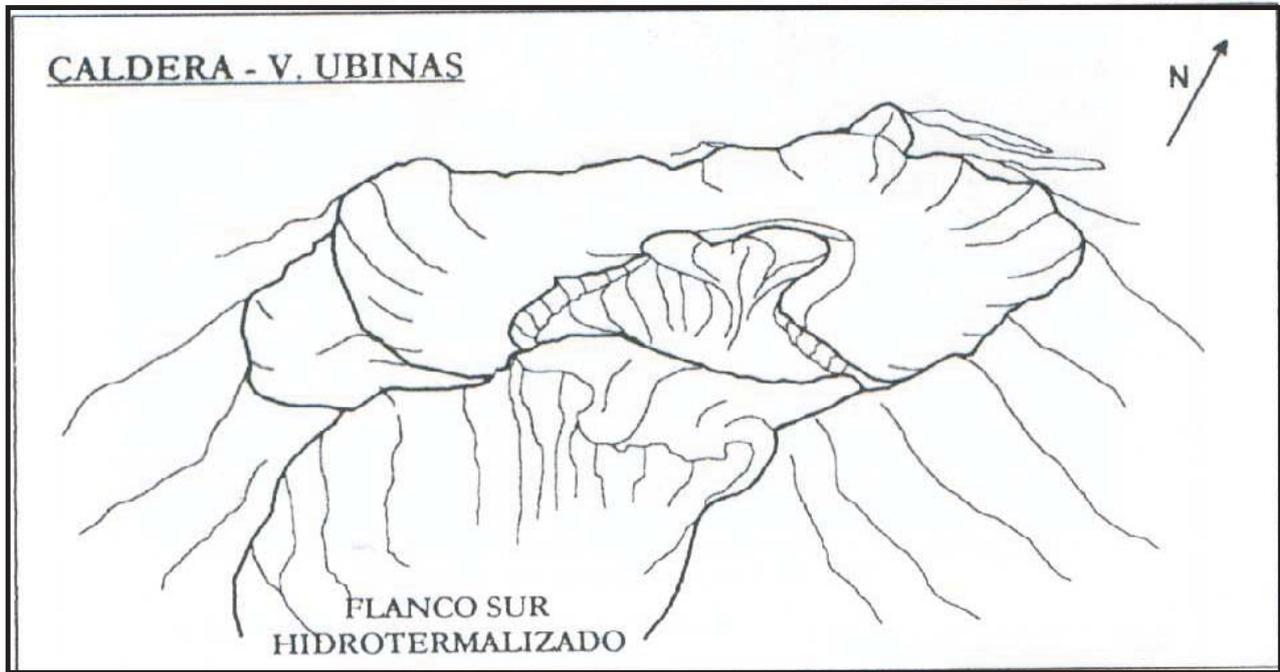


Fig. N° 11: SECCIONES SÍSMICAS



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

MAPA DE UBICACIÓN
 DEL VOLCÁN UBINAS



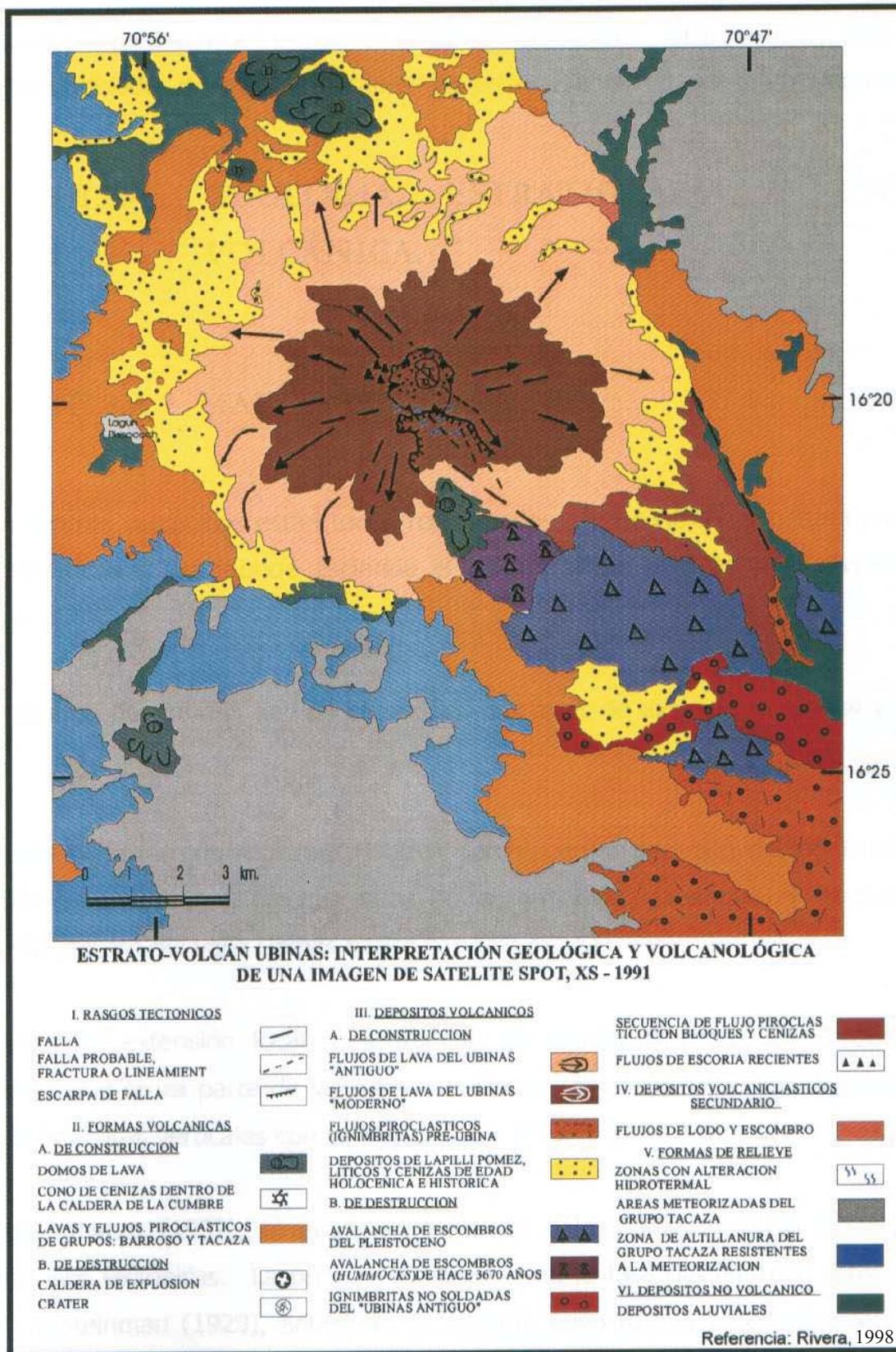
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
CONVENIO UNSA INDECI

ESQUEMA DE LA CALDERA
DEL VOLCÁN UBINAS

Fecha: Enero, 2002

Ref.: Gonzáles K., 2001

Fig. N° 13



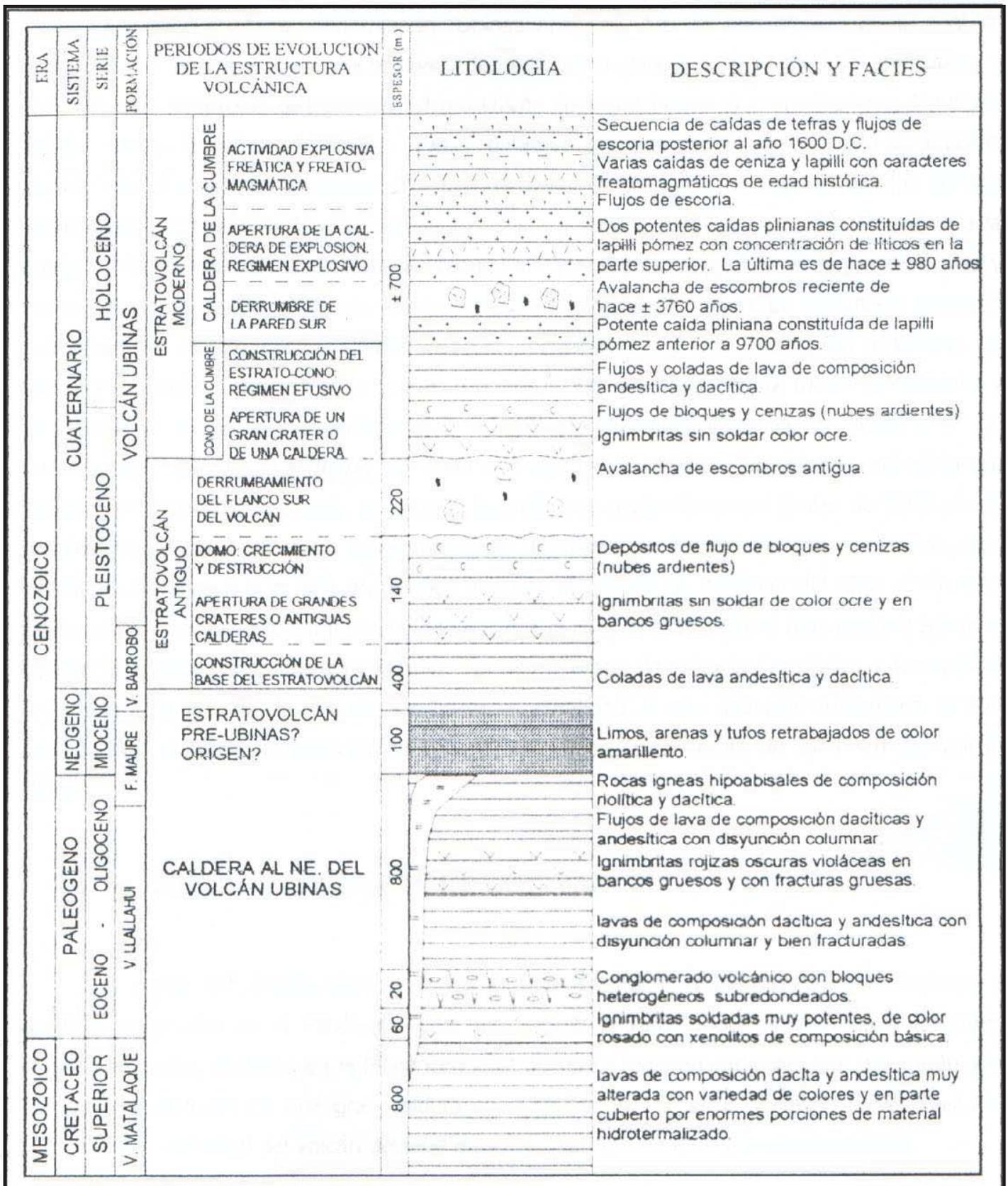
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y
 VOLCANOLÓGICA DE UNA
 IMAGEN SATELITE SPOT, XS-1991

Fecha: Enero, 2002

Ref.: Rivera, 1998

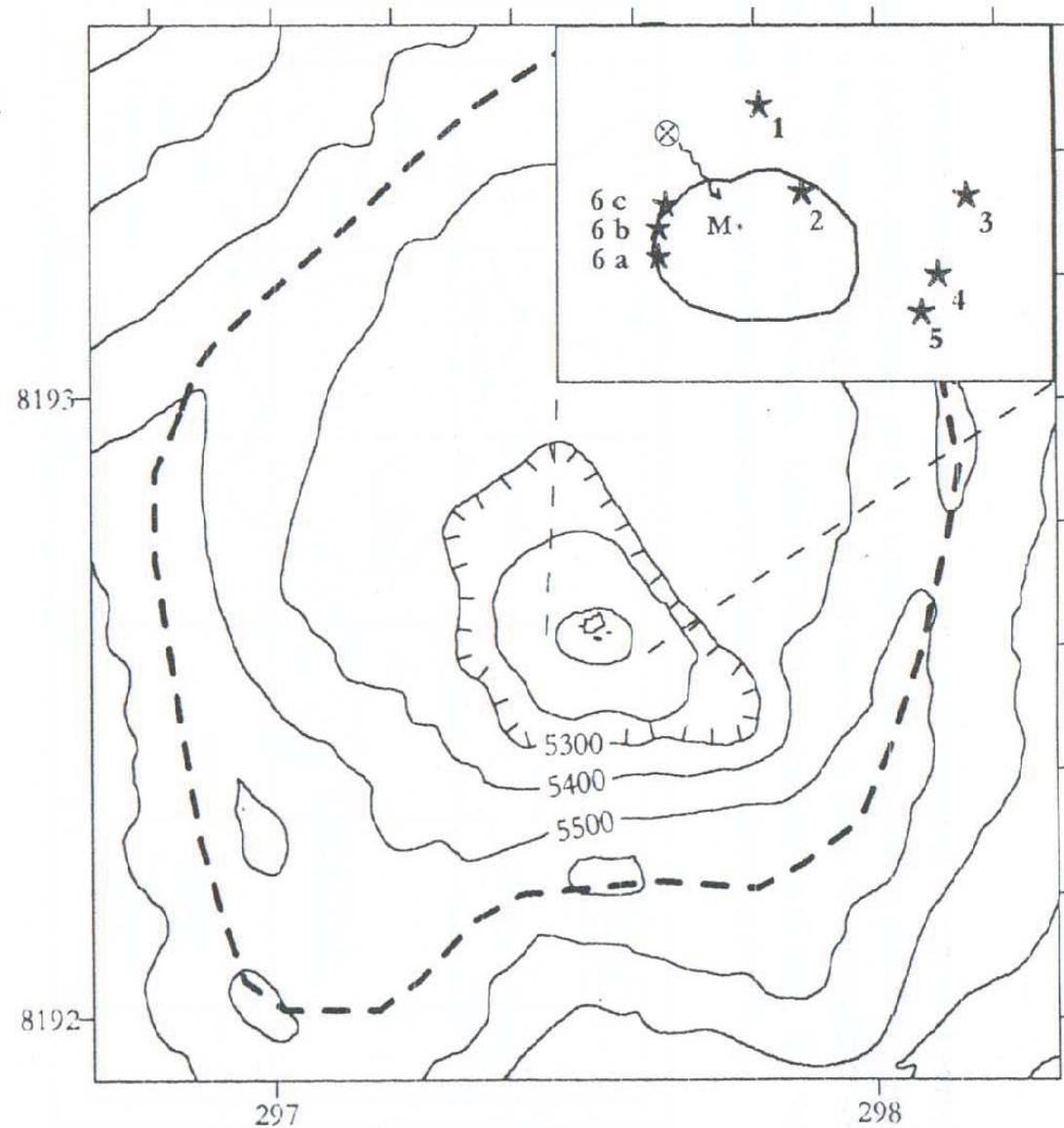
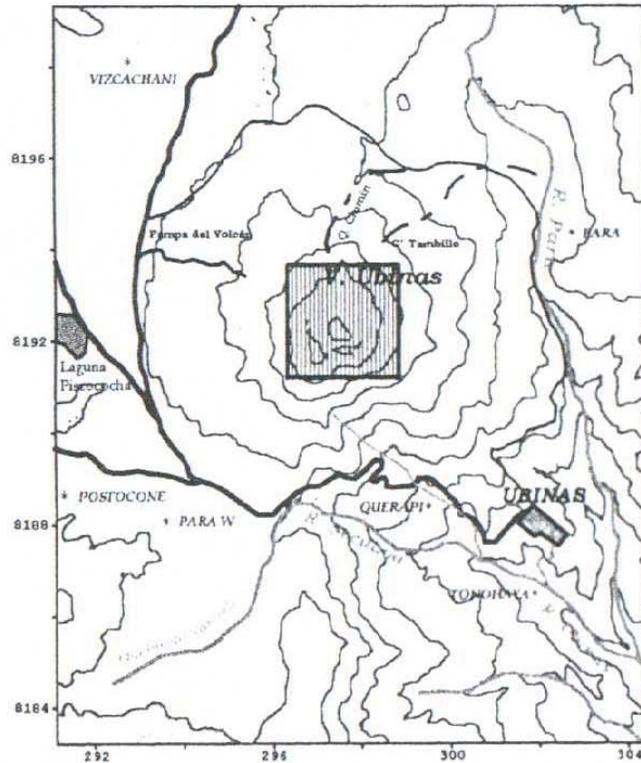
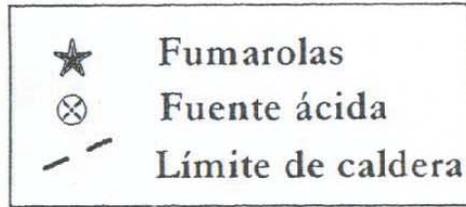
Fig. N° 14



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

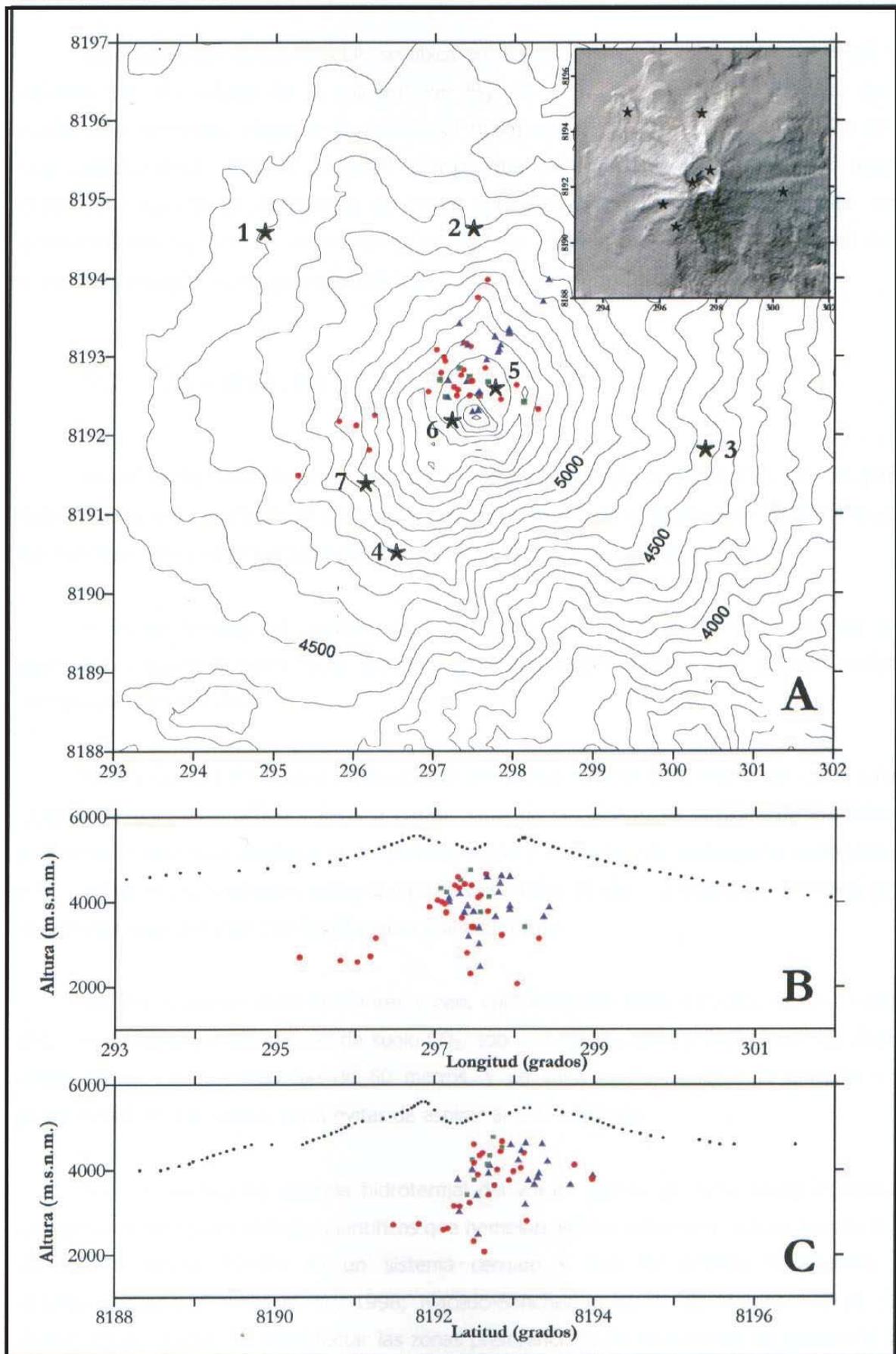
SECCIÓN LITO-ESTRATIGRÁFICA
COMPUESTA DEL VOLCAN UBINAS

Ubicación de las fumarolas en el cráter del volcán Ubinas



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

UBICACIÓN DE LAS FUMAROLAS
 EN EL CRÁTER DEL VOLCÁN UBINAS



LEYENDA

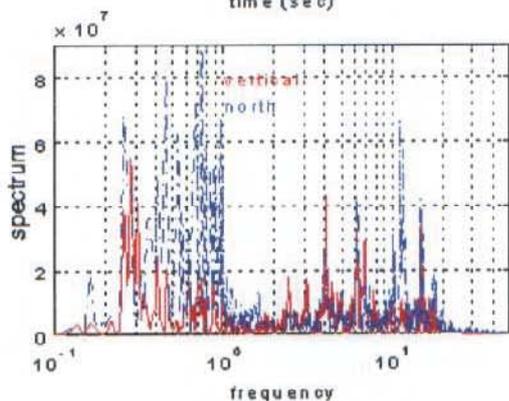
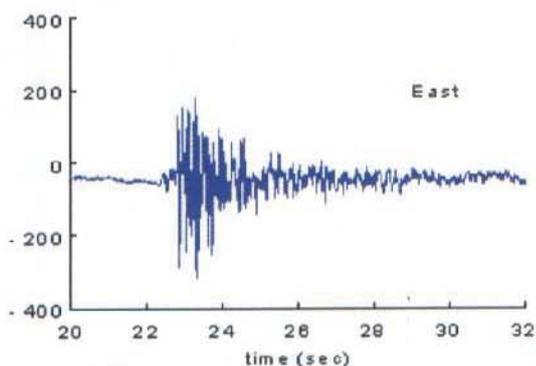
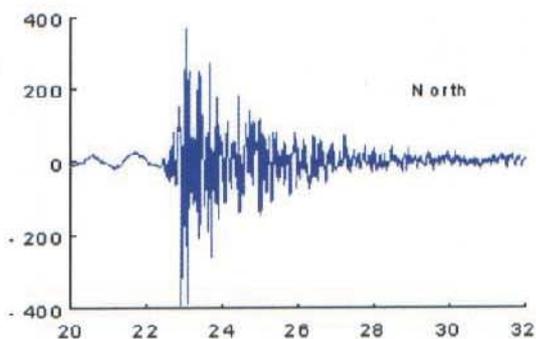
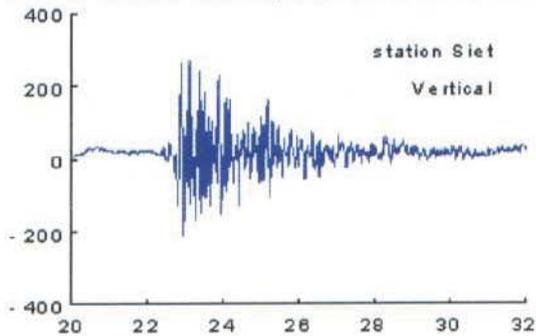
- Sismos LP
- ▲ Sismos VT
- Sismos TO
- ★ Estaciones Sísmicas



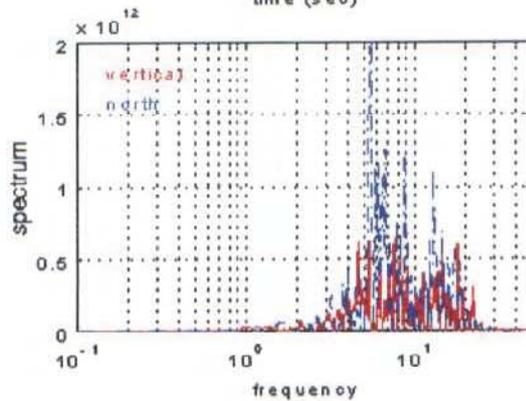
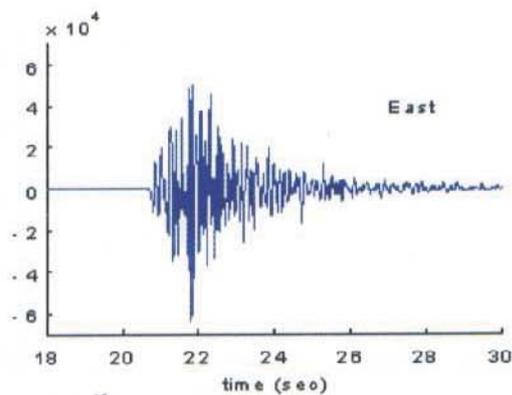
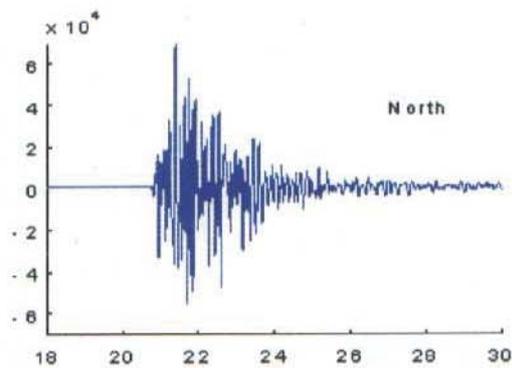
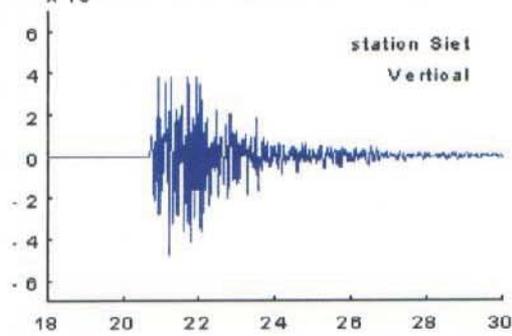
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

**A) DISTRIBUCIÓN EPICENTRAL,
 B y C) CORTES E - W Y N - S**

seisme Volcano- tectonique 98032034 20/03/98 12:48

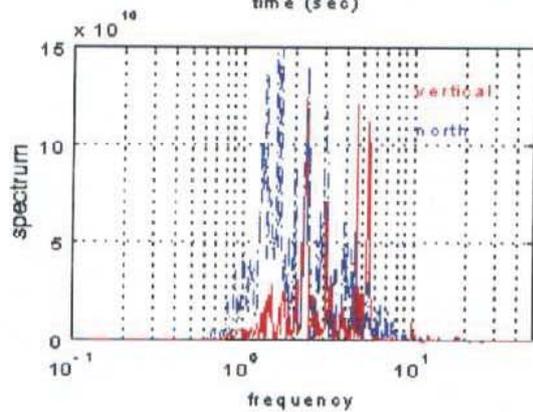
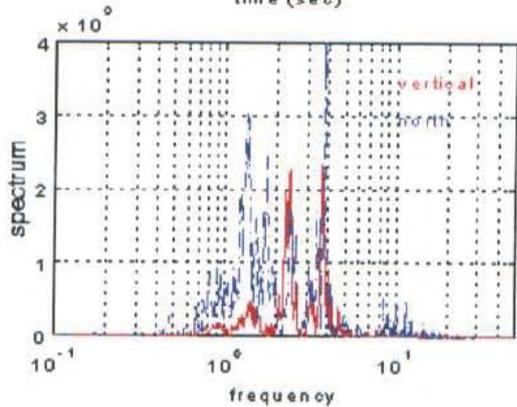
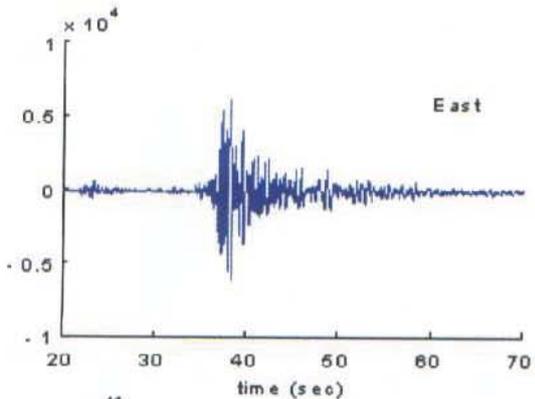
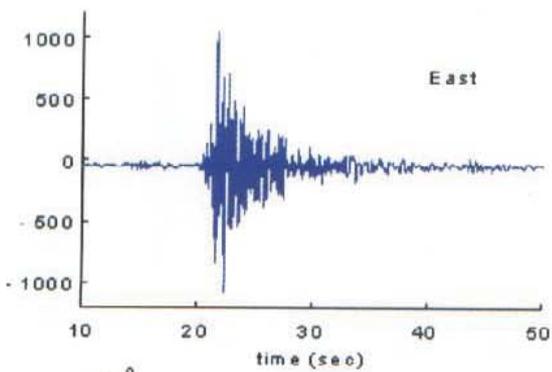
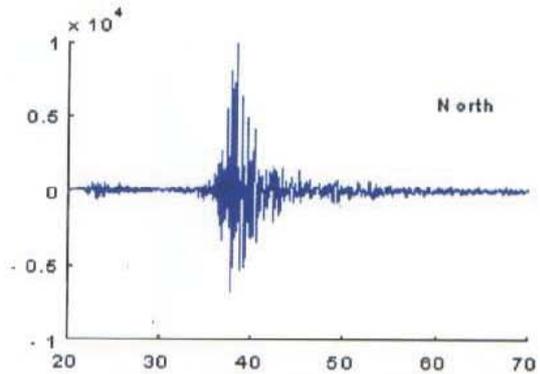
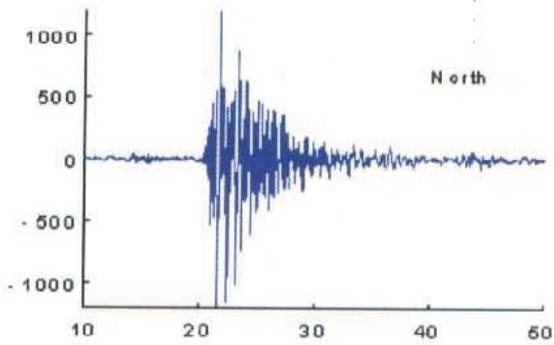
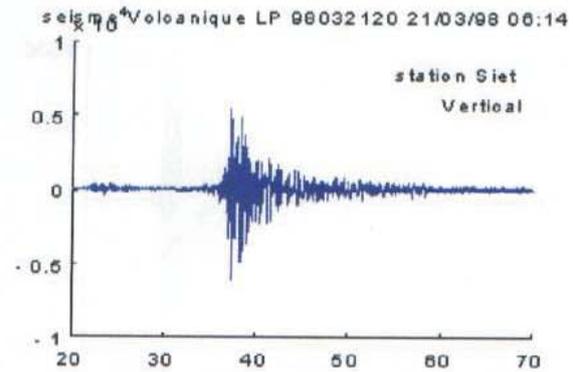
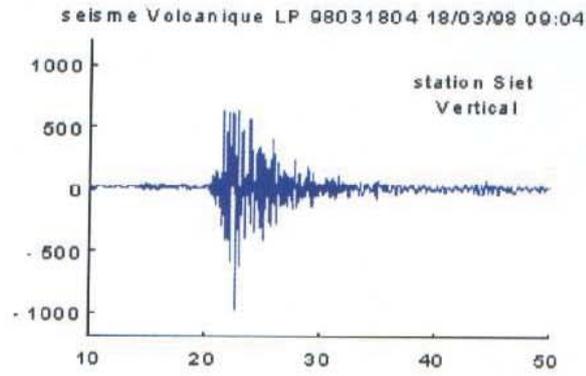


seisme Volcano- tectonique 98032301 23/03/98 00:01



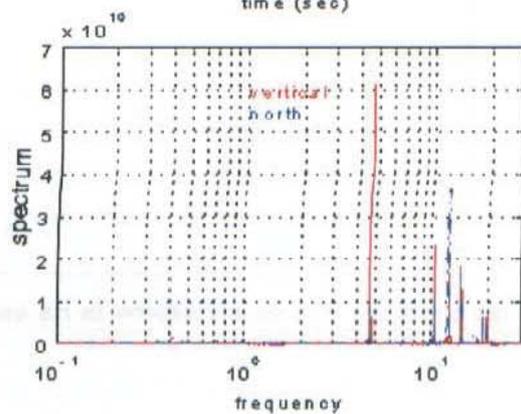
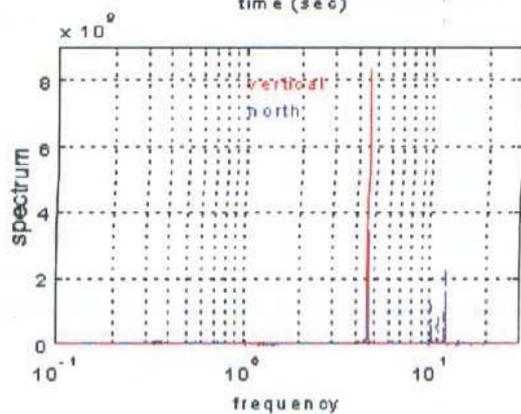
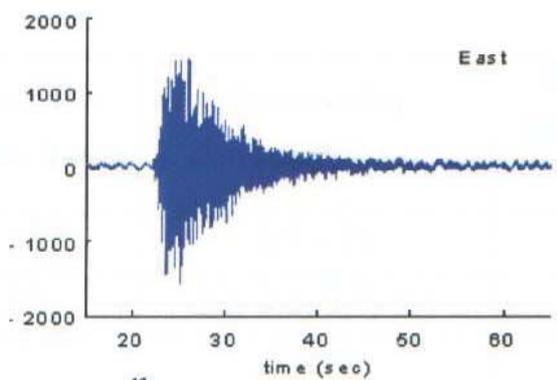
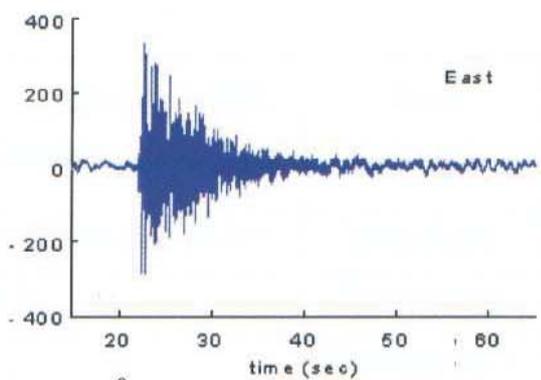
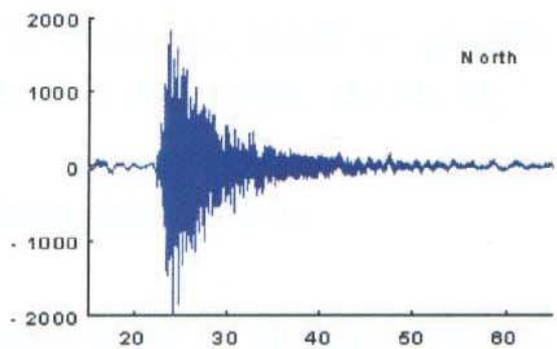
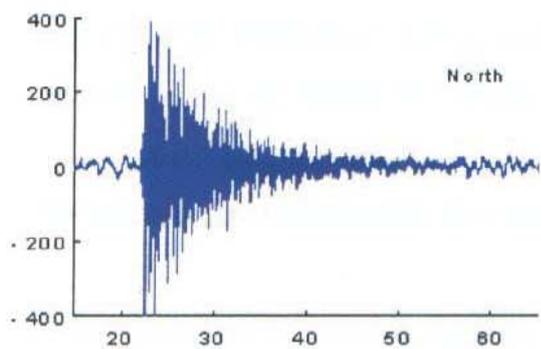
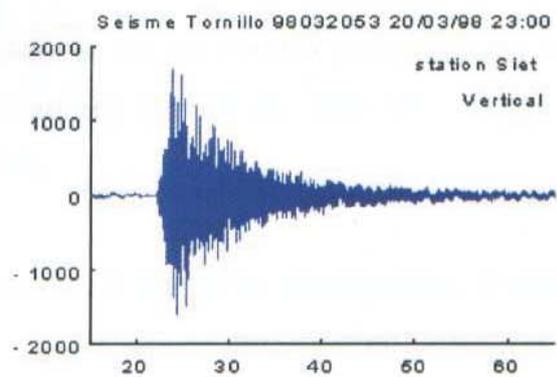
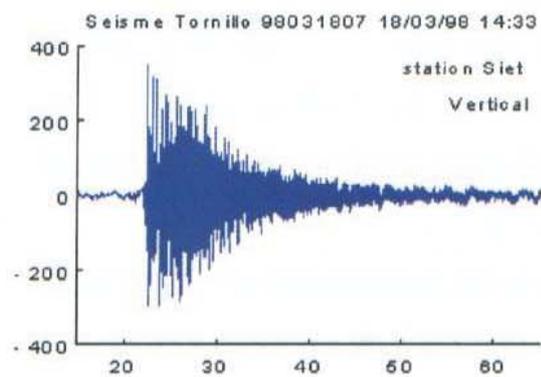
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
 INSTITUTO GEOFISICO - UNSA
 CONVENIO UNSA INDECI

EJEMPLOS DE EVENTOS TIPO VT
 REGISTRADOS EN EL VOLCÁN UBINAS



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

EJEMPLO DE EVENTOS TIPO LP
REGISTRADOS EN EL VOLCÁN UBINAS



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

EJEMPLOS DE EVENTOS TIPO TO
REGISTRADOS EN EL VOLCÁN UBINAS

