UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

CONVENIO UNSA - INDECI

Proyecto PER 98/018 PNUD - INDECI





EVALUACIÓN DE PELIGROS DEL VALLE DE TAMBO

Arequipa, setiembre del 2001

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

EVALUACION DE PELIGROS DEL VALLE DE TAMBO

AUTORES

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

COLABORADORES

Ing. José Campano
Br. Luis Bustamante
Ing. Robert Salazar
Ing. Victor Aguilar P.

Arequipa, setiembre 2001

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
Capítulo I	
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 Trabajo de gabinete	2
1.3.4 Base Cartográfica	2
Capítulo II	
2. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO	3
2.1 ÁREA GEOGRÁFICA	3
2.2 ACCESIBILIDAD	3
2.3 FORMACIONES ECOLOGICAS Y ZONAS DE VIDA	5
2.4 INFORMACIÓN SOCIO – DEMOGRÁFICO	5
2.4.1 Características de la población	5
2.4.2 Características de las Viviendas	5
2.5 INFORMACION SOCIO-ECONOMICA	5
2.5.1 Infraestructura de Transporte	5
2.5.1.1 Puertos	5
2.6 INFRAESTRUCTURA AGRICOLA	5
2.7 ASPECTOS HIDROLOGICOS	6
2.7.1 Recursos hídricos superficiales	6
2.7.7.1 Río Tambo	6
2.7.2 Recursos hídricos subterráneos	6
Capítulo III	
3. GEOMORFOLOGÍA	7
3.1 RASGOS GENERALES DEL RELIEVE	7
3.1.1 Litoral	7
3.1.2 Cordillera de la Costa	9
3.1.3 Pampas Costaneras	9
3.1.4 Estribaciones de los Andes Occidentales	10
3.2 DRENAJE	10
3.3 CONDICIONES CLIMATICAS Y VEGETACION	10
3.4 ESTRATIGRAFIA	11
3.4.1 Complejo Basal de la Costa	13
Capítulo IV	
4. GEODINAMICA INTERNA	17
4.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA	17
4.1.1 Sismicidad	17

4.1.1.1 Sismicidad Histórica 17
4.1.1.2 Tectonismo de la Región Andina 26
4.1.1.3 Análisis de la sismicidad 29

Capítulo V
5. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS 34
5.1 REFRACCION SISMICA 34
5.1.1 Zona de Chucarapi 34
5.1.2 Zona de La Pampilla 35
5.1.3 Zona de La Punta 35
5.1.4 Zona de Bombón 36
5.1.5 Zona de Catas 36
5.1.6 Zona de La Curva 37
5.1.7 Zona de El Boquerón 38
5.1.8 Zona de El Arenal 38
5.1.9 Zona de Cocachacra 39
5.2 ESTUDIOS DE RESISTIVIDAD GEOELECTRICA 40
5.2.1 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de Chucarapi 40
5.2.2 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de El Boquerón 41
5.2.3 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de la Pampilla 41
5.2.4 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de Catas 42
5.2.5 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de Bombón 43
5.2.6 Interpretación Geoeléctrica de La Punta de Bombón 44
5.2.7 Perfiles Geoeléctricos 45
5.2.7.1 Perfil geoeléctrico longitudinal, Catas-Bombón-La Punta 45
5.2.7.2 Perfil geoeléctrico Transversal La Punta 45
5.3 ESTUDIO GEOTECNICO 46
5.3.1 Mecánica de Suelos 46
5.3.2 Dinámica de Suelos 46
5.3.3 Licuación de Suelos 46
5.3.4 Caracterización de Suelos 48
5.3.4.1 Suelos Tipo I 48
5.3.4.2 Suelos Tipo II 48
5.3.4.3 Suelos Tipo III 48
5.3.4.4 Suelos Tipo IV 48
5.4 MAPA DE PELIGROS 49
5.4.1 Efectos por Tsunami 49
5.4.2 Efectos por Inundaciones 49
5.4.3 Efectos por Sismos 49
5.5 EVALUACION DE DAÑOS DEL SISMO DEL 23 DE JUNIO 51
5.5.1 Análisis del porcentaje de viviendas dañadas 51

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES 65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 67
ANEXOS 69
A. LISTA DE PERFILES SISMICOS
B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS
C. LISTA DE SECCIONES DE SONDAJES ELECTRICOS VERTICALES (SEV)

D. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LOS SUELOS
E. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO
F. VALORES DE CAPACIDAD PORTANTE
G. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS
H. LISTA DE PLANOS
    - Ubicación de Prospección Geofísica y Estudio Geotécnico
    - Plano de Inundación en caso de Tsunami en el Valle de Tambo
    - Mapa de Alto Peligro, por desborde del Río Tambo
    - Mapa de Peligro por Calidad de Suelos
    - Mapa Geotécnico

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Ubicación de la Zona de Estudio	4
2. Mapa Geológico del Valle de Tambo	8
3. Mapa de Isosistas del Terremoto del 15 de enero de 1958	22
4. Mapa de Isosistas del Terremoto del 13 de enero de 1960	24
5. Mapa de Isosistas del Terremoto del 16 de febrero de 1979	25
6. Mapa de Isosistas del Terremoto del 23 de junio del 2001	27
7. Mapa Epicentral, período 1964-1998	30
8. Mapa Epicentral, Campañas Sísmicas:1965, 969,1975-76 y 1985	31
9. Secciones Sísmicas	33

IMAGEN SATELITAL

	Pág.
1. Imagen Satelital del Valle de Tambo	50

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Velocidades y espesores de Chucarapi	34
2. Velocidades y espesores de la Pampilla	35
3. Velocidades y espesores de La Punta	36
4. Velocidades y espesores de Bombón	36
5. Velocidades y espesores de Catas	37
6. Velocidades y espesores de la Curva	37
7. Velocidades y espesores de El Boquerón	38
8. Velocidades y espesores de El Arenal	39
9. Velocidades y espesores de Cocachacra	39
10. Valores de resistividad y espesores de Chucarapi	40
11. Valores de resistividad y espesores de El Bquerón	41
12. Valores de resistividad y espesores de La Pampilla	42
13. Valores de resistividad y espesores de Catas	42
14. Valores de resistividad y espesores de Bombón	43
15. Valores de resistividad y espesores de La Punta de Bombón	44
16. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (La Punta)	51
17. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (Catas)	51
18. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (Anexo Punta)	52
19. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (La Pampilla)	52
20. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (La Curva)	53
21. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (El Arenal)	53
22. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (El Boquerón)	54
23. Viviendas dañadas – Valle de Tambo (Quelgua)	54

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 Mapa de Peligros del Valle de Tambo como parte del Proyecto general de ciudades sostenibles para el desarrollo. La finalidad fundamental es la identificación de los peligros como consecuencia de la geodinámica externa e interna que podrían tener un impacto sobre las edificaciones y terrenos de cultivos actividad fundamental en la economía de los pueblos del valle. Todo ello permitirá diseñar el Plan de Usos del Suelo y Plan de Mitigación ante la ocurrencia de desastres naturales.

Para tal efecto en primer término se ha verificado los trabajos geológicos existentes como base para los estudios sucesivos que permitan identificar los peligros existentes en el valle. Para la determinación de la estratigrafía se ha realizado levantamiento geofísicos mediante los métodos de refracción sísmica y sondeos eléctricos verticales y adicionalmente calicatas en áreas específicas.

Los suelos de los pueblos asentados a ambos márgenes del río tienen características peculiares, dependiendo de su ubicación en el valle, tal es así que los asentamientos cercanos al mar como es Catas y Boquerón sus suelos son arenosos y el nivel freático es sumamente alto. Que es coincidente con los severos daños registrados en esos lugares. Adicionalmente estos pueblos se encuentran expuestos a los peligros por la ocurrencia de tsunami, sobre todo Catas que se ubica a 500 metros de distancia con respecto al mar.

Los pueblos como La Punta, La Pampilla, Bombón, La Curva, El Arenal y Chucarapi tienen características geológicas algo similares que en su mayor parte son arenosos con un nivel freático que oscila entre 2 m. a 7 m. de profundidad. Sin embargo, otros sectores cercanos a los cerros y de mayor altitud tienen suelos bastante estables, que se correlaciona con velocidades sísmicas altas y el nivel freático se encuentra a mayores profundidades, como es el caso de Cocachacra.

Los mayores daños registrados corresponden a La Punta, Catas y Boquerón, aunque también debemos de mencionar que en los otros poblados han sido afectados por la ocurrencia del sismo del 23 de junio.

En muchos sectores cercanos al mar se ha observado el fenómeno de licuación como es en Catas y Boquerón, signo de la presencia de arena y agua muy cercana a la superficie y por consiguiente suelos inestables, poco competentes.

Las laderas del valle son estables tal es así que no se ha observado deslizamientos importantes, excepto valle arriba, debido a lo pronunciado del talud y por la existencia de roca fracturada se produjeron derrumbes.

En líneas generales la actividad agrícola no se ha paralizado debido a que la infraestructura de riego no ha sufrido mayores. Pero si es importante destacar que el puente Freyre, ha sufrido daños de consideración.

Los daños registrados en las edificaciones de los pueblos del Valle de Tambo en su totalidad son construcciones de adobe, las de material noble han soportado la ocurrencia del sismo del 23 de junio, notándose efectos menores.

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 física y poblacional del Valle de Tambo. Particularmente orientado a la geodinámica externa como las inundaciones, erosión de suelos y elevación del nivel freático y a la geodinámica interna como los tsunami, deslizamientos, licuación de suelos y amplificación de ondas sísmicas.

Los poblados del Valle de Tambo cómo otras ciudades del Sur del Perú a través de los tiempos ha soportado la ocurrencia de sismos destructores, con saldos dolorosos por las pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales, un ejemplo cercano es éste último sismo del 23 de junio cuya intensidad alcanzó el grado 8 en la Escala Modificada de Mercalli en muchas localidades del Sur del Perú como es el caso de los pueblos que se encuentran en el valle.

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

Entre los principales terremotos ocurridos y que afectaron al valle son los de 1868, 1958, 1960 y 2001 que destruyeron algunas ciudades y poblados del Sur del Perú. Por consiguiente, a nivel del Valle de Tambo los esfuerzos se centrarán en los fenómenos de inundaciones, y los efectos por la ocurrencia de sismos, para determinar con precisión los peligros que la amenazan y ponen en riesgo la seguridad física de las viviendas y de los terrenos de cultivos.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del mapa de peligros son:

- Identificación de la estratigrafía del Valle de Tambo en base a los estudios geológicos, geofísicos y de suelos.
- Definir las características físicas y químicas de los suelos.
- Mejorar las características físicas de las viviendas que en la mayoría de los casos son de adobe y quincha, formulando nuevos sistemas constructivos con este material, que brinde mayor seguridad y resistencia a los efectos de sismos.

- Crear conciencia y responsabilidad en la colectividad frente a los riesgos a los cuales nuestra región esta expuesta; Para que esta se organice y tome las medidas necesarias para cautelar su seguridad física e integridad de sus bienes.
- Facilitar las operaciones de evacuación y rescate.
- Definir estrategias que permitan acelerar las actividades de rehabilitación y reconstrucción
- Identificar las zonas de mayor peligrosidad, que permitirá definir y cuantificar las principales medidas que deben ser adoptadas para reducir la vulnerabilidad de las viviendas y de los terrenos, que se encuentran expuestas a la amenaza de: sismos, tsunami e inundaciones.

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

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 del Instituto Geográfico Nacional
- Mapas de la Carta Geológica
- Mapas de diversos organismos

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 AREA GEOGRAFICA

El área que comprende este trabajo se encuentra en la Costa Sur del Perú (Fig. 1). Los principales centros poblados se encuentran a lo largo de valle de Tambo, que son las únicas áreas cultivables en el sector

Uno de los pueblos más importante en el Valle de Tambo es Cocachacra, capital del distrito del mismo nombre anteriormente centro de administración política y comercial del valle. Punta de Bombón, capital del distrito de igual denominación, es el segundo pueblo en importancia dentro del valle, se encuentra situado muy cerca de la orilla del mar, al lado Sur de la desembocadura del río Tambo. En un balneario muy concurrido durante la estación de verano. EL pueblo de Mejía, situado también a la orilla del mar, a 15 Km. Al Sureste de Mollendo, es otro balneario muy concurrido durante el verano.

Aparte de los pueblos citados existen núcleos poblados en cada una de las grandes haciendas del valle, formadas por las familias de los obreros y peones que trabajan en dichas haciendas, como por ejemplo Chucarapi, La Lira, Pascana, etc.

La ocupación principal de los pobladores del lugar es la agricultura y la ganadería, en menor escala el comercio. La actividad industrial más importante en el valle del río Tambo es la elaboración de azúcar en la Hacienda Chucarapi. En el presente estudio se han considerado los pueblos de La Punta, Bombón, Catas, Boquerón, La Curva, El Arenal, Cocachacra y Chucarapi.

2.2 ACCESIBILIDAD

La carretera Panamericana Sur cruza el río Tambo en el puente Fiscal, (1.050 Km. desde Lima). Aparte de esta vía troncal hay varios ramales de carreteras afirmadas y numerosas trochas carrozables que parten de ella facilitando el acceso dentro del área de trabajo. Así también cabe mencionar las siguientes: la carretera asfaltada que parte del Km. 1020 de la Panamericana Sur y conduce a los puertos de Matarani y Mollendo. Del puerto de Mollendo corre una carretera afirmada a lo largo de la playa conectando los balnearios de Mejía Y Punta de Bombón, la que luego asciende por el Valle del Tambo hasta unirse con la Panamericana en el puente El Fiscal.

Numerosas trochas y huellas que se desvían de la Panamericana, como las que dan ingreso a Punta de Bombón, Hacienda Pascana, Hacienda Chinchín, etc., han facilitado el desarrollo del trabajo de campo.

2.3 FORMACIONES ECOLÓGICAS Y ZONAS DE VIDA

El relieve es plano y accidentado a los flancos del valle compuestos por rocas sedimentarias en algunas áreas y en otras de rocas intrusivas. La vegetación se circunscribe a la actividad agrícola a lo largo del valle en lugares con agua constante

2.4 INFORMACIÓN SOCIO - DEMOGRÁFICO

2.4.1 Características de la población

Según el último Censo Poblacional la distribución es de 5 788 habitantes en el Distrito de Dean Valdivia, 10 021 habitantes en Cocachacra, 6 881 habitantes en Punta de Bombón. Con una densidad poblacional de 43,17; 6,52 y 8,94 h/Km^2 respectivamente.

2.4.2 Características de las viviendas

Las viviendas en los poblados pequeños del Valle de Tambo en su mayoría son edificaciones de adobe y de quincha, a raíz del sismo del 23 de junio gran número de los primeros sufrieron daños de consideración. En los poblados mayores como es el caso de Cocachacra, La Punta y otros cuentan con edificaciones de material noble en el que se han registrado daños leves a consecuencia del sismo, sin embargo lo de adobe sufrieron daños importantes, el nivel de daños registrados está en función de la calidad del suelo y la antiguedad.

2.5 INFORMACION SOCIO-ECONOMICA

En este rubro se describe lo concerniente a infraestructura que existe en el área de estudio, así como también los proyectos de desarrollo.

2.5.1 Infraestructura de transporte

En el área de estudio existen carreteras asfaltadas, afirmadas y trochas que comunican los pueblos del Valle de Tambo y otras en construcción que permitirán el acceso a otras localidades. Existe además un aeródromo en la localidad de Mollendo de uso restringido.

2.5.1.1 Puertos

En el litoral del área de estudio existe el Puerto de Matarani, infraestructura que permite la exportación de minerales, productos agrícolas; importación de vehículos y carga en general. Es además centro importante para el acopio de productos hidrobiológicos tanto de pesca artesanal como industrial.

2.6 INFRAESTRUCTURA AGRICOLA

En el área de estudio la actividad principal es la agricultura y la ganadería, la fuente hídrica proviene de las aguas que discurren en el río Tambo, sin embargo existen serias limitaciones en su uso por la falta de infraestructura adecuada. Por consiguiente para incrementar urgentemente la productividad del valle es necesario la ejecución de programas alternativos en la siembra, mayor organización y uso de nuevas tecnologías.

2.7 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

2.7.1 Recursos hídricos superficiales

El ministerio de Agricultura y la Cooperación Técnica del Gobierno Español, elaboraron el año de 1990, el Estudio de Recursos Hídricos en el Perú. Se señalan que la distribución de las precipitaciones pluviales tiene un papel importante en la disponibilidad estacional de los recursos hídricos, se presentan períodos de déficit en la vertiente pacífica, en la costa durante todo el año y parcialmente en la Sierra.

2.7.1.1 Río Tambo

El río tiene sus orígenes en la unión de los ríos Paltuture en al margen derecha e Ichuña en la margen izquierda, en las cercanías de la localidad de Arata. Aguas abajo, recibe de su afluente más importante, el río Coralaque. El caudal promedio del río es de 39,6 m^3/seg, tiene una longitud de 276 Km, pendiente promedio de 1,4%, más acentuada en los sectores altos (1,92%).

La cuenca tiene un área de 12 454 km^2, de los cuales 8 149 km^2 corresponden a su cuenca húmeda. Es de forma alargada, fondo profundo y quebrado, relieve escarpado y en partes abrupto, cortada por quebradas profundas, de regular pendiente y estrechas gargantas. La parte superior presenta cierto número de lagunas por efecto de la deglaciación, mientras que en la parte inferior del valle se ha desarrollado un pequeño cono de deyección o llanura, producto de la depositación del material transportado por el río. La salinidad y el contenido de sodio no muestra una variación sustancial a lo largo del valle. La sal imperante en la cuenca es el cloruro de sodio. El contenido de Boro no representa ningún peligro; su pH varía entre 7,1 y 8,0.

2.7.2 Recursos hídricos subterráneos

En el Valle de Tambo se tiene el conocimiento de la existencia de una serie de manantiales a lo largo de toda su extensión, originados por la filtración de las aguas del río. Asimismo, durante los trabajos de prospección geofísica se ha logrado determinar la existencia de esta agua a diferentes profundidades derivado fundamentalmente por la topografía. Tal es así que en La Punta se encuentra a sólo 6 metros en algunos sectores, mientras que en el anexo de Bombón entre 1,5 a 2 metros de profundidad y en los anexos de Catas y Boquerón por su cercanía al mar el nivel freático se encuentra entre 1,00 a 1,50 metros.

Algunos de éstos pozos aún se encuentra siendo explotada, fundamentalmente para consumo humano, aunque gran parte de éstos poblados cuentan con agua potable.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGÍA

3.1 RASGOS GENERALES DEL RELIEVE

En el sector Sur del Perú (Fig. 2) comprende las siguientes unidades geomorfológicas:
a) El Litoral.
b) La Cordillera de la Costa.
c) Las Pampas Costaneras.
d) La Zona de estribaciones terminales de la Cordillera Occidental de los Andes.

Cada unidad fisiográfica ofrecen formas características de modelado, clima y vegetación. Toda el área se encuentra ampliamente disectada por numerosos valles transversales casi todos secos, de rumbo NE-SW-, que dan al paisaje la fisonomía regional de la costa Sur del Perú, que se caracteriza por ser un territorio notablemente cortado por valles escañosos y cuyas partes planas intermedias reciben la denominación de " pampas".

Las principales características de las unidades morfológicas mencionadas se describen a continuación.

3.1.1 Litoral

Esta unidad geomorfológica comprende la estrecha faja de terreno que se extiende entre la orilla del mar y más o menos la cota de 400m. del flanco marítimo de la Cadena Costanera. En esta unidad distinguimos la ribera marina propiamente dicha y las tierras bajas adyacentes, en forma de terrazas.

El mejor desarrollo de estas tierras bajas se encuentra en el curso inferior del río Tambo, donde forman enormes pampas a ambos lados del río. Al Noreste y Sureste del valle del Tambo la faja de terrenos bajos adyacentes al litoral, es angosta y discontinua debido a las estribaciones de la Cadena Costanera que mueren en el mar.

Desde la altura de Mollendo hasta el valle del Tambo, se distinguen las superficies de dos terrazas suavemente inclinadas hacia el mar.

Superficialmente estas terrazas están cubiertas por materiales aluviales, arenas o arcillas; sin embargo en ciertos sectores se nota debajo de estos clásticos restos de gravas y arenas bien estratificadas que contienen conchas marinas recientes como son equinoideos, lamelibranquios, gasterópodos, que yacen sobre superficies limadas en roca gnéisica, lo que significa que se trata de terrazas marinas.

La prolongación de estas terrazas hacia el Sureste constituye las extensas pampas que quedan a uno y otro lado del Valle Tambo, en cuya superficie se puede distinguir dos terrazas formadas por aluviales que quedan encima de capas sub-horizontales de arenas y arcillas con lentes de gravas de probable origen marino, ya que entre sus capas existen restos de conchas marinas actuales. Entre el acantilado que existen en el frente de la terraza inferior y la orilla del mar, se encuentra una amplia superficie horizontal que se extiende desde Mollendo hasta Punta de Corío, formada principalmente de arenas con algo de gravas. Esta superficie está relativamente elevada con respecto al nivel del mar y se puede considerar como una terraza en formación.

3.1.2 Cordillera de la Costa

Paralelamente y a corta distancia del litoral se presenta en la Costa Sur del Perú, desde la latitud de Pisco, una cadena de cerros bajos, a la que conocemos tanto en el Perú como en Chile, bajo la denominación de Cordillera de la Costa o Cadena Costanera.

Topográficamente y geológicamente en esta sección de la Cadena Costanera se distinguen dos tramos diferentes. Al Noreste del valle Tambo las cumbres de los cerros, y en general, la parte superior del macizo tiene formas topográficas redondeadas, aspecto ondulado y suavemente arroyado, rasgos propios que caracterizan a los paisajes maduros. Geológicamente está formada de rocas gnéisicas precambrianas asociadas con intrusivos más modernos.

Hacia el Sureste del río Tambo los cerros que forman la Cadena Costanera tienen una topografía más irregular y hay cimas hasta de 1500 metros; en ciertos sectores sus estribaciones terminan en acantilados en el litoral y en general su flanco que da al mar es fuertemente empinado.

Geológicamente este tramo se compone de rocas volcánicas y de volcánicos intercalados con sedimentos marinos del Jurásico que se hallan atravesados por stocks de granodiorita del Cretáceo superior-Terciario inferior. Los afloramientos de gneis ocurren en una faja muy angosta y por corta distancia a lo largo del litoral, desde Pocoma hasta la planta de fundición de Southern Perú Corporation.

3.1.3 Pampas Costaneras

Esta unidad fisiográfica se extiende longitudinalmente entre la Cadena Costanera y el pie de las estribaciones de los Andes Occidentales. Es un territorio relativamente llano y desértico de ancho variable que ha sido originado por el relleno de una cuenca, de probable origen tectónico, por depósitos clásicos continentales del Terciario superior y Cuaternario. La superficie de esta planicie tiene una suave inclinación hacia el Sur.

En algunas pampas existen suaves hondonadas o depresiones a las que convergen quebradas secas, anchas, de fondo plano y casi superficiales. En ciertas áreas, relativamente elevadas de estas pampas se observan costras de yeso. Probablemente, partes de esta depresión si no toda, habría estado ocupada por lagunas superficiales que al evaporarse precipitaron su contenido de yeso; el arroyeo subsiguiente removió gran parte de la costra de yeso, quedando sólo como remanentes en las áreas algo elevadas que no han sido alcanzadas por las aguas.

3.1.4 Estribaciones de los Andes Occidentales

Las Pampas Costaneras pasan irregularmente al Este, a una zona formada de cerros alargados o redondeados de perfiles agrestes que rápidamente se elevan hacia el flanco de los Andes. Evidentemente, esta sección corresponde a las partes más bajas de las estribaciones andinas y se caracterizan por su topografía áspera y ambiente desértico.

En ciertos sectores, como a la altura del río Tambo, este pasaje no es muy claro, las colinas y cerros de la Cadenas Costanera son inmediatamente seguidas tierra adentro por las estribaciones de los Andes.

3.2 DRENAJE

El valle del Tambo, comienza a ensancharse desde el lugar denominado Carrizal aguas abajo, y sólo desde la altura del pueblo de Cocachacra, el río emerge del tipo de valle cerrado para atravesar la extensa planicie aluvial que se encuentra en su curso inferior.

El río Tambo forma un valle transversal a la Cordillera de la Costa, está profundamente encajonado como consecuencia del proceso de levantamiento de los Andes, y terrazas marinas que se encuentran en sus flancos, así como las planicies y terrazas marinas que festonean la costa, son pruebas evidentes de este hecho.

La vertiente frontal de la Cadena Costanera está disectada por numerosas quebradas más o menos paralela que apenas tienen sus cabeceras en la parte alta del macizo. A lo largo de la estrecha planicie que queda al pie de estos macizos se encuentran abanicos aluviales de piedemonte.

Los numerosos tributarios menores de todos estos valles forman un sistema de drenaje característicamente dendrítico.

3.3 CONDICIONES CLIMATICAS Y VEGETACIÓN

No hay observatorios meteorológicos en toda esta parte de la costa y por lo tanto no se disponen de observaciones de esta índole que nos permita señalar algunos datos concretos sobre las variaciones de los fenómenos meteorológicos como la temperatura, precipitación, humedad, insolación, etc., que regulan el clima local. Sin embargo, en forma general, podemos decir que es más o menos similar al resto de la costa peruana, que se caracteriza por ser una zona desértica sin mayores precipitaciones anuales o con lluvias eventuales fuertes, dentro de periodos de tiempo relativamente largo.

Las marcadas variaciones térmicas, caluroso durante el verano (diciembre a marzo) y con temperaturas bajas durante los meses de invierno, constituyen los contrastes más notables del clima de la región.

El clima de Valle Tambo tiene características peculiares que difieren del clima general desértico de la costa por las condiciones reinantes, es semicálido con diferencias de lluvias estacionales anuales con alta humedad que oscila entre 60% y

90% sobre todo en los meses de invierno, la temperatura oscilante de 15^{o} C (julio a agosto) a 28^{o} C (enero a marzo).

Durante los meses de invierno la parte frontal de la Cadena Costanera y borde de la planicie se encuentran casi permanentemente cubiertas por una densa niebla, que normalmente produce una lluvia de grano fino, suficiente para dar lugar al desarrollo de una vegetación temporal, que se conoce con el nombre de Lomas.

La vegetación de la región está formada por los cultivos del valle y los pastos naturales, que se desarrollan durante el invierno en la parte frontal del macizo costanero. La planicie alta se presenta casi excenta de vegetación. El valle del Tambo se halla permanentemente cultivados con plantas de clima cálido a templado como son la caña de azúcar, algodón, árboles frutales (vid, plátano, etc.), plantaciones de olivo y variados productos como maíz, alfalfa, etc.; la vegetación arbórea del valle se compone principalmente de sauce.

Las hierbas y arbustos que forman la vegetación de las lomas, están constituidas por plantas de desarrollo temporal y otras permanentes, que crecen desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta altitudes de 800 a 1000 metros.

3.4 ESTRATIGRAFIA

Las diferentes unidades litológicas que afloran dentro de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clemesí, varían en edad desde el Precambriano hasta el Cuaternario reciente y conforman una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas con un espesor superior a 10.000 metros que se hallan atravesadas por numerosas masas intrusivas.

La columna geológica en referencia, ofrece enormes lagunas estratigráficas. La determinación de la edad de las diferentes formaciones geológicas se ha efectuado, en algunos casos, en base a evidencias paleontológicas, pero en muchas de ellas no se ha encontrado fósiles y su edad está simplemente basada en su posición infra o suprayacente a formaciones de edad más o menos conocida o por correlación conformaciones similares del Sur del Perú y Norte de Chile.

Algunas de las formaciones geológicas consideradas en el presente trabajo son discutidas por primera vez, tales como el Conglomerado Pocoma, las Lutitas Cocachacra, Grupo Yamayo, Formación Guaneros, grupo Toquepala, etc., otras se describen como la denominación ya conocida en la estratigrafía del Sur del Perú, como la formación Moquegua, etc.

Las rocas más antiguas del área están constituidas por gneis que se hallan intruídas por apófisis de granito pegmatítico. Esta asociación de rocas forma el basamento cristalino, encima del cual yacen remanentes de rocas del Paleozoico superior y del Trías-superior-Jura inferior. Las rocas del fundamento cristalino se discuten con la denominación ya conocida de Complejo Basal de la Costa, cuya edad se considera como Precambriana.

Encima del gneis se ha encontrado pequeños remanentes de un conglomerado bien compacto, compuesto principalmente de rodado de gneis, fragmento de cuarzo, etc.,

al que describimos con la denominación de Conglomerado Pocoma y cuya edad se considera, por correlación, como del Paleozoico superior.

Sobre el Conglomerado Pocoma se encuentra en discordancia, pequeños remanente de lutitas y limolitas fosilíferas de 25 a 30 metros de espesor pertenecientes el Permiano inferior, que describimos con la denominación de Lutitas Cocachacra.

En las laderas del Cerro Yamayo que se ubica al Oeste del Puente Fiscal, en el lado derecho del valle del Tambo, se encuentra dos afloramientos relativamente pequeños de rocas sedimentarias. Uno de los afloramientos consiste de limolitas negras, bien estratificadas, con cuarcita gris subordinada y horizontes volcánicos. El otro afloramiento que aparentemente parece ser superior, consiste de cuarcitas grises, limolitas verdes y oscuras y capas de chert. Las dos unidades se describen con el nombre de Grupo Yamayo. No contienen fósiles y pos su posición estratigráfica y correlación se les considera como del Triásico superior a Jurásico inferior.

Traslapando en forma regional a las formaciones anteriormente citadas, se presenta una formación de rocas volcánicas con un espesor máximo de 3.500 metros que se componen de aglomerados, brechas y derrames de composición andesítica, que se correlaciona y describe con el nombre de Volcánico Chocolate, denominación empleada por Jenks (1948) en el área de Arequipa.

En discordancia sobre el Volcánico Chocolate yace una formación compuesta de una intercalación de rocas sedimentarias con volcánicas, cuyo espesor máximo es superior a 3000 metros.

Los fósiles hallados en los horizontes sedimentarios indican una edad calloviana (Jurásico Superior). A esta formación se le ha denominado Guaneros.

En discordancia sobre la Formación Guaneros y cubriendo en parte al Volcánico Chocolate, se encuentra una extensa formación volcánica compuesta de andesitas, dacitas, riolitas, etc., a la que se ha denominado regionalmente Grupo Toquepala y se le asume una edad Retacea superior-terciaria-inferior.

Las formaciones más jóvenes que el Grupo Toquepala están compuestas por capas marinas, con cerca de 80 metros de espesor, correspondientes a la formación Camaná del Oligoceno medio; afloran en una extensión muy reducida, en el flanco derecho del valle del Tambo, cerca del paraje denominado La Ensenada. Luego aparece en la columna geológica regional la Formación Moquegua, con un espesor de 510 metros, que se presenta magníficamente expuesta en los flancos del valle del Moquegua. En el presente trabajo esta formación ha sido dividida y mapeada en dos miembros (Inferior y Superior), teniendo en cuenta la diferencia de litología y una suave discordancia entre ambas. La edad de formación, por correlación y posición estratigráfica, queda asumida al Terciario superior (Mio-plioceno).

Entre los depósitos del Cuaternario distinguimos como los más antiguas las gravas y arenas con restos de conchas marinas que aparecen debajo de los aluviales, en las terrazas que se hallan al Este de Mollendo y en el valle del Tambo; probablemente corresponden al Pleistoceno. Superiormente a estos depósitos se encuentran las extensas acumulaciones aluviales de conglomerados, arenas, etc., inconsolidadas, con

un espesor máximo de 80 a 100 metros, que rellenan las depresiones y conforman la planicie costanera (Pampas Clemesí) o aparecen colgadas formando terrazas en los flancos de los valles.

Los depósitos más recientes están formados por arenas y gravas de las playas, las arenas eólicas y los materiales fluviales que corresponden al piso de los valles.

Por su composición las rocas intrusivas, son dioritas, granodioritas, monzonitas, etc. Estas diferentes rocas intrusivas probablemente proceden de un magma primario común, por diferenciación magmática, en fases sucesivas y pertenecen al mismo ciclo magmático que dio lugar a la masa principal del batolito costanero, cuyo emplazamiento corresponde al período comprendido entre el Cretáceo superior y el Terciario inferior.

3.4.1 Complejo Basal de la Costa

Con esta designación Bellido y Narváez (1960), describen a las rocas metamórficas e intrusivas, tales como gneis, esquistos, dioritas y granitos de edad precambriana a Paleozoico inferior del área de Atico, donde se presentan conformando los cerros de la Cadena Costanera y al mismo tiempo constituyen el fundamento cristalino, sobre le cual yacen las rocas de edades más jóvenes.

La Cadena Costanera se prolonga hacia el Sur bordeando el litoral pacífico y de esta manera encontramos a las rocas que la conforman, en la costa de Arequipa. Considerando este hecho, describimos al gneis y granito pegmatítico que aflora dentro de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clemesí con la misma denominación de "Complejo Basal de la Costa".

Al igual que en el área de Atico, La rocas más viejas de este complejo vienen a ser los gneis, los cuales se hallan atravesados por granitos alcalinos.

*** Lutitas Cocachacra**

Se da esta denominación a unos afloramientos pequeños de lutitas y limolitas fosilíferas que se encuentran en la cumbre de las colinas bajas que quedan en el extremo Noreste del pueblo de Cocachacra.
Las lutitas Cocachacra yacen en discordancia sobre el Conglomerado Pocoma.

Descripción litológica.- La exposición total de estas rocas es muy pequeña, apenas unas pocas hectáreas y su espesor no es mayor de 25 a 30 metros, es decir, sólo representan un remanente de erosión. Las capas consisten de lutitas y limolitas de color gris claro a gris oscuro hasta verdoso, superficialmente intemperizan a un color marrón o rojizo. La roca se presenta bastante indurada y se encuentra completamente fragmentada en pequeñas lajas y astillas. El rumbo y buzamiento de los estratos es N40° W y 35° NE.

Estas capas contienen abundantes fósiles de braquiópodos y briozoarios pero en mal estado de conservación.

Edad y correlación.- Los braquiópodos y briozoarios colectados de las Lutitas Cocachacra indican para estas rocas una edad permocarbonífera y en forma más

aproximada parecen corresponder al Permiano inferior. Estratégicamente se le puede relacionar con el grupo Copacabana de la región andina, (Newllet al, 1949).

*** Volcánico Chocolate**

Con esta denominación estratégica Jenks (1948) ha descrito en al área de Arequipa, al Norte del Valle del Tambo, una secuencia de 900 metros de grosor de rocas volcánicas compuestas de derrames de andesita, basalto, traquita, tufos y aglomerados, de colores rojo opaco y verde oscuro, conteniendo algunas intercalaciones de lutitas, cuarcitas, calizas y calcáreos de arrecife de edad liásica superior.

En el área que nos ocupa aflora una gruesa secuencia de rocas volcánicas que se extienden de forma ininterrumpida a lo largo del borde de la planicie costanera, yaciendo en discordancia sobre las formaciones más antiguas. A estas rocas volcánicas que por su posición estratégica y litología son más o menos similares al Volcánico Chocolate, del área de Arequipa, le asignamos la misma denominación.

La formación consiste principalmente de derrames andesíticos y dacíticos, aglomerados y brechas de colores que varían entre el marrón, verde con matices chocolate, rosado y algunas veces hasta negro.

Área de Chucarapi.- En la sección medida entre la Hacienda de Chucarapi, situada en la margen izquierda del río Tambo, y un punto más o menos medio de la carretera que sale de la Hacienda Pascana a la Panamericana Sur, el Volcánico Chocolate consiste en una secuencia de derrames volcánicos de colores que varían entre el gris verdoso con matices chocolate, el gris oscuro., verde olivo, negro con manchas moradas y el gris claro.
Las rocas se presentan estratificadas en bancos de rumbo general Noroeste y forman escarpas pronunciadas.

La roca es de textura porfirítica o afanítica y brechoide. En los volcánicos porfiríticos destacan a simple vista fenos de plagioclasas hasta de 3mm de largo, abundantes cristales de hornblenda parcialmente cloritizados y biotita, todos en una pasta microgranular o afanítica. Las rocas de textura afanítica son densas y generalmente contienen granos aislados de feldespatos alotriomorfos y granos de epídoto de bordes corroídos y microlitos de cuarzo visible en secciones delgadas bajo el microscopio. Por la composición mineralógica estas rocas corresponden a la variedad de las andesitas y dacitas.

Valle del Tambo.- En el valle del río Tambo los volcánicos del grupo Toquepala se sobreponen en discordancia al Volcánico Chocolate. Su afloramiento se observa aguas arriba de la Hacienda Santa María, donde están compuestas de derrames, brechas y piroclásticos de color chocolate oscuro y también verdoso, estratificados en bancos medianos y gruesos, con rumbo promedio de N25° W y buzamientos de 40 a 50° al NE.

En el cerro Quelgua, ubicado en el lado izquierdo del valle, a lo largo de la trocha carrozable que va al prospecto Santa Catalina, consisten en la base de piroclásticos finos con guijarros hasta de un centímetro de diámetro, de color chocolate oscuro y estratificados en capas delgadas; hacia arriba continúan derrames andesíticos de color

chocolate oscuro, de textura porfirítica o afanítica, que se intercalan con brechas y piroclásticos de aspecto tufáceo, de color púrpura o rojizo, que contrastan notablemente con el Volcánico Chocolate infrayacente que se muestra meteorizado y con coloraciones rojizas y amarillentas.

Terrazas marinas.- En los terrenos bajos aledaños a la ribera marina, hay dos o tres niveles de terrazas marinas que se encuentran parcialmente cubiertas por material detrítico de ladera, arenas eólicas o depósitos aluviales.

Pero en ciertos sitios debajo de la cubierta citada, así como en el corte del canal de irrigación de Mejía en el lado NW del valle del Tambo, asoman arenas bien estratificadas de color gris a gris azulado con lentes de gravas, que contienen restos de conchas marinas de especies aún vivientes en el litoral que evidencian su origen marino.

La mejor exposición de estos depósitos se presenta a lo largo de los acantilados del frente de la planicie aluvial del valle del Tambo, donde se observan capas horizontales y suavemente inclinadas hacia el Sur, compuestas por arena gris clara u obscura y hasta negra azulada, de grano grueso, con bancos y lentes de conglomerados fino y grueso con rodados hasta de 10 cms. de diámetro, intercalados con algunas arcillas que en total alcanzan un grosor de 40 a 50 metros. Estos depósitos están cubiertos por un grueso manto aluvial.

En el mapa geológico se ha tratado de representar en forma exagerada la presencia de estos depósitos que asoman en el corte vertical del acantilado frontal de la planicie del valle del Tambo, así como en las paredes del mismo.
En las capas arenosas de estos depósitos se encuentran restos de conchas de lamelibranquios, gasterópodos, equinoideos, etc., entre los que se pueden distinguir: fisurellas, concholepas y ostreas, todas ellas son especies todavía no extinguidas en el litoral pacífico.

A lo largo de la Costa Sur del Perú, entre San Juan y el puerto de Ilo, son muy frecuentes las terrazas marinas escalonadas a diferentes alturas sobre el nivel del mar y en ellas se encuentran restos de conchas de moluscos todavía no bien determinados y clasificados, pero que comúnmente se les asume al Cuaternario pleistocénico.

Depósitos Aluviales.- Estos depósitos cubren grandes extensiones de las pampas del desierto de Clemesí y los terrenos bajos que se encuentran adyacentes a la ribera del mar. Se componen de conglomerados y gravas inconsolidadas con intercalaciones de bancos y lentes de arena, arcilla y ocasionalmente de tufos volcánicos.

El material está formado principalmente por cantos redondeados, subredondeados y angulosos de diferentes clases de rocas volcánicas y en cantidades muy subordinadas, se encuentran rodeados de gneis, diferentes tipos de rocas intrusivas, cuarcitas y calizas.

La mayor proporción consiste de elementos cuyas dimensiones varían entre 1 y 20 cms. de diámetro. Los clastos mayores se encuentran en proporciones menores. El grosor de esta cubierta aluvial varía desde pocos metros hasta un máximo de 80 a 100 m.

Estos depósitos se han acumulado en forma de amplios conos aluviales de piedemonte a la salida de las quebradas al terreno llano, situado entre el frente andino y la Cordillera de la Costa. Posteriormente nuevas corrientes cortaron estos depósitos formando en algunos sitios gargantas, así como terrazas en sus flancos, algunas de estas últimas son extensas.

La extensa planicie aluvial del curso inferior del río Tambo, corresponde al antiguo cono de deyección del mismo, que ha sido posteriormente cortada dejando a ambos lados extensas pampas, que quedan a una altura considerable con respecto a su lecho actual.

En ambos flancos del valle del río Tambo, aguas arriba de Cocachacra, se distingue una terraza aluvial colgada, cuya superficie de suave pendiente, se correlaciona río abajo con la antigua superficie del cono deyectivo.

CAPITULO IV

GEODINAMICA INTERNA

4.1 GENERALIDADES DE LA GEODINAMICA INTERNA

4.1.1 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.

4.1.1.1 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 obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los m s pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

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

31 de Marzo de 1650.- A las 14:00, se produjo un terremoto en el Cuzco que dejo 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 Siguas y Majes, alcanzando en Aplao y Siguas 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 m s de 600 metros. Esa misma noche se produjeron como 100 r,plicas. 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 -17º Lat. S. y -74º 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 -17º Lat. S. y -74º 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 -16º Lat. S. y -72.5º 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 fu, situado entre los paralelos de 14º y 16º 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, Huancavelíca, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15º Lat. S. y -76º long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo 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 Km^2, dejando el saldo de 1 muerto y 66 heridos. En el área central alcanzó el grado VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del epicentro fu, de -17.4º Lat.S. y -71º 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 rea epicentral alcanzó el grado VI-VII en la Escala Modificada de Mercalli. La posición geográfica del sismo fue de -16.6º Lat. S. y -73.6º 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 -17º Lat. S. y -71º 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)(Fig. 4), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

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 de 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: -16.479º Lat. y -71.648º 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, Apurimac y Ayacucho. En el área epicentral la intensidad fue del grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Fig. 5). 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: -16.145º Lat. y -72.144º 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 cornizas removidas, este sismo fue, sentido en Puno, en los Puertos de Matarani y Mejia 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 (Fig. 5); el epicentro se ubicó a -l6º Lat. S. y -72º 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. 6)

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 Nº 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: -16.515º latitud S. y -72.599º longitud W. La profundidad focal se estima en 52.5 Km., y la magnitud de 6.2..

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

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

El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado la muerte de 35 personas en los departamentos antes mencionados, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas, Las intensidades se presentan en la Fig 7 .

4.1.1.2 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 Litosferita 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 aproximadamente 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^{o} - 15^{o} 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^{o} a los 24^{o} S y al sur de los 33^{o} S el ángulo de subducción alcanza los 30^{o} 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^{o} (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 30o 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 es subduida entre 24^{o} y 14.5^{o} S, parece tener continuidad lateral y en profundidad hasta los 600 km. Esa porción de la placa subduida, según ese trabajo, parece que está siendo contorsionada hacia el Sur, cuando se correlaciona con los sismos muy profundos ocurridos en el extremo Sur, sugiriendo además, que la placa que es subduida correspondiente a los otros sismos profundos es contorsionada en menor proporción que la del extremo Sur. También sobre la base de un mapa de contornos del plano de subducción, elaborado por los mismos autores, se observa el efecto provocado por las dorsales de Nazca y de Juan Fernández en la topografía de la porción subduida de la placa de Nazca, una contorción del plano de Benioff parece ser originada por la subducción de esas dorsales. El efecto de la dorsal de Nazca es más evidente y provoca una porción subduida flotante, representada por la amplia separación de las isópacas y la contorción cóncava y convexa de esos contornos alrededor del contacto de la dorsal con el continente. Esto también es observado en la subducción de la dorsal de Juan Fernández sobre Chile Central, en tanto que la dorsal Perdida aparentemente se curva hacia el Norte antes de ser subduida sobre la costa de Chile.

4.1.1.3 Análisis de la sismicidad

Distribución epicentral en el área de estudio.- La distribución epicentral se encuentra representada en las Figuras 8 y 9, 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 está 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 está 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^{o} 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 9, a diferencia de la Figura 8, 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 (poco mas de 3 años 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 140 km. y un ancho de 30km, oscila en un rango de profundidades entre superficiales e intermedias, profundidades que serán mejor detalladas al realizar las secciones sísmicas las mismas que permitirán hacer una mejor zonificación. También se puede notar actividad correspondiente a la zona de subducción hacia el oeste de la línea de costa.

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

Secciones sísmicas.- Estas secciones (Fig. 10) 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**.**

CAPITULO V

IDENTIFICACION -DE LOS PELIGROS

5.1 REFRACCION SISMICA

Para poder identificar los peligros que representan los suelos, es decir, su calidad y potencia se ha utilizado los métodos geofísicos de Refracción Sísmica y de Sondaje Eléctrico Vertical, Perfiles y Calicatas, la ubicación de los puntos de Refracción Sísmica, Sondaje Eléctrico Vertical y Calitas se pueden ver en el Anexo A, y los resultados de estos perfiles se pueden observar en los Anexos B y C.

5.1.1 Zona de Chucarapi

En la localidad de Chucarapi se realizaron dos perfiles de refracción sísmica, el primero está ubicado en la cancha deportiva donde se determinó dos horizontes el primero con una velocidad de 242.96m/seg. y un espesor de 4.36m. que correspondería a material orgánico, limo arenoso y gravas, subyaciendo a este horizonte tenemos un material que correspondería a material conglomerado algo compacto de origen aluvial con una velocidad de 2080.00m/seg..

El segundo perfil de refracción sísmica se realizó en la vía de acceso a la Fábrica Chucarapi determinándose dos horizontes el primero con una velocidad de 425.53m/seg. y un espesor de 7.04m. que correspondería a material limo arenoso con gravas y el segundo horizonte correspondería al mismo material pero más compacto con una velocidad de 1243.90m/seg.

CUADRO 1
VELOCIDADES Y ESPESORES DE CHUCARAPI

	CAPA 1		CAPA 2		CAPA3		TOTAL
PRS.	V_1(m/seg)	Z_1(m)	V_2(m/seg)	Z_2(m)	V_3(m/seg)	Z_3(m)	$\sum Z$(m)
1	242.96	4.36	2080.00				4.36
2	425.53	7.04	1243.90				7.04

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
$\sum Z$ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- En este poblado se han registrado daños importantes, fundamentalmente por la precariedad y antiguedad de sus construcciones y defectos en el proceso constructivo. Los efectos se correlaciona además con la calidad de los suelos.

5.1.2 Zona de La Pampilla

Se realizaron dos perfiles de refracción sísmica, el primero en la parte superior del poblado (vía principal), determinándose dos horizontes el primero con un espesor de 6.91m. que correspondería a material areno limoso con pequeñas gravas y el segundo horizonte probablemente estaría relacionado a material arenoso y conglomerado de origen deluvial algo compacto con una velocidad de 833.33m/seg.

El segundo perfil sísmico se realizó dentro del pueblo (pasaje peatonal), asimismo, se determinaron dos horizontes el primero con una velocidad de 571.43m/seg. y un espesor de 4.53m. que correspondería a material arenoso con gravas y subyaciendo a este horizonte se tiene un material con una velocidad de 1720.00m/seg. y estaría relacionado con un material arenoso gravoso algo compacto.

CUADRO 2
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA PAMPILLA

	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3	TOTAL
PRS.	V_1(m/seg)	Z_1(m)	V_2(m/seg)	Z_2(m)	V_3(m/seg)	$\sum Z$(m)
3	312.50	6.91	833.33			6.91
4	571.43	4.53	1720.00			4.53

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
$\sum Z$ Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- En este poblado los daños han sido moderados excepto en las viviendas de adobe, los suelos son relativamente buenos, compatibles con las velocidades sísmicas obtenidas en campo.

5.1.3 Zona de La Punta

En esta zona se realizaron 5 perfiles sísmicos, con una extensión variadas de acuerdo a las condiciones de propagación de las ondas sísmicas, se han obtenido uno, dos y tres horizontes.

En el perfil sísmico uno, se determino una sola estructura con una velocidad de 300.00m/seg. que correspondería a material arenoso con gravas.

Los perfiles sísmicos dos, tres y cuatro, presentan dos horizontes con velocidades de 312.50m/seg. a 471.11m/seg. y espesores de 3.47m a 5.02m. que correspondería a material areno limoso, gravas y subyaciendo a este horizonte tenemos velocidades que varia de 1071.43m/seg. a 1236.84m/seg. que correspondería a un material areno gravoso pero no muy compacto.
El perfil sísmico 5, presenta tres horizontes, el primero con una velocidad de 197.37m/seg. y un espesor de 1.01m. que correspondería a material areno limoso y material vegetal, subyaciendo a este horizonte tenemos un material con una velocidad de 333.33 m/seg. y un espesor de 2.96m. que probablemente se relacionaría con arenas y gravas y el tercer horizonte presenta una velocidad de 1266.67m/seg., que correspondería al mismo material pero algo más compacto.

CUADRO 3
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA PUNTA

	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
PRS.	V_1(m/seg)	Z_1(m)	V_2(m/seg)	Z_2(m)	V_3(m/seg)	Z_3(m)	∑Z(m)
5	300.00						
6	471.00	5.02	1236.84				5.02
7	312.50	3.87	1250.00				3.87
8	375.00	3.47	1071.43				3.47
9	197.37	1.01	333.33	2.96	1266.67		3.97

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- El pueblo de La Punta es uno de los poblados más grande que existente en el Valle de Tambo, muchas de las viviendas de adobe han colapsado a raíz del sismo del 23 de junio debido a su antigüedad y a su precariedad. La mayor parte de los suelos superficiales son arenosos y a mayor profundidad son gravosos con bloques de diferentes dimensiones

5.1.4 Zona de Bombón

Se realizaron dos perfiles de refracción sísmica en esta zona; del análisis de la información se pudo obtener dos horizontes, el primero con un espesor de 3.86m. a 4.16m. con velocidades de 269.23m/seg. a 338.98m/seg. que correspondería a material arenoso con limo subyaciendo a este horizonte se determino un material con una velocidad de 1250.00m/seg. que se relacionaría con materiales areno gravoso.

CUADRO 4
VELOCIDADES Y ESPESORES DE BOMBON

	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3	TOTAL
PRS.	V_1(m/seg)	Z_1(m)	V_2(m/seg)	Z_2(m)	V_3(m/seg)	∑Z(m)
10	338.98	4.16	1250.00			4.16
11	269.23	3.86	1250.00			3.86

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Son suelos relativamente estables, a consecuencia del sismo del 23 de junio se han registrado daños moderados pero si han colapsado las viviendas de adobes.

5.1.5 Zona de Catas

Los dos primeros perfiles de refracción sísmica se efectuaron en la calle principal de Catas, determinándose tres horizontes, el primero con una velocidad de 178.95m/seg a 291.64m/seg. y un espesor de 1.12m. a 1.24m. que correspondería a material arenoso, el segundo horizonte tiene una velocidad de 629.63m/seg. a 689.66m/seg. y un espesor de 1.44m. a 1.76m. que probablemente se correlacionaría con material areno gravoso pero no compacto y subyaciendo a este horizonte tenemos una

velocidad de 833.33m/seg. a 937.50m/seg. que correspondería al mismo material que el segundo horizonte pero algo más compacto.

El tercer perfil sísmico, se realizo en la plaza de armas vía a la playa, determinándose dos horizontes, el primero con una velocidad de 311.11m/seg. con un espesor de 3.29m. que correspondería a un material areno gravoso y subyaciendo a este horizonte tenemos el mismo material pero algo más compacto.

CUADRO 5
VELOCIDADES Y ESPESORES DE CATAS

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
	V_1(m/seg.)	Z_1(m)	V_2(m/seg)	Z_2(m)	V_3(m/seg.)	Z_3(m)	∑Z(m)
12	178.95	1.12	629.63	1.44	833.33		2.56
13	291.67	1.24	689.66	1.76	937.50		3.00
14	311.11	3.29	578.00				3.29

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Las velocidades sísmicas obtenidas en los tres perfiles reflejan el grado de la calidad de suelos, son inestables, consistentes en arenas con un nivel freático muy cercana a la superficie, Por las características físicas del suelo en muchos sectores de Catas se ha producido el fenómeno de licuación. Coincidentemente esta localidad es donde los efectos del sismo del 23 de junio ha sido devastador.

5.1.6 Zona de La Curva

Estos perfiles se realizaron en forma perpendicular y paralela a la vía principal, determinándose dos horizontes, el primer horizonte tiene velocidades de 388.89m/seg. a 439.02m/seg., que correspondería a material areno gravoso, subyaciendo a este horizonte en el perfil uno se tiene un horizonte de 1515.15m/seg., que se relacionaría con material areno gravoso algo compacto y en el segundo perfil no se determino este horizonte que podría haber sido erosionado, en su lugar tenemos un horizonte más compacto con una velocidad de 2521.74m/seg., que correspondería a material conglomerado compacto.

CUADRO 6
VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA CURVA

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3	TOTAL
	V_1(m/seg.)	Z_1(m)	V_2(m/seg)	Z_2(m)	V_3(m/seg)	∑Z(m)
15	388.89	3.85	1515.15			3.85
16	439.02	8.01	2521.74			8.01

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Según las velocidades sísmicas a esta zona le correspondería suelos algo estables, la capa superficial es de baja velocidad, sin embargo la inferior tiene una velocidad sísmica regular.

5.1.7 Zona de El Boquerón

Del análisis de los dos perfiles sísmicos que se efectuaron en el Boquerón, se determinaron tres horizontes, el primero con una velocidad de 210.53m/seg. a 218.18m/seg. y un espesor de 2.06m. a 2.57m. que correspondería a material arenoso, el segundo horizonte tiene velocidades de 1131.58m/seg. a 1240.00m/seg. que probablemente corresponda a material arenoso con gravas y subyaciendo a este horizonte tenemos un material con una velocidad de 2727.27m/seg. a 2894.74m/seg. que se relacionaría con material conglomerado compacto.

CUADRO 7
VELOCIDADES Y ESPESORES DE EL BOQUERON

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
	V_1(m/seg.)	Z_1(m)	V_2(m/seg.)	Z_2(m)	V_3(m/seg.)	Z_3(m)	∑Z(m)
17	218.18	2.06	1131.58	9.74	2894.74		11.80
18	210.53	2.57	1240.00	4.40	2727.27		6.97

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Como en los otros casos las velocidades sísmicas de las capas superiores son bajas, si bien es cierto que las velocidades de las capas inferiores son aceptables, estos suelos se consideran inestables por el nivel freático que se encuentra cerca de la superficie.

5.1.8 Zona de El Arenal

Se realizaron dos perfiles de refracción sísmica, el primero está ubicado en el campo deportivo, donde se determinaron tres horizontes el primero tiene una velocidad de 294.12m/seg. y un espesor de 0.19m. que correspondería a material arenoso subyaciendo a este horizonte tenemos una velocidad de 1038.46m/seg. y un espesor de 10.35m. que probablemente sería un material areno gravoso no muy compacto y el tercer horizonte tiene una velocidad de 2631.58m/seg. que estaría representada por conglomerado compacto.

El segundo perfil sísmico se realizó en una chacra, perpendicular a la vía principal del Arenal, determinándose dos horizontes el primero con una velocidad de 314.29m/seg. y una potencia de 2.88m. que correspondería a material areno limoso, tierra de cultivo y el segundo horizonte tiene una velocidad de 1640.00m/seg. que probablemente estaría conformada por arena gravosa. no muy compacta.

CUADRO 8
VELOCIDADES Y ESPESORES DE EL ARENAL

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		TOTAL
	V_1(m/seg.)	Z_1(m)	V_2(m/seg.)	Z_2(m)	V_3(m/seg.)	Z_3(m)	∑Z(m)
19	294.12	0.19	1038.46	10.35	2631.58		10.54
20	314.29	2.88	1640.00				2.88

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Los suelos de El Arenal son bastante estables, las velocidades sísmicas encontradas es coincidente con el nivel de daños en el poblado, algunas de las edificaciones que han sufrido los efectos del sismo se deben a que han sido construidos en rellenos o tienen deficiencia en su construcción.

5.1.9 Zona de Cocachacra

En la zona de Cocachacra se realizó dos perfiles de refracción sísmica, el primero perpendicular a la vía principal de acceso (Hacienda de Muñoz Najar), determinándose tres horizontes la primera con una velocidad de 185.71m/seg, y un espesor de 0.40m. que correspondería a un material arenoso, el segundo horizonte tiene una velocidad de 888.89m/seg. y un espesor de 8.75m. que guardaría probablemente relación con materiales areno gravosos inconsolidados y subyaciendo a este horizonte tenemos una velocidad de 2631.58m/seg. que correspondería a conglomerados compactos.

El segundo perfil sísmico, se realizó en la parte superior de la mencionada localidad en dirección paralela a la vía principal, del análisis de la domocrona se determinaron cuatro horizontes, el primero con una velocidad de 352.94m/seg. y un espesor de 0.76m. que correspondería a material limo arenoso, material orgánico, el segundo horizonte tiene una velocidad de 769.23m/seg. y un espesor de 1.38m. que guardaría relación con el segundo horizonte del perfil anterior, subyaciendo a este horizonte tenemos un material con una velocidad de 1311.48m/seg. y un espesor de 22.75m. que correspondería a material areno gravoso algo compacto y el cuarto horizonte tiene una velocidad de 2428.57m/seg. que estaría relacionado a materiales conglomerados compactos.

CUADRO 9
VELOCIDADES Y ESPESORES DE COCACHACRA

PRS.	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4	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(m)
21	185.71	0.40	888.89	8.75	2631.58			9.15
22	352.94	0.76	769.23	1.38	1311.48	22.75	2428.57	24.89

PRS. Perfil de Refracción Sísmica
V_1, V_2,... Velocidad de los diferentes horizontes
Z_1, Z_2,... Espesores de los diferentes horizontes
∑Z Sumatoria de los espesores

Conclusiones.- Los suelos donde se funda el poblado de Cocachacra probablemente sean los más estables, son de origen aluvial y deluvial con cierta consolidación que es compatible con las velocidades sísmicas.

5.2 ESTUDIOS DE RESISTIVIDAD GEOELECTRICA.

Se ha realizado estudios de Resistividad geoeléctrica empleando el método de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), se han ejecutado un total de 14 sondeos eléctricos verticales distribuidos en el área de estudio de acuerdo a las necesidades requeridas.
A continuación tenemos la interpretación Geoeléctrica de cada uno de los sondeos realizados por sectores.

5.2.1 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de Chucarapi.

De acuerdo al estudio Geofísico, mediante el método de Resistividades, se ha elaborado el presente cuadro:

CUADRO 10
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE CHUCARAPI

SEV	Coordenada Geográfica	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
1	17°04'16.7" 71°43'29.1"	33	0.5	74	0.5	13	2.1	229	11.9	80	125	12	----

SEV: Sondaje Eléctrico Vertical HO: Horizonte Geoeléctrico
RO: Resistividad Aparente EO: Espesor Geoeléctrico

Descripción de los Horizontes Geoeléctricos (Chucarapi)

Horizonte 1.- Presenta valores de resistividad de 33 Ohmios-metro y un espesor de 0.5 m, es una estructura constituida por material orgánico, limos arenosos con presencia de humedad

Horizonte 2.- Presenta valores de resistividad de 74 Ohmios-metro y un espesor de 0.6 m, constituido por material orgánico, limos arenosos con menor humedad

Horizonte 3.- Presenta valores de resistividad de 13 Ohmios-metro y un espesor de 02.1 m, constituido por arenas limosas y gravas pero con alto contenido de humedad.

Horizonte 4.- Presenta valores de resistividad de 229 Ohmios-metro y un espesor de 11.9 m, es un material de origen aluvial.

Horizonte 5.- Presenta valores de resistividad de 80 Ohmios-metro y un espesor de 140 m, es un material de origen aluvial saturado de humedad.

Horizonte 6.- Presenta valores de resistividad de 12 Ohmios-metro y un espesor indeterminado, por su bajo valor de resistividad es una estructura húmeda con alto contenido de sales.
La columna geoeléctrica del sector de Chucarapi se observa en el Anexo C, figura 1

5.2.2 Interpretación de la Zona de El Boquerón.

Se realizó un Sondaje Eléctrico Vertical, los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 11
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE EL BOQUERON

SEV	Coordenada Geográfica	H1		H2		H3		H4	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4
2	17°08'29.2" 71°50'30.3"	14	0.9	74	2.9	17	11.2	4	----

SEV: Sondaje Eléctrico Vertical HO: Horizonte Geoeléctrico
RO: Resistividad Aparente EO: Espesor Geoeléctrico

Descripción de los Horizontes Geoeléctricos. (El Boquerón)

Horizonte 1.- Presenta valores de resistividad de 14 Ohmios-metro y un espesor de 0.9 m, es una estructura constituida por material orgánico y limos arenosos con presencia de agua con contenido de sales.

Horizonte 2.- Presenta valores de resistividad de 74 Ohmios-metro y un espesor de 2.9 m, constituido por material orgánico, limos arenosos con menor contenido de agua y sales

Horizonte 3.- Presenta valores de resistividad de 17 Ohmios-metro y un espesor de 11.2 m, constituido por arenas limosas y gravas, con presencia de agua y sales minerales.

Horizonte 4.- Presenta valores de resistividad de 04 Ohmios-metro y un espesor indeterminado, por su bajo valor de resistividad es una estructura acuífera con alto contenido de sales, debido principalmente a la intrusión marina.

La columna geoeléctrica que se ha obtenido en El Boquerón se muestra en el Anexo C, figura 2.

5.2.3 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de La Pampilla

Se realizó un Sondaje Eléctrico Vertical, los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 12
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE LA PAMPILLA

SEV	Coordenada Geográfica	H1		H2		H3		H4		H5		H6	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5	R6	E6
3	17°09'00.0" 71°47'07.2"	11	0.8	04	0.6	403	04.2	16	24.4	12	187	44	----

SEV: Sondaje Eléctrico Vertical HO: Horizonte Geoeléctrico
RO: Resistividad Aparente EO: Espesor Geoeléctrico

Descripción de los Horizontes Geoeléctricos (La Pampilla)

Horizonte 1.- Presenta valores de resistividad de 11 Ohmios-metro y un espesor de 0.8 m, es una estructura constituida por material orgánico, limoso arenoso y pequeñas gravas con presencia de humedad.

Horizonte 2.- Presenta valores muy bajos de resistividad como de 04 Ohmios-metro y un espesor de 0.6 m, debe estar constituido por material orgánico, limos arenosos con humedad y posiblemente con alto contenido de sales.

Horizonte 3.- Presenta valores altos de resistividad como de 403 Ohmios-metro y un espesor de 04.2 m, debe estar constituido por conglomerados, arenas limosas, pero con muy poco contenido de humedad.

Horizonte 4.- Presenta valores de resistividad de 16 Ohmios-metro y un espesor de 24.4 m, debe estar constituido por material de origen deluvial con alto contenido de humedad.

Horizonte 5.- Presenta valores de resistividad de 12 Ohmios-metro y un espesor de 187 m, posiblemente corresponda a la roca del basamento bastante fracturado es un material con un alto contenido de humedad y muy conductivo.

Horizonte 6.- Presenta valores de resistividad de 44 Ohmios-metro y un espesor indeterminado, posiblemente correspondiente al basamento mucho más competente que el anterior, presenta humedad y buena conductividad.
La columna geoeléctrica se observa en el Anexo C, figura 3.

5.2.4 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de Catas

Se realizó un Sondaje Eléctrico Vertical, los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 13
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE CATAS

SEV	Coordenada Geográfica	H1		H2		H3		H4		H5	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5
4	17°10'21.1" 71°49'31.9"	18	0.5	83	0.4	26 13	4.3 64.8	51	80	02	---

SEV: Sondaje Eléctrico Vertical HO: Horizonte Geoeléctrico
RO: Resistividad Aparente EO: Espesor Geoeléctrico

Descripción de los Horizontes Geoeléctricos. (Catas)
Horizonte 1.- Presenta valores de resistividad de 18 Ohmios-metro y un espesor de 0.5 m, es una estructura constituida por material orgánico, limos arenosos con presencia de humedad

Horizonte 2.- Presenta valores de resistividad de 83 Ohmios-metro y un espesor de 0.4 m, constituido por material orgánico, limos arenosos con menor humedad.

Horizonte 3.- Presenta valores de resistividad de 13 y 26 Ohmios-metro y un espesor total de 69.1 m, constituido por arenas limosas y gravas con alto contenido de humedad.

Horizonte 4.- Presenta valores de resistividad de 51 Ohmios-metro y un espesor de 80 m, está constituido por arenas, con diversa granulometria y humedad.

Horizonte 5. Presenta valores de resistividad de 02 Ohmios-metro y un espesor indeterminado, por su bajo valor de resistividad es una estructura húmeda con alto contenido de sales producto principalmente por la intrusión marina.

Los resultados se observan en el perfil longitudinal Catas - Bombón - La Punta en el Anexo C, figura 4.

5.2.5 Interpretación Geoeléctrica de la Zona de Bombón.
Se realizó un Sondaje Eléctrico Vertical, los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 14
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE BOMBON

SEV	Coordenada Geográfica	H1		H2		H3		H4		H5	
		R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4	R5	E5
5	17°10’24.5” 71°48’30.3”	4870	1.7	110	7	10	45.3	40	93	11	---

SEV: Sondaje Eléctrico Vertical HO: Horizonte Geoeléctrico
RO: Resistividad Aparente EO: Espesor Geoeléctrico

Descripción de los Horizontes Geoeléctricos. (Bombón)
Horizonte 1.- Presenta un valor de resistividad de 4870 Ohmios-metro y un espesor de 1.7 m, es una estructura constituida por material orgánico, limos arenosos con ausencia de humedad.

Horizonte 2.- Presenta un valor de resistividad de 110 Ohmios-metro y un espesor de 7 m, constituido por material orgánico, limos arenosos con presencia de humedad.

Horizonte 3.- Presenta un valor de resistividad de 10 Ohmios-metro y un espesor de 45.3 m, constituido por arenas y gravas, actúa en la zona como una estructura acuífera con presencia de agua y sales.

Horizonte 4.- Presenta un valor de resistividad de 40 Ohmios-metro y un espesor de 93 m, probablemente arenoso.

Horizonte 5.- Presenta un valor de resistividad de 11 Ohmios-metro y un espesor indeterminado, está constituido por arenas, con diversa granulometría y húmeda, por su bajo valor de resistividad es una estructura húmeda con alto contenido de sales producto principalmente por la intrusión marina.

Los valores obtenidos se pueden observar en el perfil longitudinal Catas - Bombón - La Punta, ver Anexo C, figura 4.

5.2.6 Interpretación Geoeléctrica de La Punta de Bombón.

De acuerdo al estudio Geofísico, mediante el método de Resistividades, se ha elaborado el presente cuadro:

CUADRO 15
VALORES DE RESISTIVIDAD Y ESPESORES DE LA PUNTA DE BOMBON

SEV	H1		H2		H3		H4	
	R1	E1	R2	E2	R3	E3	R4	E4
6	15	1.0	114	2.7	14	204.3	10	----
7	34	1.2	215	5.6-	32 9	22 171.2	18	---
8	23	1.3	277	4.1	15 1	292.6 52	21	---
9	15	2.0	110	6.0	5 13	17 85	9	---
10	15	0.9	146	5.0	13 22 10	48.9 139.2 376	46	---

SEV: Sondaje Eléctrico Vertical HO: Horizonte Geoeléctrico
RO: Resistividad Aparente EO: Espesor Geoeléctrico

Descripción de los Horizontes Geoeléctricos. (La Punta de Bombón)

Horizonte 1. - Presenta valores de resistividad que varía entre 15 y 34 Ohmios-metro y un espesor entre 0.9 y 1.2 m, corresponde a una cubierta superficial conductiva, con humedad, constituido por material orgánico y arenas limosas, la buena conductividad eléctrica se debe al alto contenido de sales minerales.

Horizonte 2.- Presenta valores de resistividad que varían entre 110 - 277 Ohmios-metro y un espesor entre 2.7 – 6.0 m, su resistividad se debe a una estratificación de arenas limosas con relativa permeabilidad.

Horizonte 3.- Presenta valores de resistividad que varían entre 5 – 32 Ohmios-metro y un espesor entre 193.2 – 569.1 m, estaría conformado por una secuencia de materiales de arenas, gravas, cantos rodados, los mismos que se encuentran saturados de agua, cabe indicar que es una estructura permeable porosa y con características acuíferas muy importante.

Horizonte 4.- Presenta valores de resistividad bajas entre 9 y 46 Ohmios-metro y de espesor indeterminado, viene a constituir una misma estructura geológica con respecto al Horizonte H3, pero con la presencia de agua con sales, se debe posiblemente a la intrusión marina.
Los resultados se muestran en el Anexo C, figura 4.

5.2.7 Perfiles Geoeléctricos

5.2.7.1 Perfil geoeléctrico longitudinal, Catas-Bombón-La Punta (Anexo C, figura 4)

Los horizontes geoeléctricos obtenidos han permitido confeccionar el perfil constituido por los siguientes Sondajes Eléctricos Verticales: Sev4 de Catas, Sev5 de Bombón y los SEVs 8, 9 y 10 de la Punta, la misma nos muestra la presencia de una secuencia de estructuras sedimentarias con características litológicas diferenciales y contenido de sales minerales. Se observa un primer estrato geoeléctrico que corresponde a una delgada capa de diferentes valores de resistividad, comprendido entre 18 Ohmios-metro en Catas, 15, 34 y 23 Ohmios-metro en la Punta y de 4,870 Ohmios-metro en Bombón, corresponde a una cubierta superficial constituida por materiales orgánicos y arena limosa, con presencia de humedad en determinados sectores y muy secas en otros como en Bombón.

Luego tenemos una estructura con valores entre 83 – 277 Ohmios-metro de resistividad y con espesores de 0.4 a7.0 m constituido por arenas que en determinados sectores del perfil actúa como acuífero.

Por debajo de estas estructuras se encuentra otra con valores de resistividad entre 10 y 26 Ohmios-metro, presentes en el SEV4 de Catas y SEV5 de Bombón, con espesores de 45.3 a 69.1 metros, representa un paquete importante con características acuíferas, por sus bajos valores de resistividad.

Tenemos la presencia de un cuarto Horizonte, solo detectado en los SEV4 de Catas y SEV5 de Bombón, y ausente en los SEVs de La Punta cuyos valores de resistividad varían entre 40 y 51 Ohmios metro y con un espesor entre 80 y 93 m, debe corresponder a una diferente facie de sedimentación con diferente granulometría, se encuentra también saturada de agua.

Descansando sobre todas las estructuras descritas encontramos un Quinto Horizonte (definido de esta manera en Catas y Bombón), y como cuarto Horizonte en La Punta, sus valores de resistividad es muy variable, en Catas y Bombón tiene valores de 02 a 11 Ohmios-metro debido a la intrusión marina, mientras que en La Punta presenta valores entre 32 y 14 Ohmios metro, estos valores van disminuyendo a medida que vamos profundizando, producto de la intrusión marina. Su espesor es indeterminado en Catas y Bombón, mientras que en La Punta se ha medido un espesor de 193 m en el Sev9 y 293 en el SEV10.

5.2.7.2 Perfil geoeléctrico Transversal La Punta (Anexo C, figura 5)

Los horizontes geoeléctricos obtenidos han permitido confeccionar el perfil constituido por los Sevs 6, 7 y 8 de la Punta. La primera estructura geoeléctrica presenta una marcada uniformidad con el valor de su resistividad correspondiente a 15 Ohmios-metro, presenta un espesor entre 0.9 y 2 m. Estaría constituido por material orgánico y limos arenosos(terreno de cultivo).

La segunda estructura, presenta resistividades entre 110 y 146 Ohmios-metro y con espesores entre 2.7 y 6 m. Correspondería a un material constituido por arenas y limos con presencia de humedad.

La estructura geoeléctrica presenta bajos valores de resistividad, que varía entre 5, 13 y 22 Ohmios–metro y espesores variables entre 102 y 204.3 metros, estaría constituido por arenas, gravas y cantos rodados, con diferentes grados de estratificación y granulometría. Es una estructura acuífero a con presencia de aguas con cierto grado de salinidad, (correspondiente a sus bajos valores de resistividad).

La cuarta estructura presenta valores muy bajos de resistividad, como 10 y 9 Ohmios-metro, en el Sev 7 presenta un espesor de 376 metros, en los otros Sevs no ha sido determinado, este gran paquete está constituido por sedimentos arenosos y por sus bajos valores de resistividad, debe estar comprometido con la intrusión marina.

Por debajo de este paquete debe encontrase una estructura mucho más competente, el mismo que solo ha sido detectado en el Sev 7 con valores de resistividad de 46 Ohmios-metro, se encuentra a una profundidad de 570 metros, puede corresponder al basamento rocoso.

5.3 ESTUDIO GEOTECNICO

5.3.1 Mecánica de Suelos

Para la realización del estudio de suelos de la zona del Valle de Tambo, dada la gran cantidad de poblados aislados unos de otros, se ha visto por conveniente realizar la evaluación de las zonas mediante pozos de sondeo, perfiles naturales o perfiles viales, llegándose a reconocer en cierta medida una gran uniformidad de los suelos.

Esencialmente la conformación del valle, tiene un origen aluvional proveniente de una formación delta causada por los diversos movimientos del río Tambo; en la parte costera esta conformada por una alternancia de materiales fluvio-marinos por lo que la presencia de arenas finas a medias, es la principal característica de la zona, de otro modo, en los poblados circundantes hacia el litoral, se halla un nivel freático casi uniforme, siendo así el caso del poblado de Catas la presencia del nivel freático a una profundidad media de 1.00 m, esto hacia el lado sur y para el caso de Boquerón hacia el norte se halla a una profundidad de 1.95 m, en promedio.

5.3.2 Dinámica de Suelos

Con la finalidad de determinar los parámetros dinámicos, se han efectuado los sondeos geofísicos, tal como se indica, permitiendo determinar las velocidades de las ondas P y S, utilizando el método de refracción sísmica, el mismo que se realiza, mediante la colocación de geófonos sobre la superficie, registrando las ondas sísmicas a través de la generación de impactos sobre la superficie, este método permite determinar los espesores de los estratos mediante los cálculos de velocidad registrados para cada uno de los mismos.

5.3.3 Licuación de Suelos

Las condiciones de los suelos de la zona del valle de tambo, bajo solicitaciones dinámicas, el fenómeno de licuación, es una posibilidad latente, siendo en términos

generales la licuación, como la transformación del estado sólido al estado líquido, este estado sólido, es en un suelo inestable, como las arenas finas, limos etc., que se encuentran saturadas por los niveles freáticos altos casi superficiales, por la cercanía al litoral y por otro lado la presencia del río Tambo y debido a una solicitación vibratoria como cargas de impacto, cíclicas, explosiones y más comúnmente por efecto sísmico el suelo, adquiere un comportamiento visco-elástico instantáneo, que le permite fluir o tomar una movilidad que trasladan las partículas de los suelos, las mismas que han perdido toda resistencia de contacto, es decir una resistencia nula el esfuerzo cortante.

Es en esta medida que, la zona del valle de Tambo, es una zona con un alto potencial de licuación de los suelos, con el evento sísmico del 23 de junio pasado, se ha producido la licuación de arenas, habiéndose presentado en la zona del Boquerón con mayor incidencia.

*** Muestreo**

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

El muestreo se ha realizados por zonas y de acuerdo con las características estratigráficas, obteniéndose muestras alteradas e inalteradas, 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 pulg. 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 limites liquido, definido por el contenido de agua por encima del cual el suelo se comporta como un liquido viscoso.
Limite 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.
Limite 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 especifico, esta constituido por el valor del peso unitario del suelo, siendo la relación del peso entre el volumen.

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

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

Con los resultados de todos los ensayos realizados de los suelos, se ha podido caracterizar los suelos.

*** 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 tomará en consideración la resistencia al corte y las características de deformación.

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

$$q_{ult} = cN_cS_cd_c + \gamma\, DNqSqdq + 1/2\, \gamma\, BN\gamma S\gamma d\gamma$$

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

5.3.4 Caracterización de suelos
5.3.4.1 Suelos Tipo I
Constituidos por rocas alteradas por efectos de intemperismo y fracturadas, y en el mejor de los casos por roca inalterada, la cual se halla a unos pocos metros de profundidad, la roca constitutiva de origen intrusivo, principalmente granodioritas y dioritas, se halla en la zona circundante a la de las localidades de Cocachacra circundante hacia el sector de La Curva concordante con la pampa de Tambo.

5.3.4.2 Suelos Tipo II
La zona comprendida por el sector de la parte alta de la Punta de Bombón hacia el sector de la pampa el alto.

5.3.4.3 Suelos Tipo III
Comprendiendo todo el sector interno del Valle de Tambo desde la parte baja de Cocachacra, es decir comprendiendo toda el área agrícola del valle hacia los poblados asentados hacia La Punta

5.3.4.4 Suelos Tipo IV
Comprendiendo toda la franja paralela al litoral entre los poblados de Catas, Bombón, Boquerón y la parte baja de la Curva.

5.4 MAPA DE PELIGROS

5.4.1 Efectos por Tsunami

Las costas del Sur del Perú han sido afectadas por los tsunami en repetidas oportunidades, en el año de 1868 a consecuencia del sismo el poblado de Catas fue afectada por el tsunami, el pueblo actual es una reubicación de aquel entonces. Catas se encuentra exactamente a 540 metros del mar, por lo tanto es muy susceptible a ser inundado por efecto de las olas sísmicas.

En el evento sísmico del 23 de junio se produjo un tsunami en el sector de Camaná, las aguas llegaron entre 700m á 1 000 m. de la orilla, produciendo daños de proporciones en los terrenos agrícolas y en el amplio sector de los Balnearios. Por consiguiente en base a las experiencias históricas y de este último sismo, el pueblo que podría ser afectado por un tsunami seria el poblado de Catas.

En el Anexo H-figura 2, se propone el área de peligrosidad en el Valle de Tambo, consideramos que debe considerarse la cota 15 como altitud máxima probable de inundación. Por consiguiente, el poblado de Catas es el más vulnerable.

5.4.2 Efectos por desborde del río

Las precipitaciones pluviales en el valle es escasa por lo tanto el efecto es limitado, la peligrosidad radica por el desborde del río Tambo, a través de su historia por las condiciones topográficas del río y su dinámica en las épocas de avenidas su curso ha variado continuamente dañando muchas áreas agrícolas. En la Imagen Satelital 1, se observa la configuración del río, el corte de la costa, el área agrícola y el delta del río Tambo.

En el Anexo H- figura 3, se observa los sectores vulnerables por la configuración del río y las infraestructuras existentes, por ello es necesario proyectar obras y alternativas que permitan el manejo hídrico adecuado. Los sectores de Cocachacra, El Puente Freyre y La Pampilla son los más vulnerables.

5.4.3 Efectos por Sismos

Los efectos del sismo del 23 de junio en el Valle de Tambo han sido considerables, por la calidad de las construcciones y por los tipos de suelos. Tal como se ha descrito en los resultados geofísicos, los poblados de Catas y Boquerón por las condiciones del suelo y la presencia de agua las hace sumamente vulnerable. Este sector se ha considerado como peligroso a tal extremo que se han presentado el fenómeno de licuación.

Los otros poblados como La Punta, Bombón, La Pampilla, La Curva, El Arenal y Chucarapi por las condiciones de sus suelos se ha considerado como de amenaza natural moderada.

El poblado de Cocachacra es la zona más estable del Valle por la calidad de su suelo y porque el nivel freático se encuentra a mayor profundidad.

En el Anexo H-figura 4, se ha determinado el mapa de peligro por calidad de suelos.

5.5 EVALUACION DE DAÑOS DEL SISMO DEL 23 DE JUNIO

Los efectos del sismo en los poblados ha sido diverso, los niveles de daños registrados están en función de la calidad de los suelos y de las edificaciones. En general muchas de las viviendas de adobe colapsaron, particularmente en los poblados de Catas y Boquerón suelos inestables y en el caso de los otros poblados por la precariedad de sus construcciones.

Las fotografías del 1 al 14, grafican la severidad del sismo en las localidades de La Punta de Bombón y Catas. El fenómeno de licuación se ha presentado en varios sectores de Catas y Boquerón, signo de la presencia de arena y agua y por consiguiente son suelos sumamente inestables, fotos N° 15 y 16.

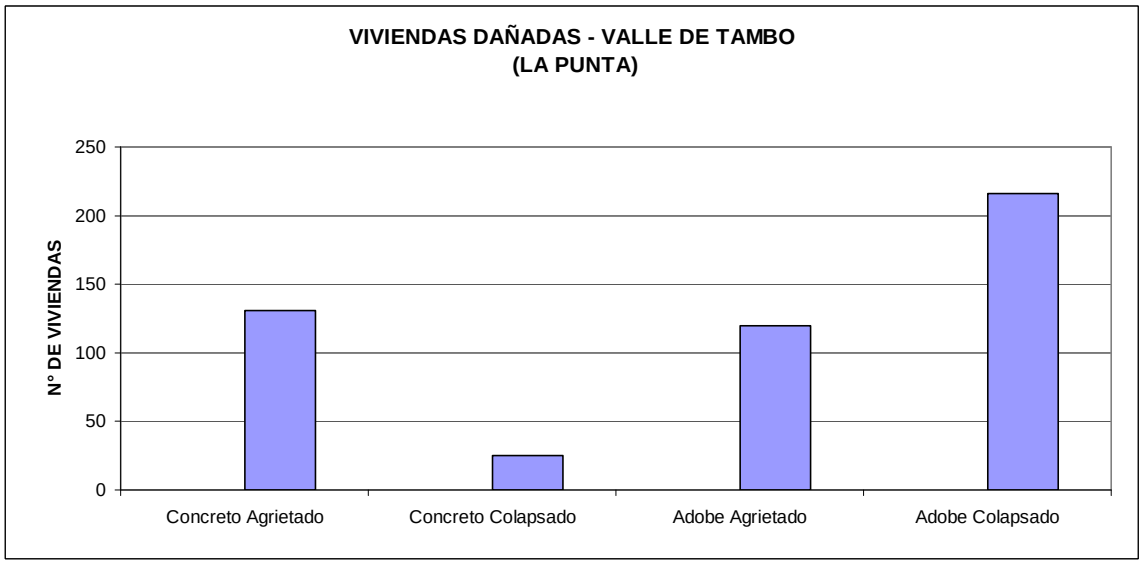
En el mes de julio se realizó la evaluación de daños de las viviendas del Valle de Tambo, a un nivel de 80%, efectuado por la UNSA; las encuestas se llevaron a cabo en formato proporcionado por INDECI, en el cual se han considerado varios parámetros de evaluación, y para efectos de una apreciación general sólo se ha considerado a; viviendas de concreto agrietado, concreto colapsado, adobe agrietado, adobe colapsado y quincha colapsada.

5.5.1 Análisis del porcentaje de viviendas dañadas

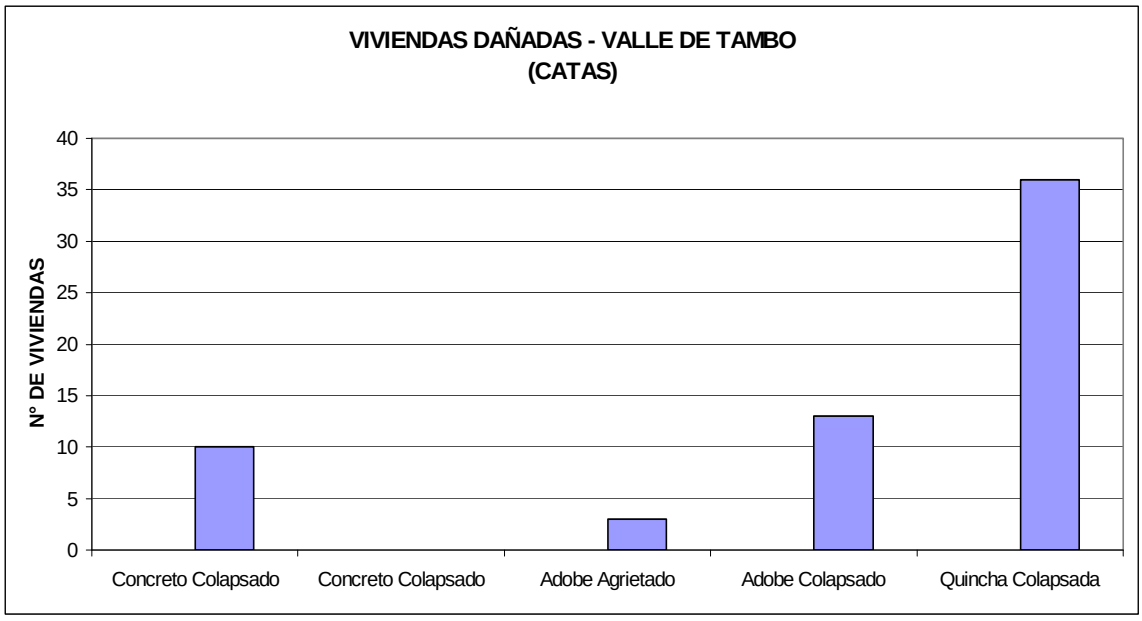
Se ha efectuado un análisis para tener una mejor conceptualización de los daños producidos por el terremoto del 23 de junio, determinándose lo siguiente:

- **La Punta**, se han evaluado 492 viviendas, de las cuales el 44% de viviendas de adobe han colapsado, 24% de adobes agrietados y 27% corresponde a viviendas de concreto agrietado, (cuadro 16)
- **Catas,** se han evaluado 62 viviendas, de las cuales un gran porcentaje de viviendas son de quincha, y las que han colapsado corresponde al 58% de las viviendas, un 21% a adobes colapsados, y 16% a viviendas de concreto agrietado, (cuadro 17).
- **Anexo Punta**, se han evaluado 48 viviendas, de las cuales 42% corresponde a viviendas de adobe colapsadas, 23% a viviendas de adobe agrietadas, y 15 % a viviendas de quincha colapsadas, (cuadro 18).
- **La Pampilla,** se han evaluado 45 viviendas, de las cuales 44 % corresponde a viviendas de adobe que han colapsado, 33% a viviendas de quincha que han colapsado, y 16 % a viviendas de concreto agrietadas, (cuadro 19).
- **La Curva,** se han evaluado 135 viviendas, de las cuales 58% corresponde a viviendas de adobe colapsadas, 17% a viviendas de adobe agrietadas, y 14% a viviendas de concreto agrietadas, (cuadro 20).
- **El Arenal,** se han evaluado 29 viviendas, de las cuales 41 %, corresponde a viviendas de concreto colapsadas, 24 % a viviendas de adobe colapsado. Y 21% a viviendas de concreto agrietado, (cuadro 21).
- **El Boquerón,** se han evaluado 40 viviendas, de las cuales 43 % corresponde a viviendas de adobe que han colapsado, 40% a viviendas de concreto que están agrietadas, y 13 % a viviendas de concreto colapsado, (cuadro 22).
- **Quelgua,** se han evaluado 20 casas, de las cuales el 90 % de viviendas de adobe han colapsado, y el 10% están agrietadas, (cuadro 23).

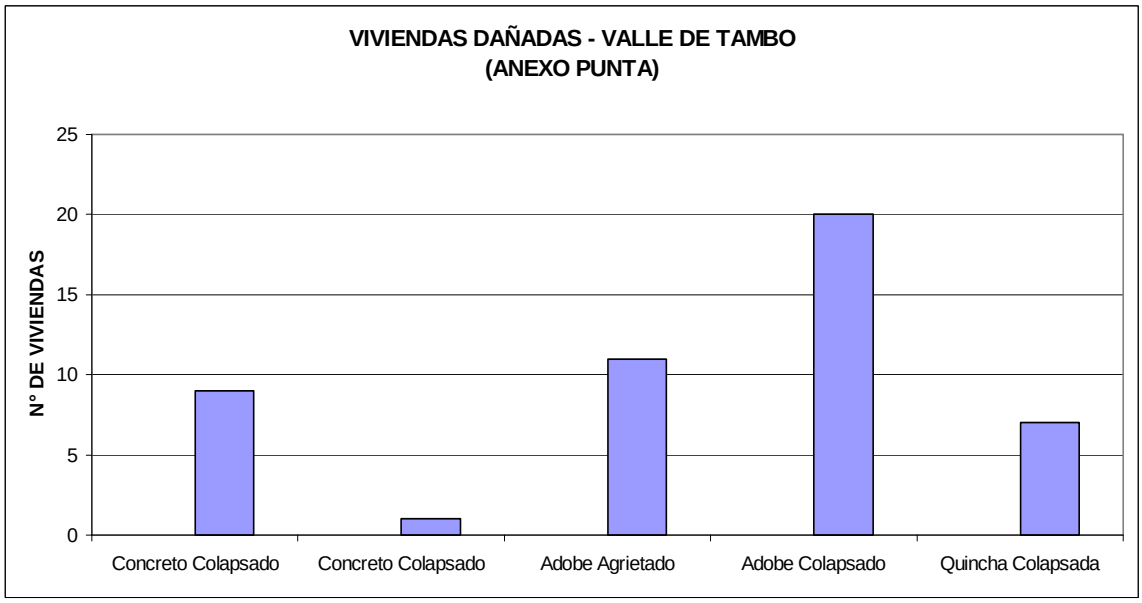
CUADRO 16



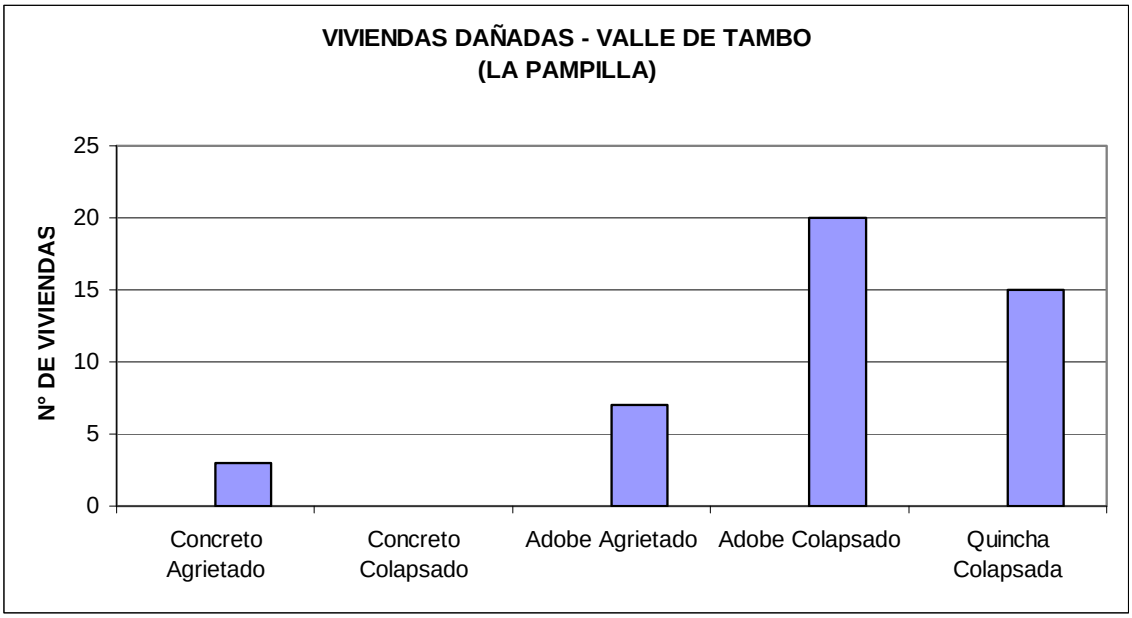
CUADRO 17



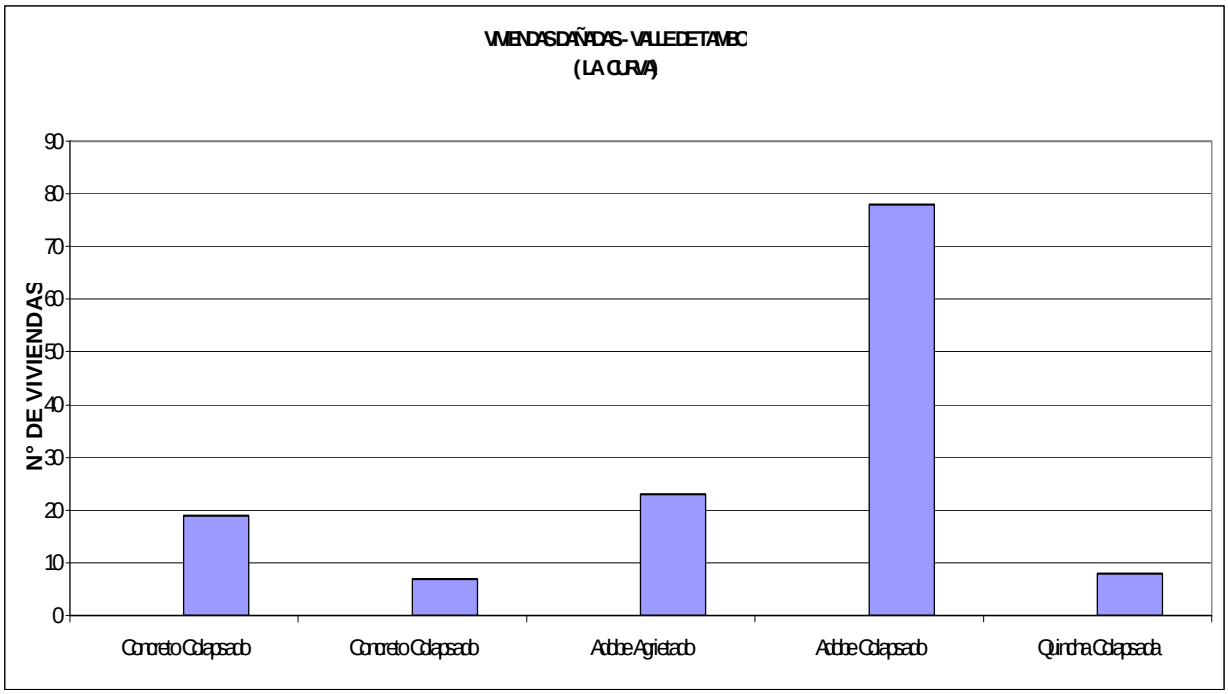
CUADRO 18



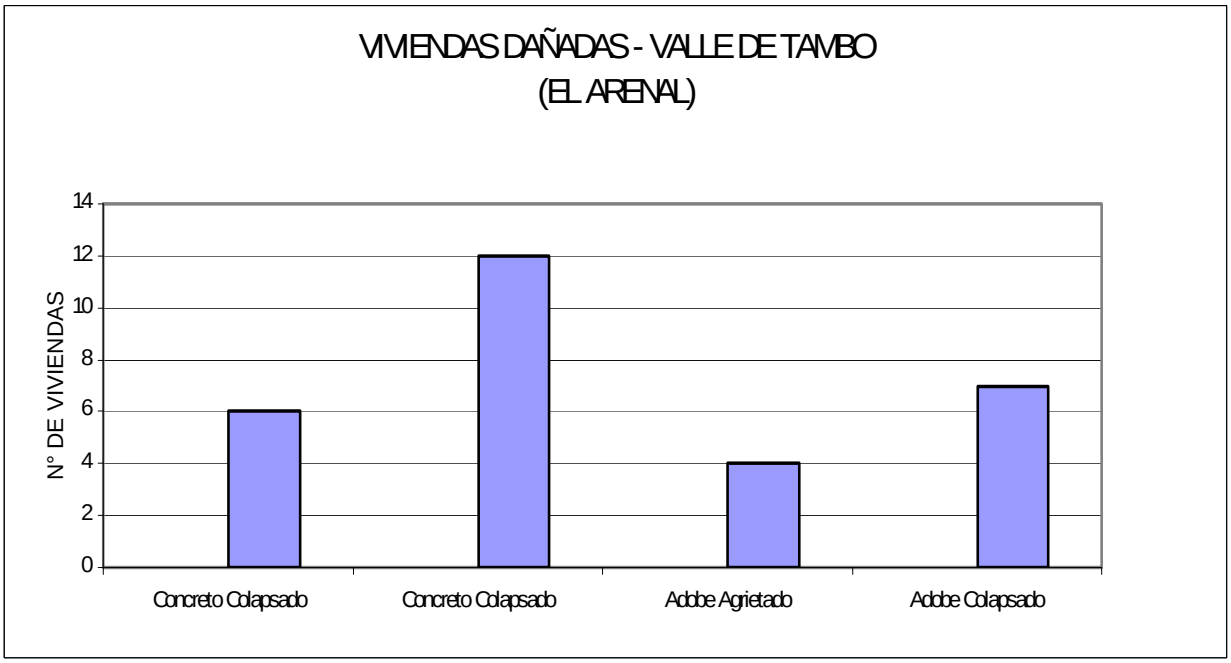
CUADRO 19



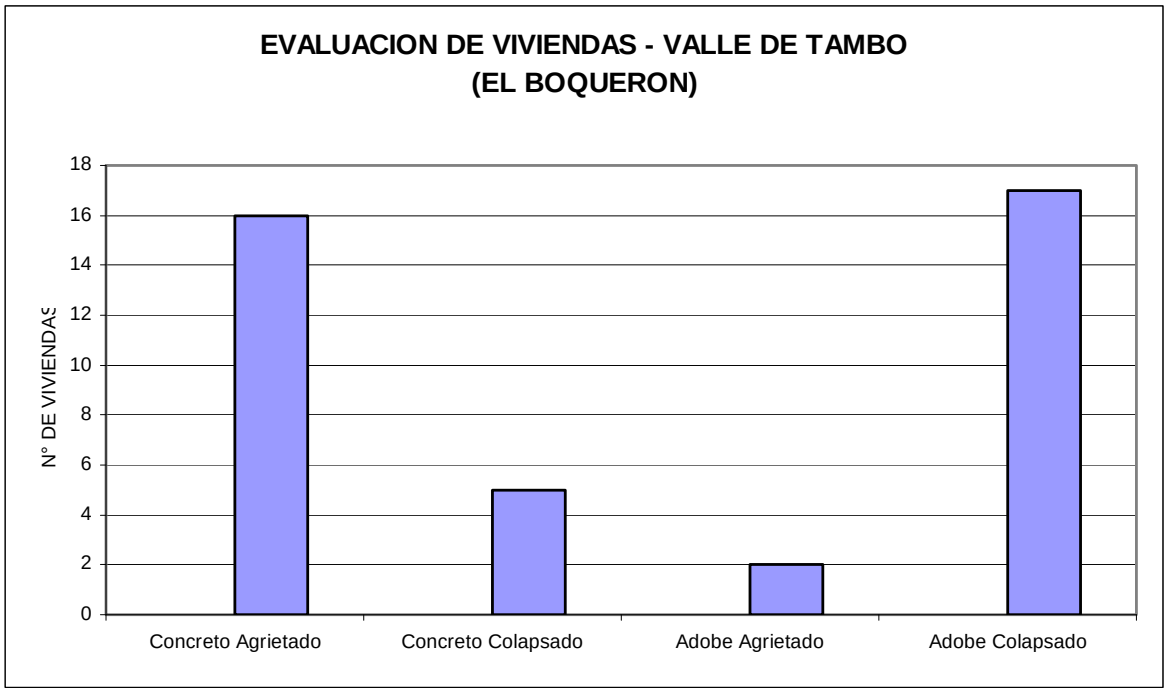
CUADRO 20



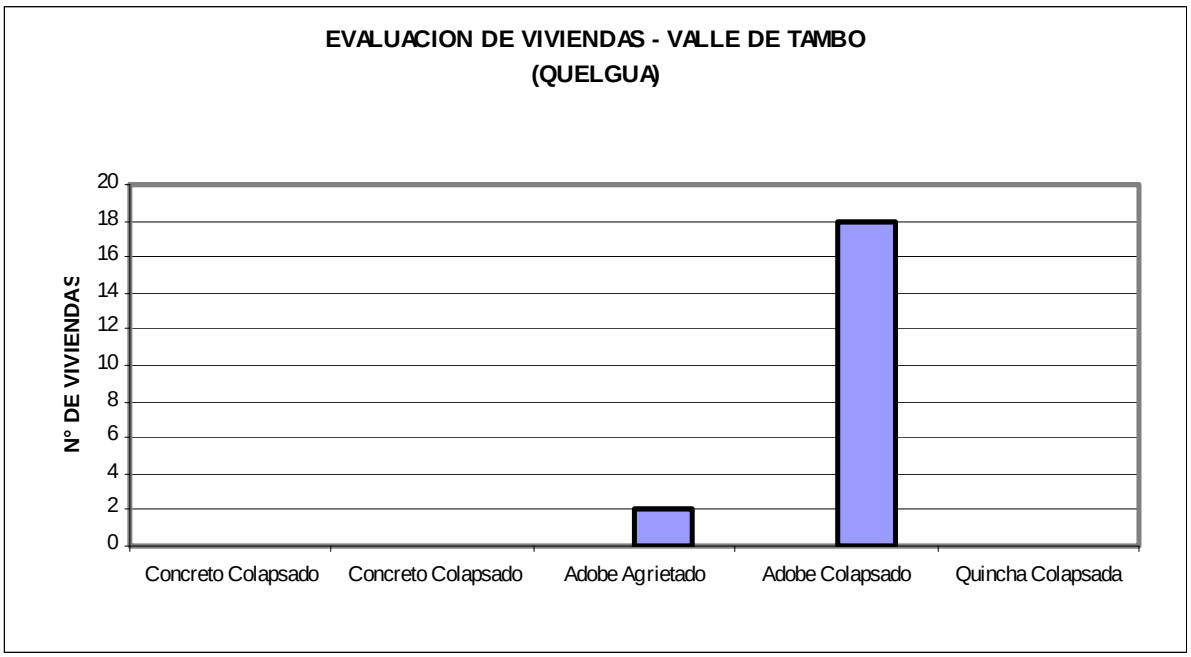
CUADRO 21



CUADRO 22



CUADRO 23



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- La actividad económica fundamental es la agricultura y la ganadería en el Valle de Tambo.

2.- En los últimos tiempos las viviendas que se han construido en los poblados del Valle es de material noble, por causa del sismo del 23 de junio, muchas de las viviendas de adobe han colapsado.

3.- Se han reconocido esencialmente cuatro tipos de suelos, el primero constituido por rocas fracturadas de origen intrusivo y de calidad competente, por consiguiente presentando buena capacidad portante como lecho de fundación; constituyendo las faldas de la zona de la pampa de Tambo con los poblados afincados a las faldas de este sector como Cocachacra, El Arenal, La Curva.

4.- El segundo tipo de suelos se halla hacia la zona sur en las inmediaciones de la pampa de El alto,

5- El tercer tipo de suelos toda la parte interior del valle constituido por arenas finas y limos, por su empleo como terrenos de cultivo.

6.- El cuarto tipo de suelos esta comprendiendo la franja litoral, esencialmente por la presencia de un alto nivel freático, con susceptibilidad a licuación de suelos por sus características granulométricas de las arenas y limos presentes en la zona.

7.- La presencia de sales solubles, no representa una gran incidencia, sin embargo es un factor que no se debe pasar por alto.

8.- La recomendación se centra en la construcción de tipo cimentación conectada mediante vigas de cimentación que deben formar entramados en los sentidos principales de los pórticos, siendo los casos de daños por la antigüedad de las construcciones y el uso de adobe, como materia prima para la construcción, demostrándose, que este sistema constructivo, no es el adecuado para la zona, por no presentar un material adecuado para la elaboración del adobe.

9.- Los sectores cercanos al mar por sus suelos arenosos y el nivel freático muy superficial son susceptibles de presentar licuación. Como es el caso de Catas y Boquerón, proponemos para esta área como peligroso.

10.- Los suelos de fundación del poblado de Cocachacra es el más estable del Valle, consistente de material gravoso bastante compacto. Por lo que se ha considerado como de baja peligrosidad.

11.- Los otros poblados como La Punta, Bombón, La Pampilla, El Arenal, La Curva y Chucarapi, por la calidad de sus suelos se considera como de peligrosidad moderada.

12.- Las construcciones futuras deberán tener en cuenta técnicas adecuadas en su proceso.

13.- Según los cálculos realizados y fundamentalmente la experiencia del tsunami de Camaná, estamos considerando el poblado de Catas como de alta peligrosidad.

14.- Los efectos del tsunami puede comprometer la desembocadura del río Tambo.

15.- Siendo el tsunami un efecto de los sismos, es necesario considerar un sistema de alarma.

16.- La educación es factor fundamental para la prevención y mitigación en el caso de la ocurrencia de fenómenos naturales.

17.- Realizar un estricto control en las construcciones nuevas por parte de las comisiones técnicas; También deben estar sujetas a este control las construcciones realizadas por entidades del estado, el Banco de Materiales, u otras entidades crediticias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abe, K., & Kanamori, H., (1979). Temporal variation of the activity of intermediate and deep focus earthquakes, J. Geophys. Res., 84, 3589 - 3595.
- Barazangi, M., & Isacks, B.L., (1979). subduction of the Nazca plate beneath Peru: evidences from spatial distribution of earthquakes, Geophys. J. Roy. Astr. Soc., 57, 537-555.
- Bellido B. Geología del Cuadrángulo de Moquegua Hoja 35-u (Boletín N° 15-Carta Geológica Nacional- INGENMET), 1979.
- Boletín N° 23, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N°1. INGEMMET, Lima-Perú, Dic. 2000.
- Cantos Figuerola J. Geofísica Aplicada Edit. Omega, Barcelona 1976.
- Comte, D., Roecker, S.W, & Suárez, G., (1994). Velocity structure in northern Chile: evidence of subducted oceanic crust in the Nazca plate, Geophys. J. Int., 117, 625-629.
- Dobrin M.B. Introducción a la Prospección Geofísica Ed. Omega. Barcelona 1969.
- Engdahl, R., Van der Hilst, R., & Buland, R., (1997). Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination, Bull. Seismol. Soc. Amer., 1998.
- Grange, F., Hatzfeld, D., Cunningham, P., Molnar, P., Roecker, S.W., Suárez, G., Rodriguez,A. & Ocola, L., (1984). Tectonic implications ot 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 Pocsi. 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. Mjnaya L. y otros Estudio de Refracción Sísmica de La Joya-Arequipa. Agosto 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.
- Kosaka M. Soto V. Mjnaya L. Estudio de Refracción Sísmica del Sector Cerro Muyoorco Reservorio R-13 Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994 Instituto Geofísico de la UNSA.

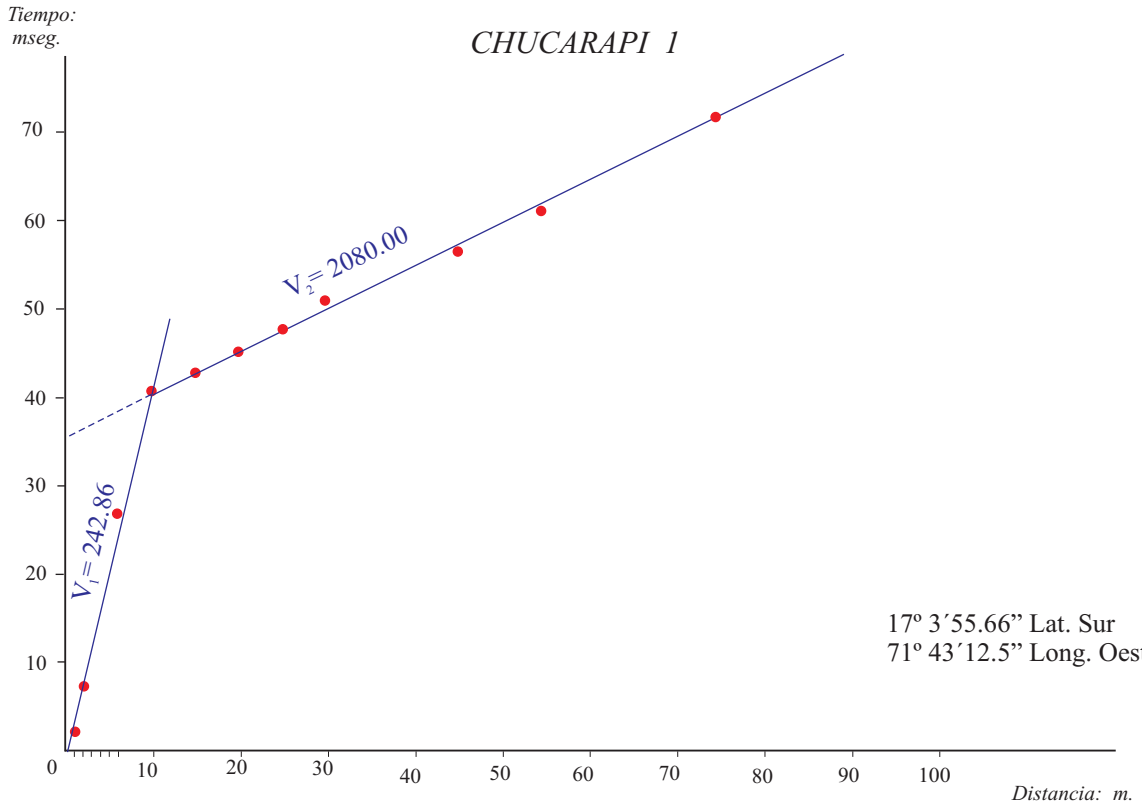
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica y Geoeléctrico del Sector San Sebastián, Reservorio R- 10 Qosqo. Arequipa. Noviembre 1994.
- Kosaka M. Soto V. Minaya L. Estudio de Refracción Sísmica y Geoeléctrico del Sector Kenkoro Pata, Reservorio R- 12 en el Distrito de San Jeronimo Qosqo. 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.
- 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.
- 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.
- 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.

.

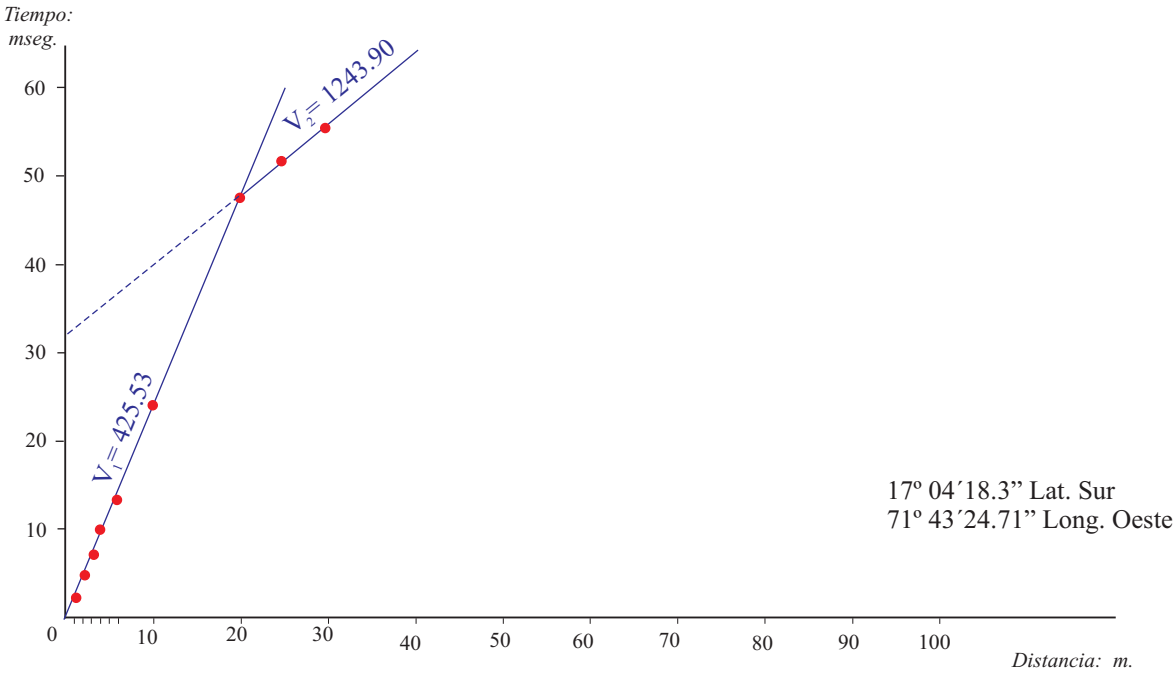
ANEXOS

A. LISTA DE PERFILES SISMICOS

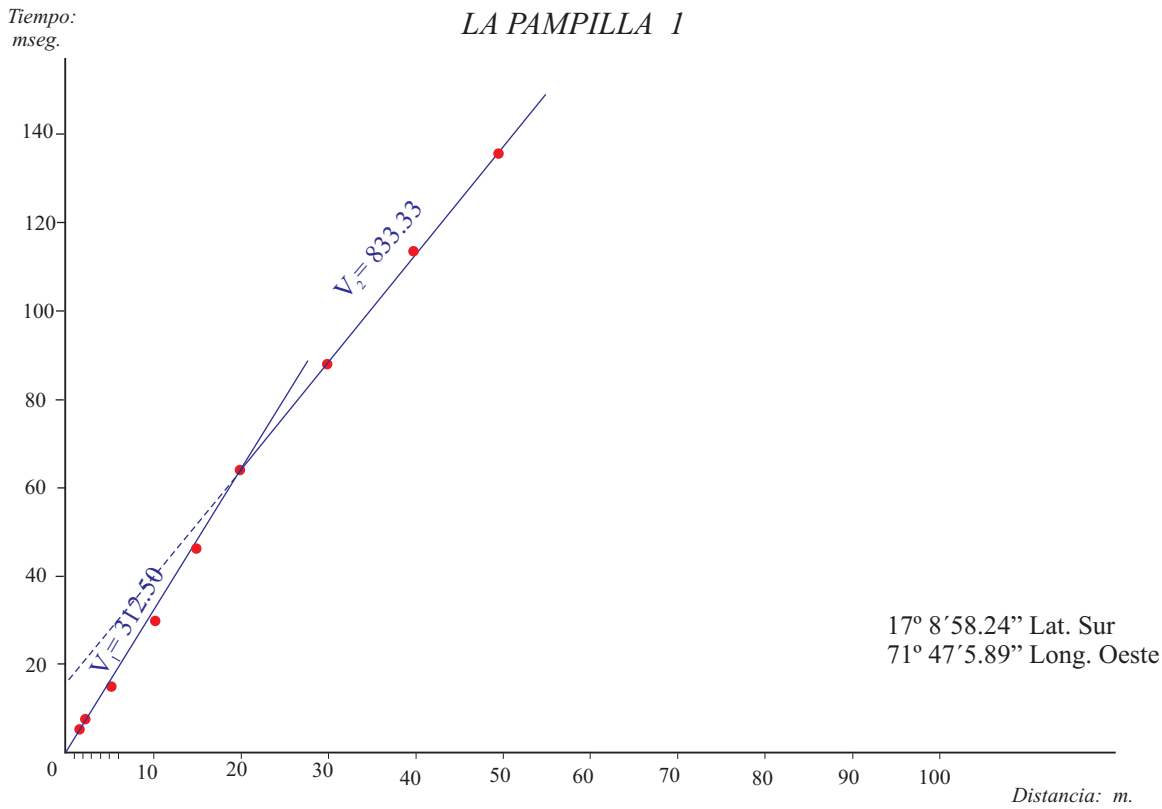
1. Perfil Sísmico (Chucarapi 1)
2. Perfil Sísmico (Chucarapi 2, ingreso a fábrica)
3. La Pampilla 1
4. La Pampilla 2
5. La Punta 1
6. La Punta 2
7. La Punta 3
8. La Punta 4
9. La Punta 5
10. Bombón 1
11. Bombón 2
12. Catas 1
13. Catas 2
14. Catas 3
15. La Curva 1
16. La Curva 2
17. El Boquerón 1
18. El Boquerón 2
19. El Arenal 1
20. El Arenal 2
21. Cocachacra 1
22. Cocachacra 2



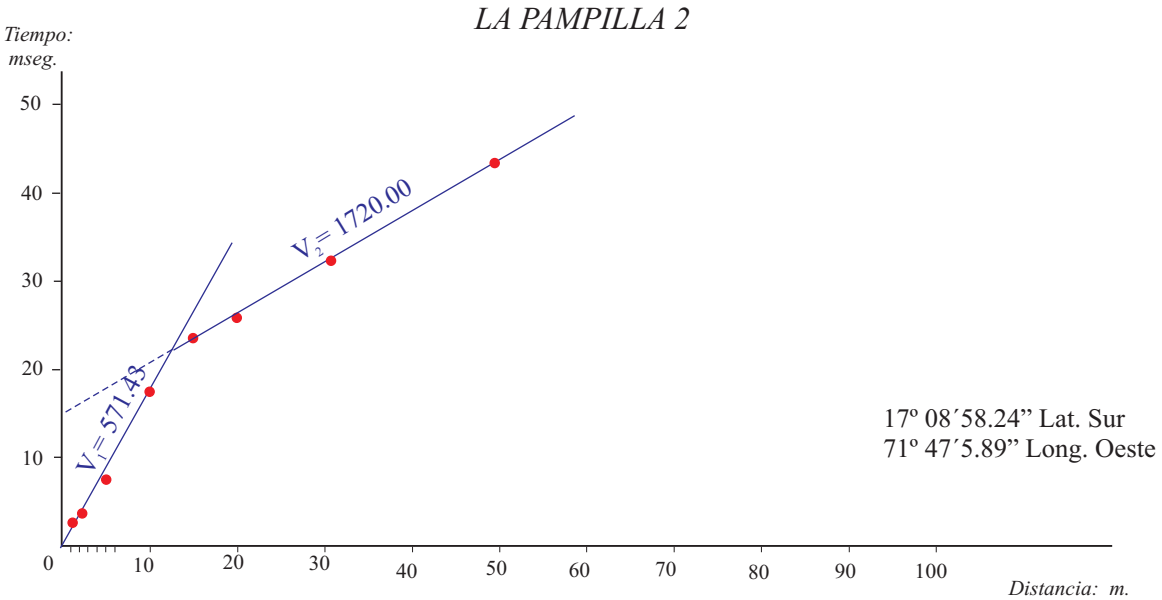
Perfil de Refracción Sísmica 01



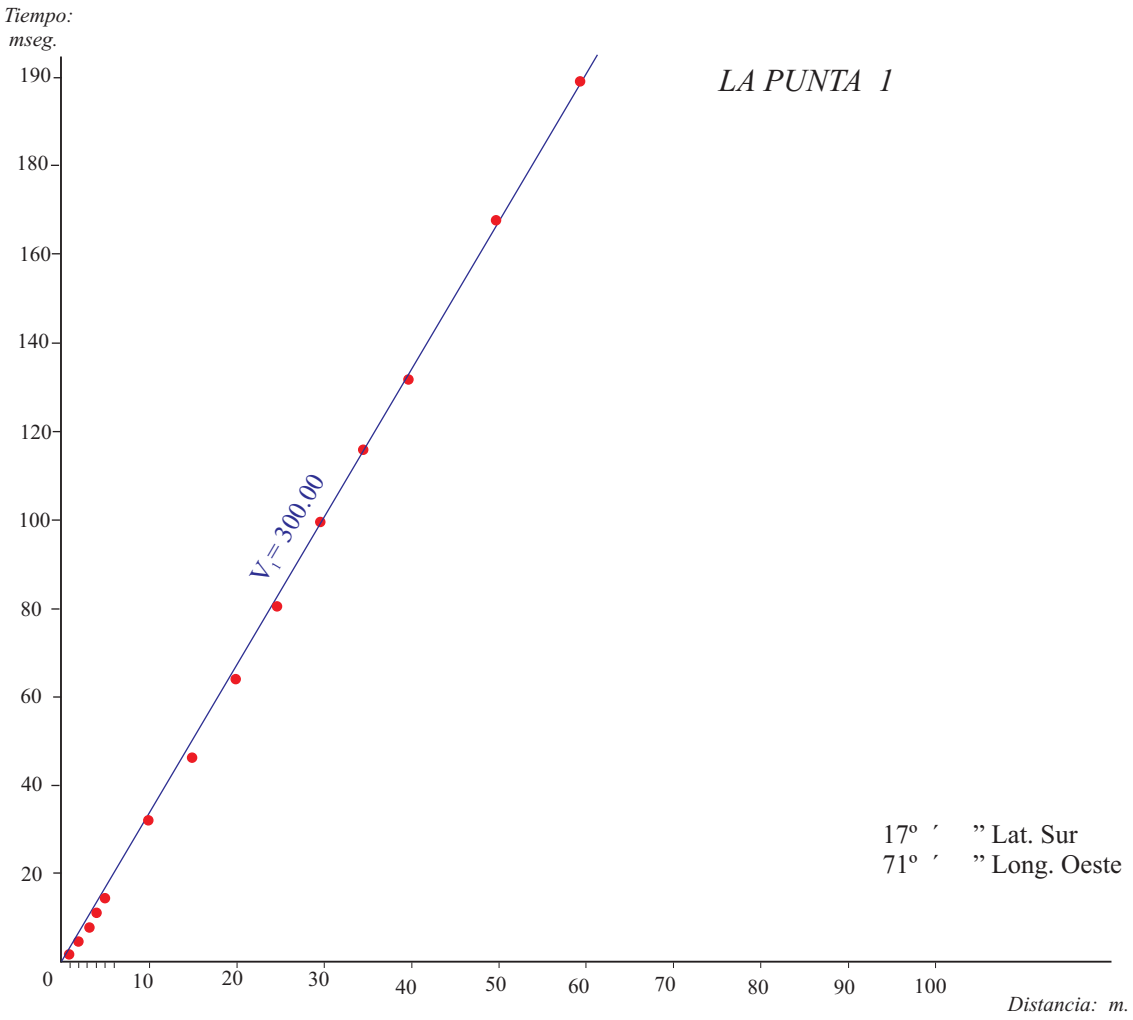
Perfil de Refracción Sísmica 02



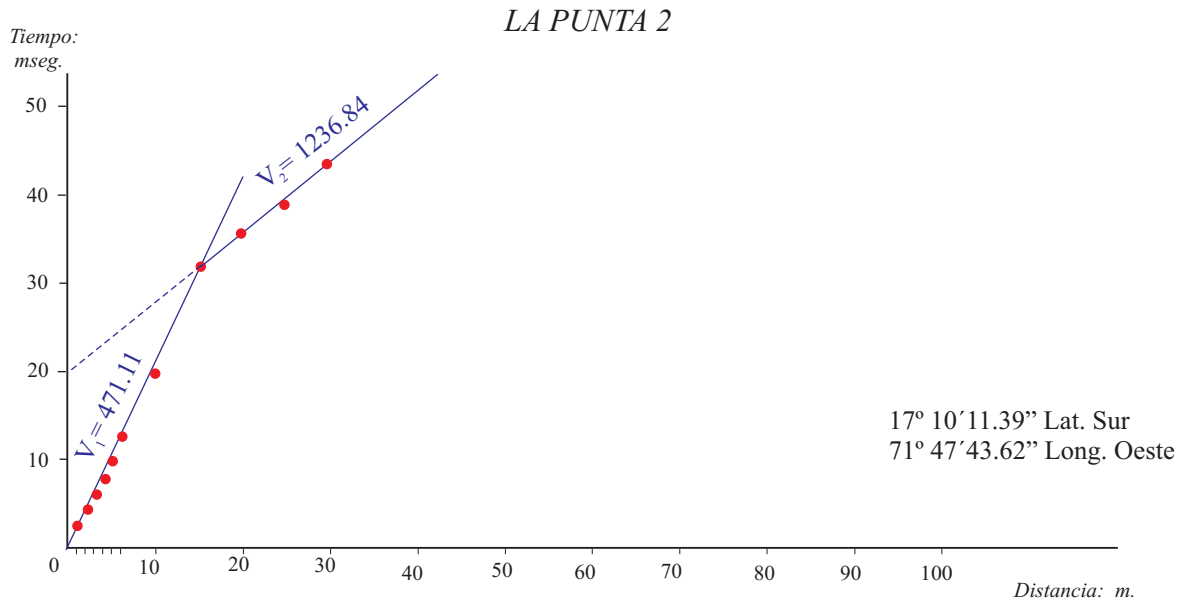
Perfil de Refracción Sísmica 03



Perfil de Refracción Sísmica 04

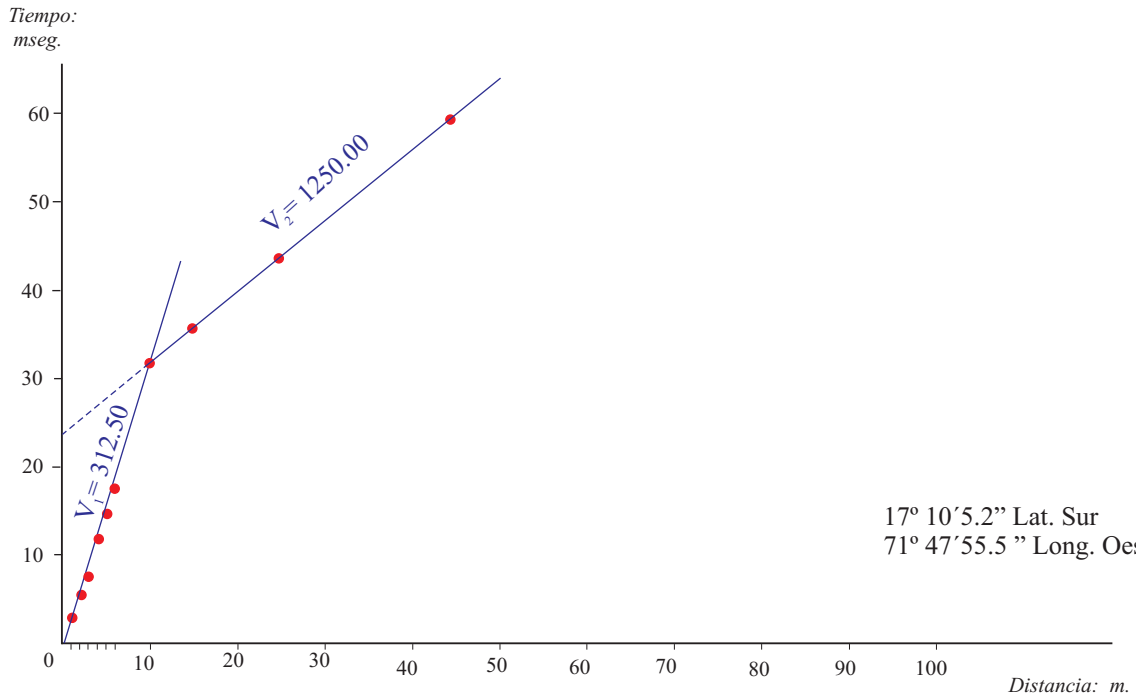


Perfil de Refracción Sísmica 05



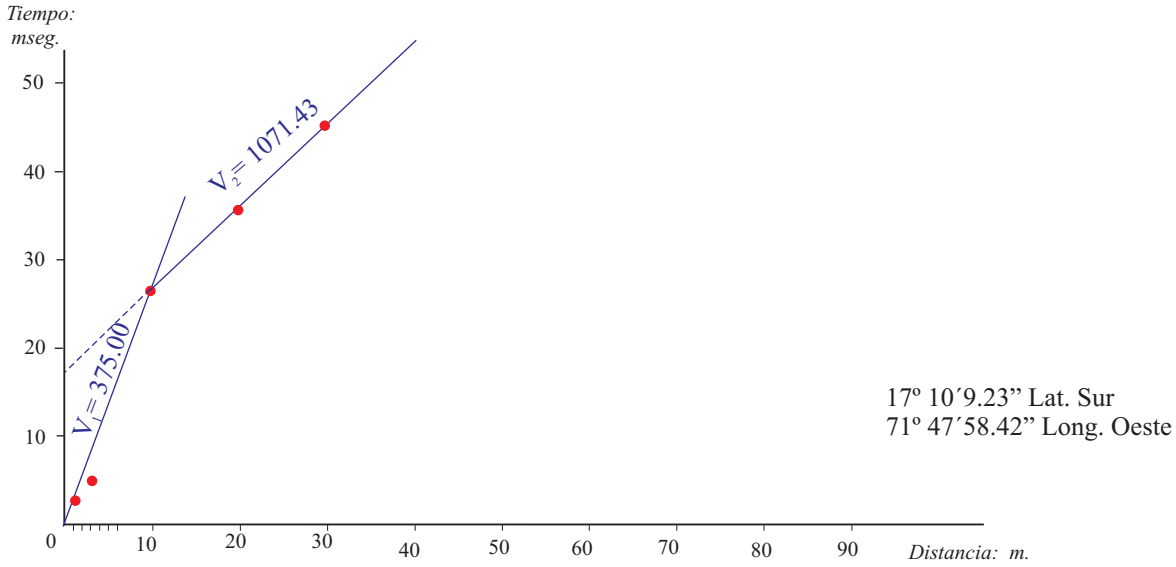
Perfil de Refracción Sísmica 06

LA PUNTA 3

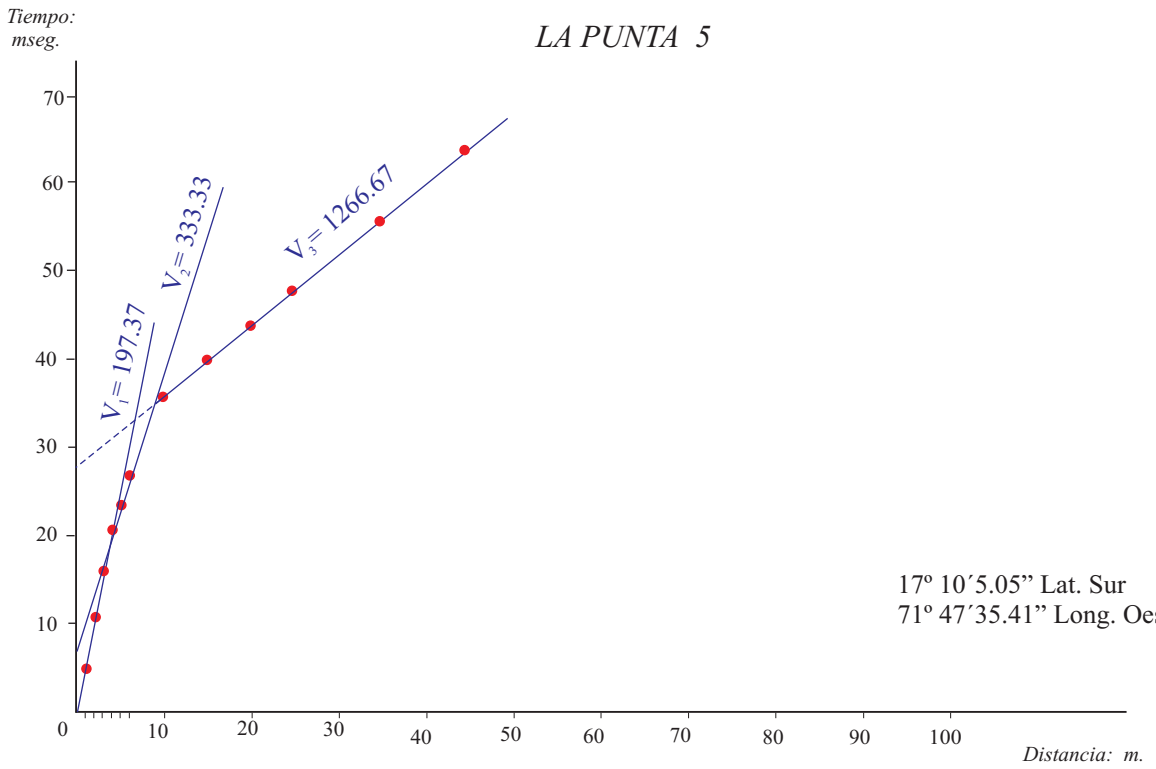


Perfil de Refracción Sísmica 07

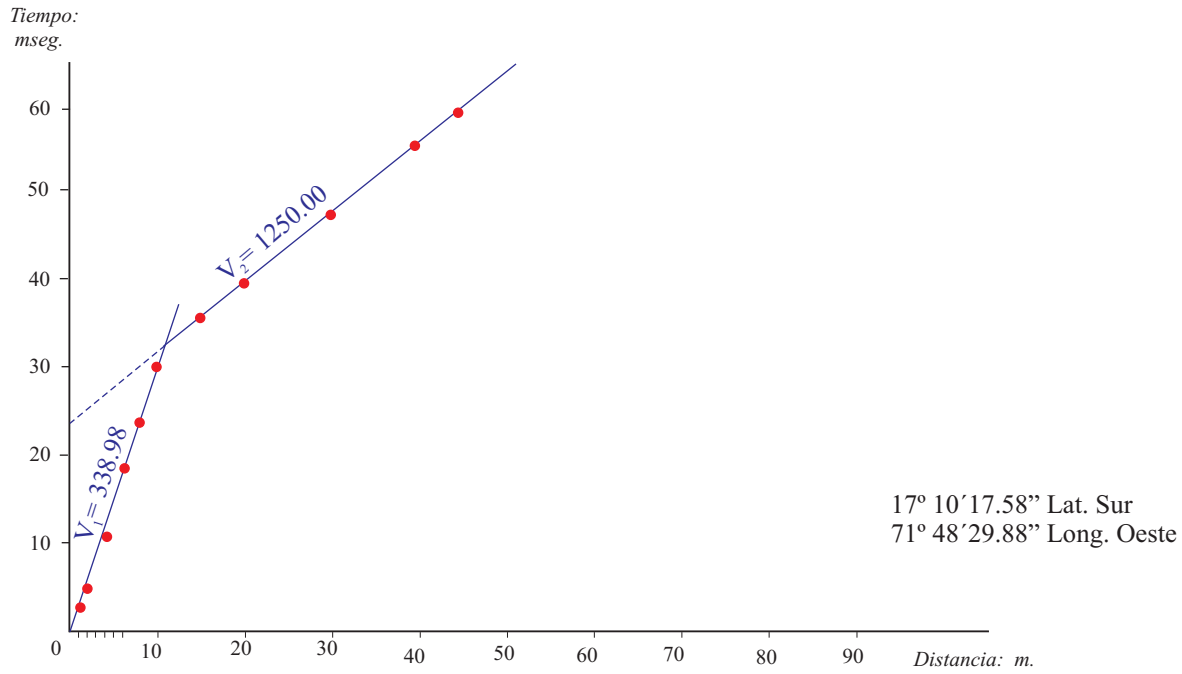
LA PUNTA 4



Perfil de Refracción Sísmica 08

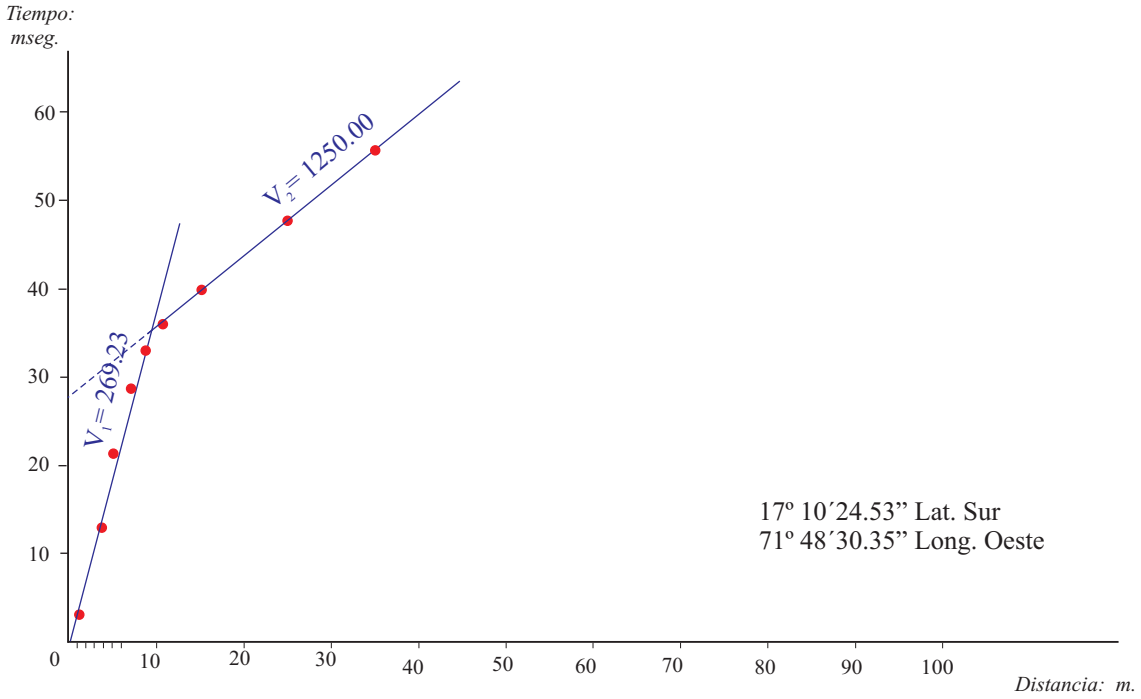


Perfil de Refracción Sísmica 09



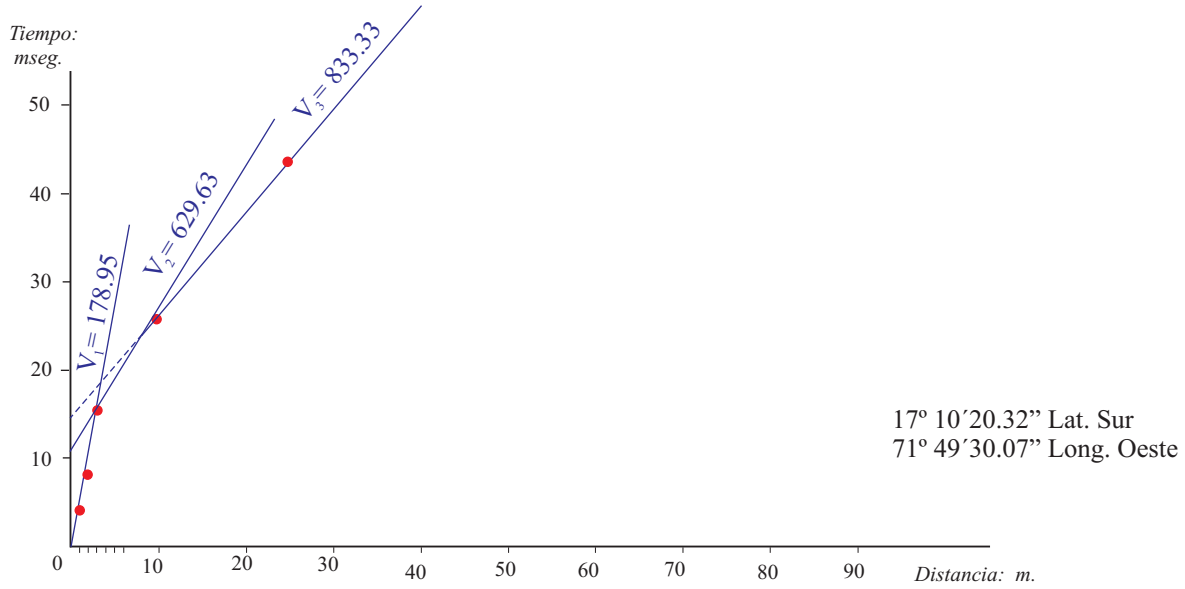
Perfil de Refracción Sísmica 10

BOMBOM 2



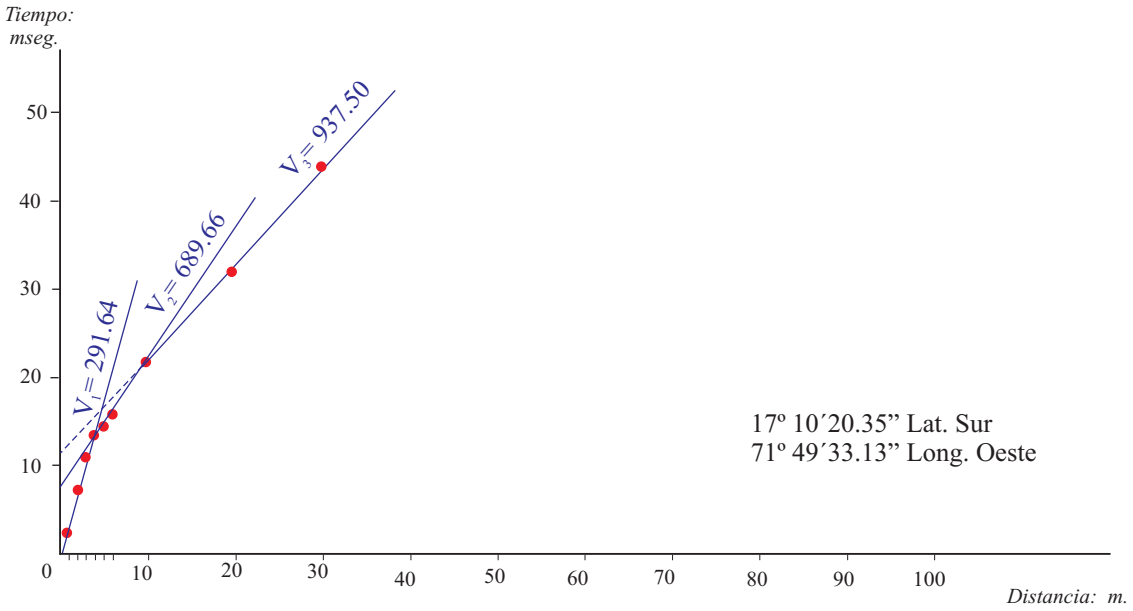
Perfil de Refracción Sísmica 11

CATAS 1



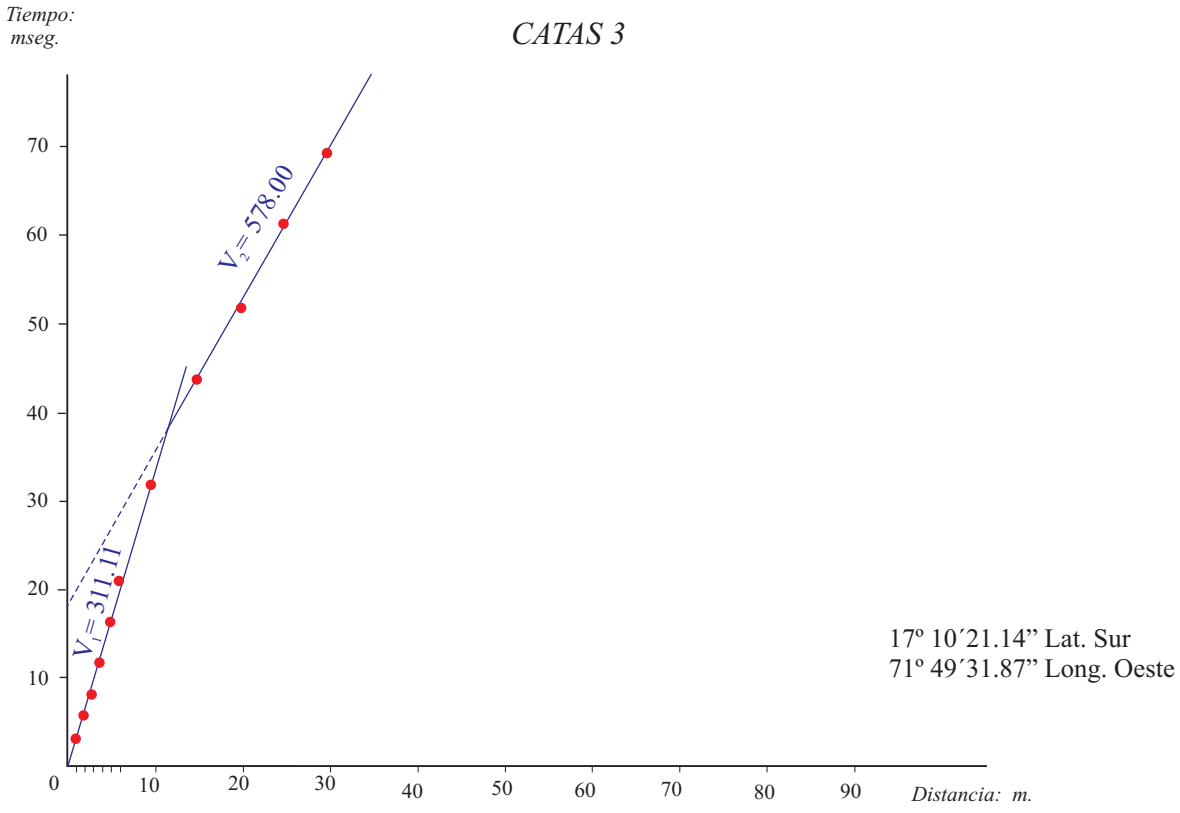
Perfil de Refracción Sísmica 12

CATAS 2



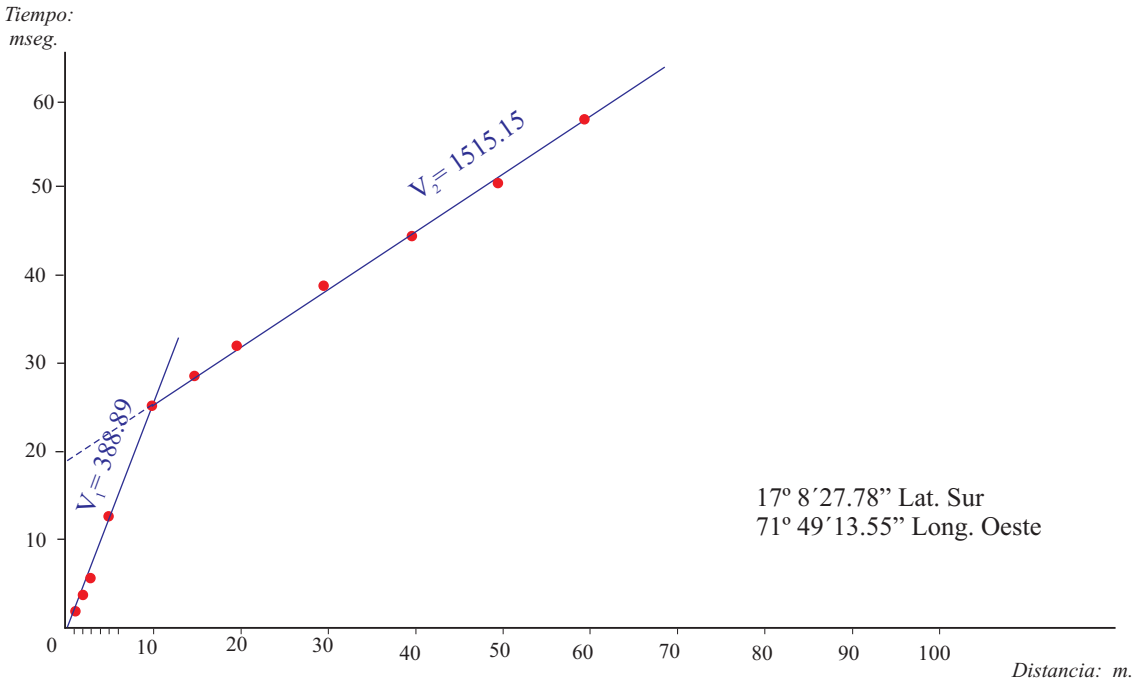
Perfil de Refracción Sísmica 13

CATAS 3



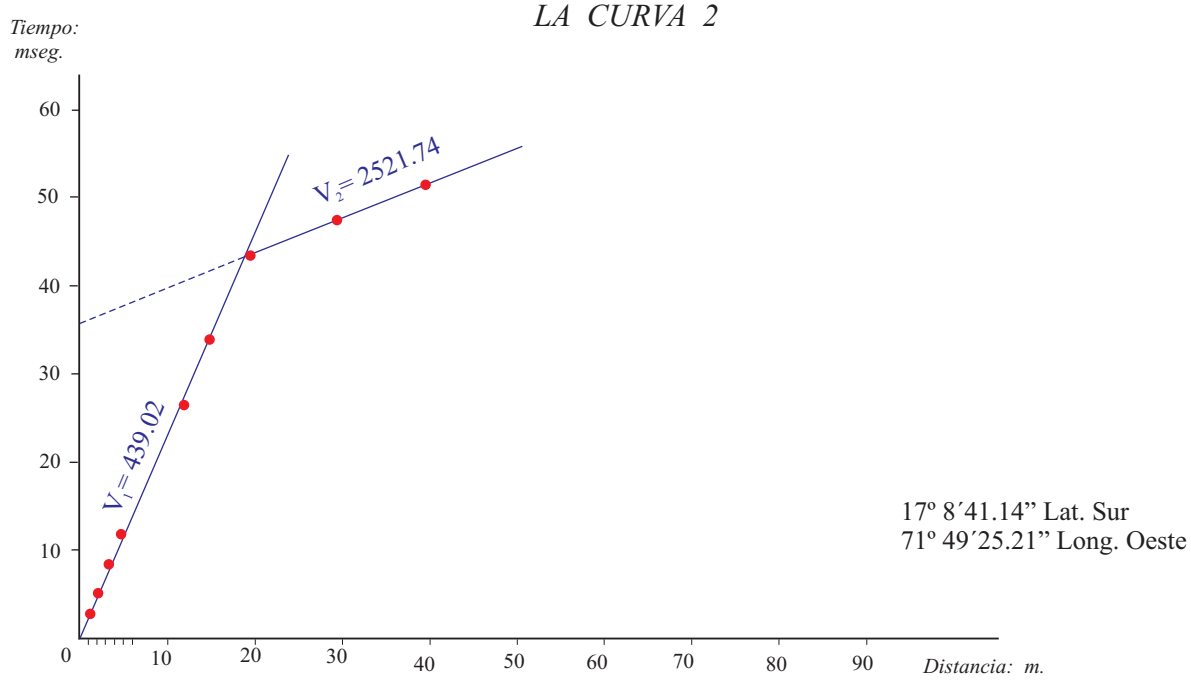
Perfil de Refracción Sísmica 14

LA CURVA 1



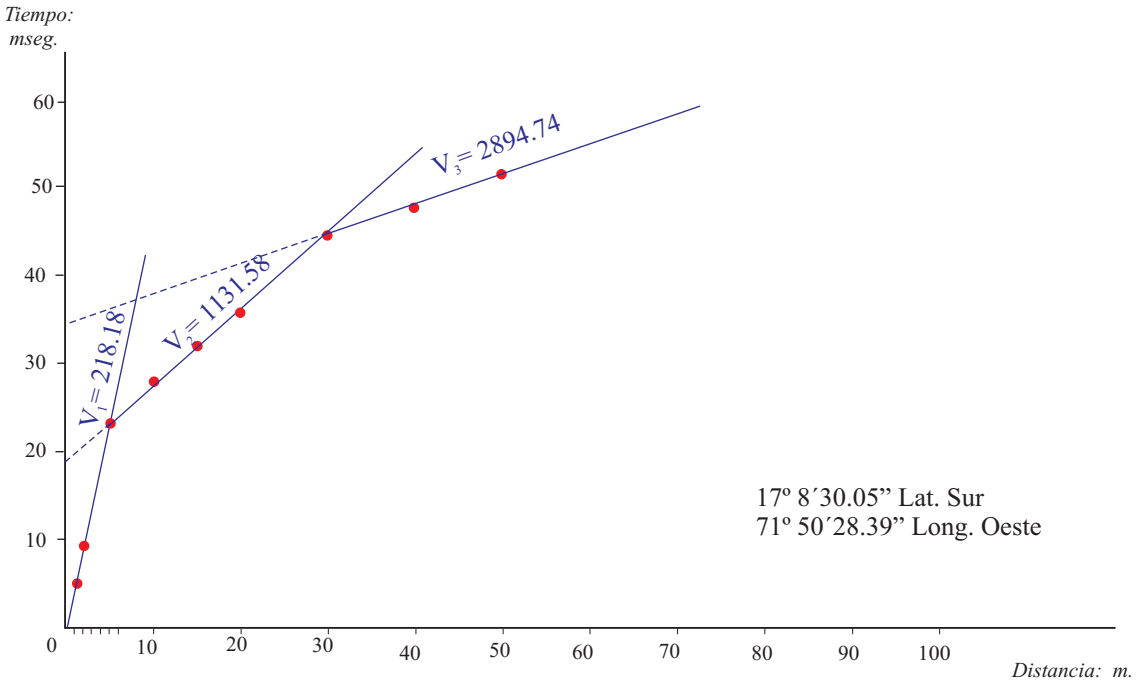
Perfil de Refracción Sísmica 15

LA CURVA 2



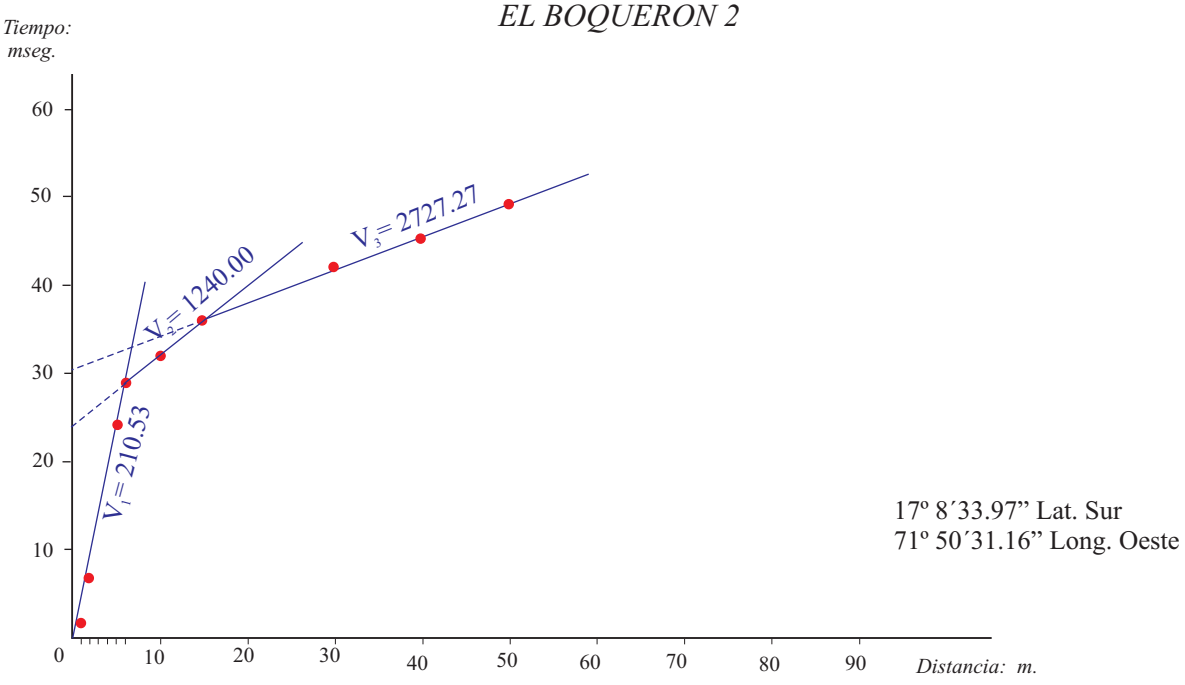
Perfil de Refracción Sísmica 16

EL BOQUERON 1



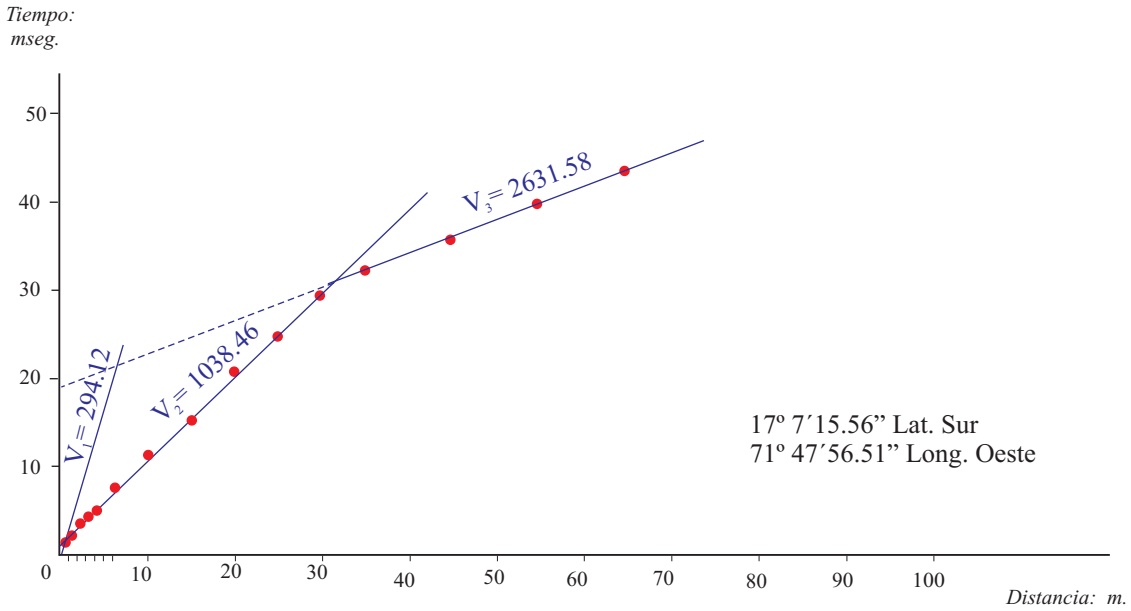
Perfil de Refracción Sísmica 17

EL BOQUERON 2



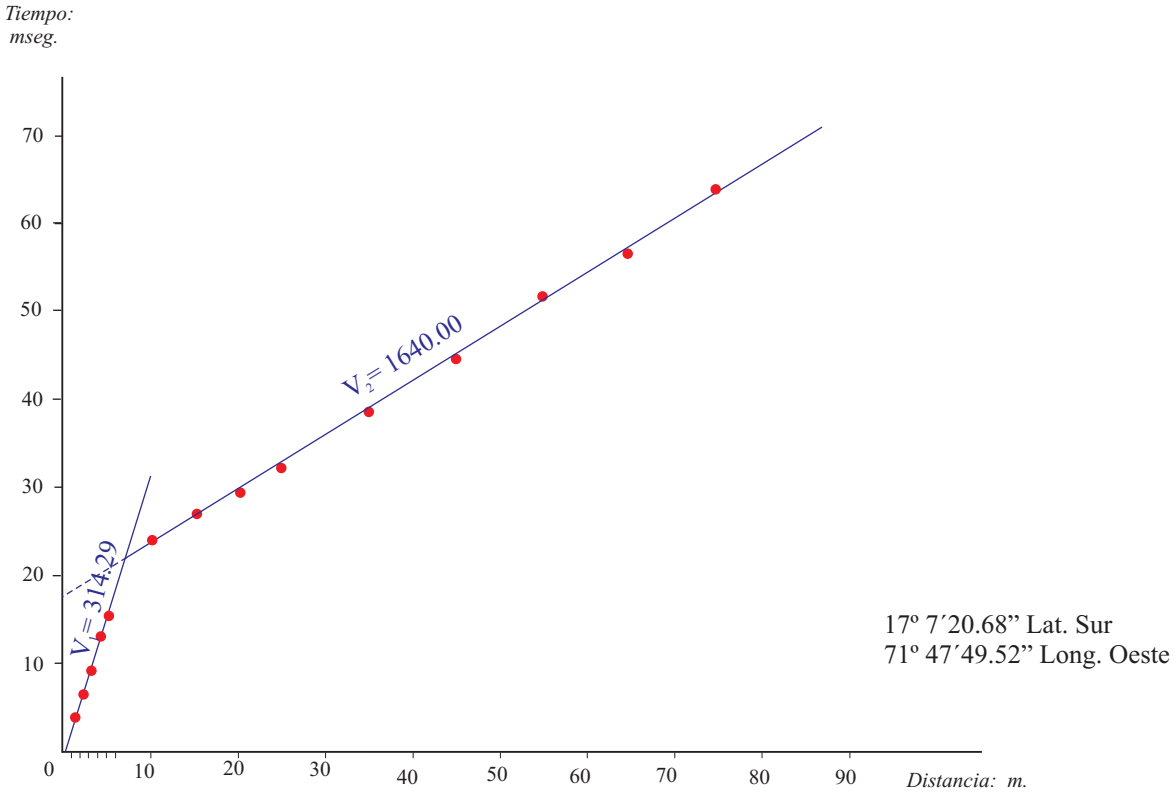
Perfil de Refracción Sísmica 18

EL ARENAL 1



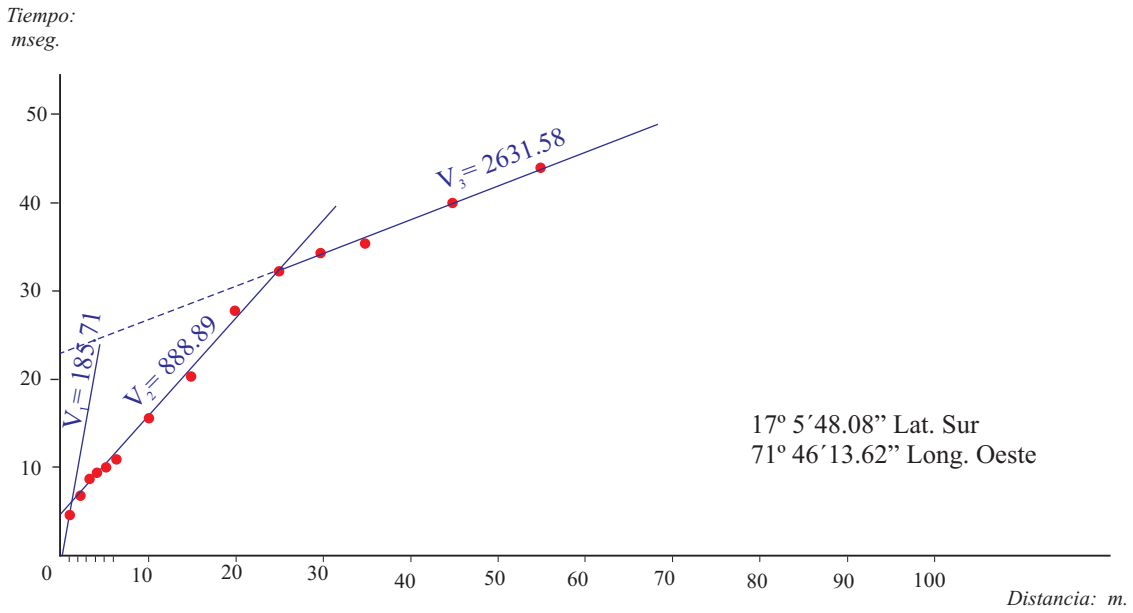
Perfil de Refracción Sísmica 19

EL ARENAL 2



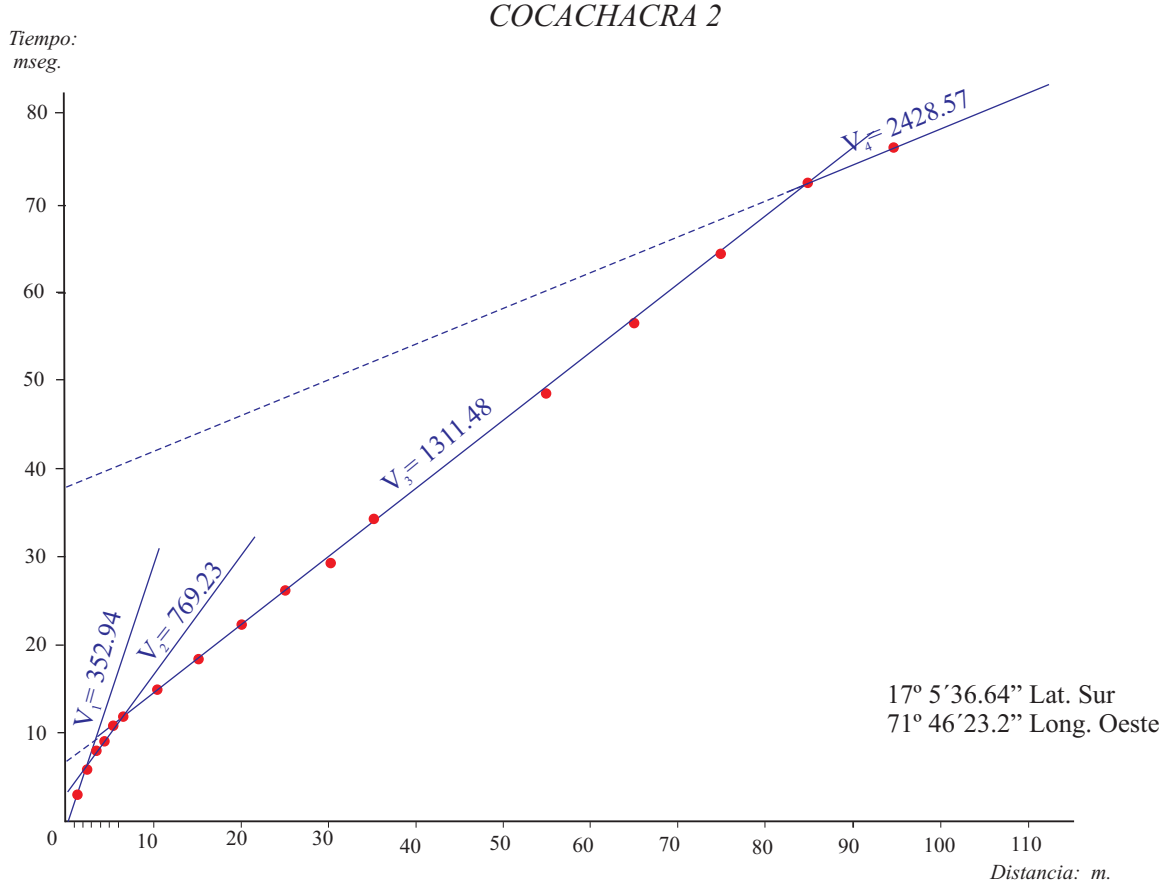
Perfil de Refracción Sísmica 20

COCACHACRA 1



Perfil de Refracción Sísmica 21

COCACHACRA 2



Perfil de Refracción Sísmica 22

B. LISTA DE COLUMNAS SISMICAS

1. COLUMNA SISMICA (CHUCARAPI)
    - PRS 1
    - PRS 2
2. COLUMNA SISMICA, LA PAMPILLA
    - La Pampilla, PRS 3, PRS 4

3a. COLUMNA SISMICA, LA PUNTA
    - PRS 5
    - PRS 6
    - PRS 7

3b. COLUMNA SISMICA, LA PUNTA
    - PRS 8
    - PRS 9

4. COLUMNA SISMICA, BOMBON
    - PRS 10
    - PRS 11

5. COLUMNA SISMICA, CATAS
    - CATAS, PRS 12
    - CATAS , PRS 13
    - CATAS, PRS 14

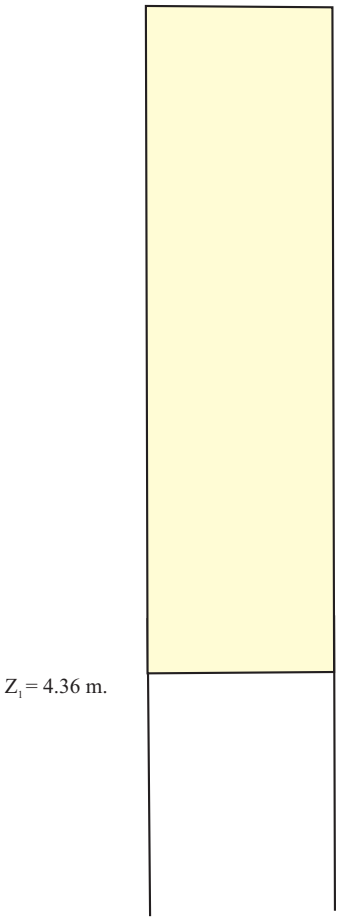
6. COLUMNA SISMICA, LA CURVA
    - LA CURVA, PRS 15
    - LA CURVA, PRS 16

7. COLUMNA SISMICA, EL BOQUERON
    - BOQUERON, PRS 17
    - BOQUERON, PRS 18

8. COLUMNA SISMICA, EL ARENAL
    - EL ARENAL, PRS 19
    - EL ARENAL, PRS 20

9. COLUMNA SISMICA, COCACHACRA
    - COCACHACRA, PRS 21
    - COCACHACRA, PRS 22

CHUCARAPI
PRS 1

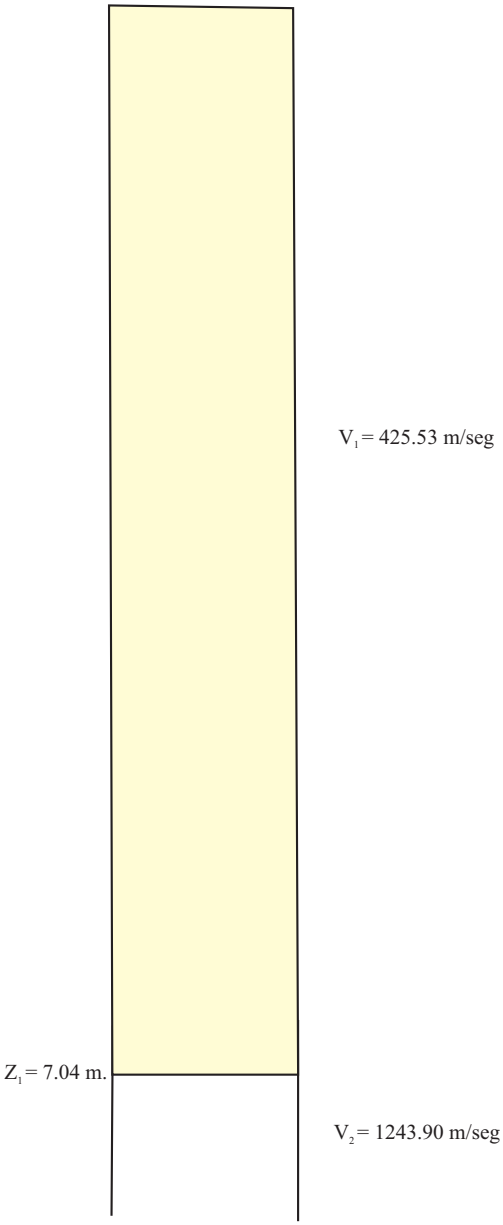


Leyenda
CHUCARAPI 01

- Material orgánico, limo arenoso y gravas
- Material conglomerado

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

CHUCARAPI
PRS 2



Leyenda
CHUCARAPI 2

- Material limo arenoso con gravas
- Material limo arenoso algo más compacto

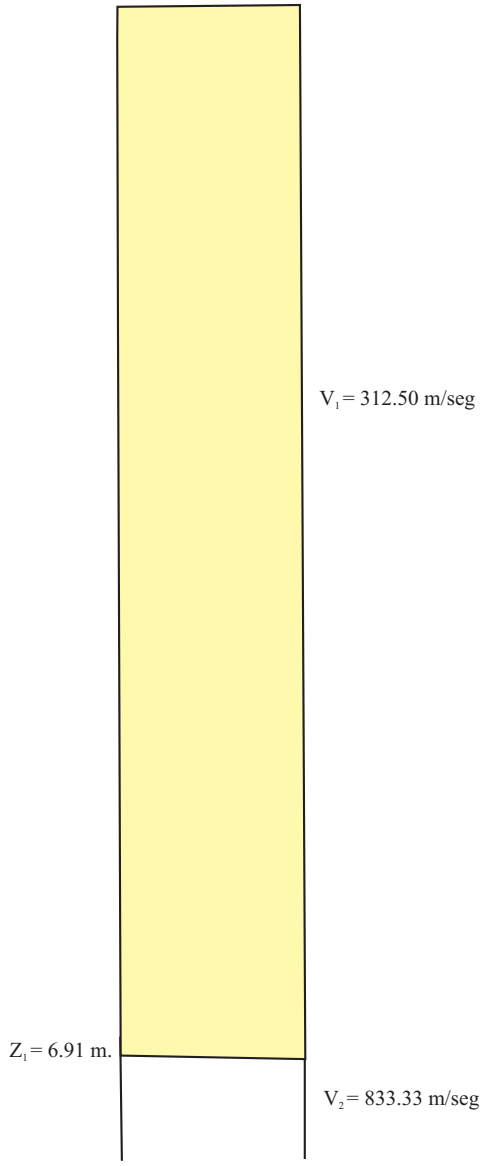
Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

COLUMNA SISMICA
CHUCARAPI

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 1

LA PAMPILLA
PRS 3



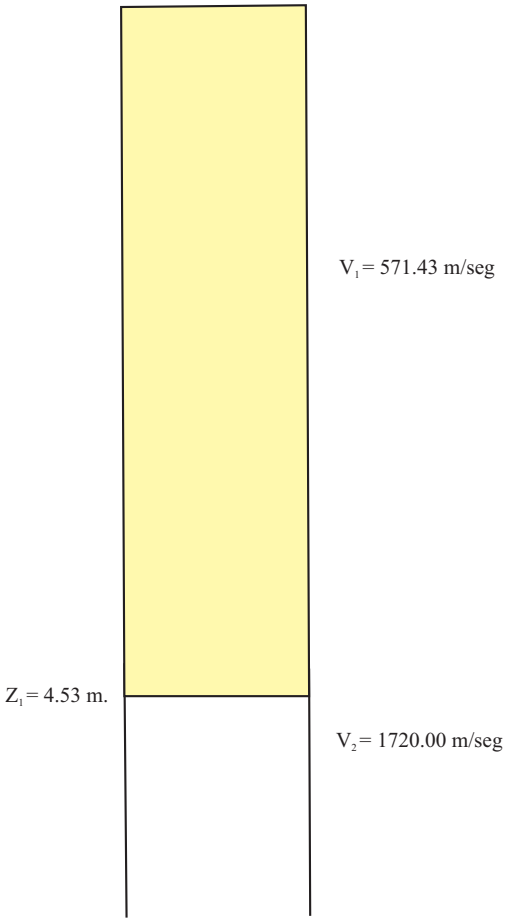
Leyenda
LA PAMPILLA 3

Material areno limoso con pequeñas gravas

Material arenoso y conglomerado algo compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

LA PAMPILLA
PRS 4



Leyenda
LA PAMPILLA 4

Material arenoso con gravas

Material arenoso gravoso algo compacto

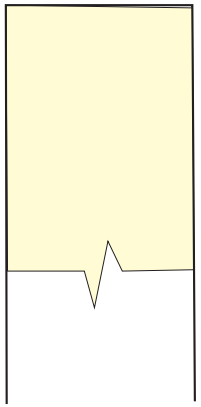
Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

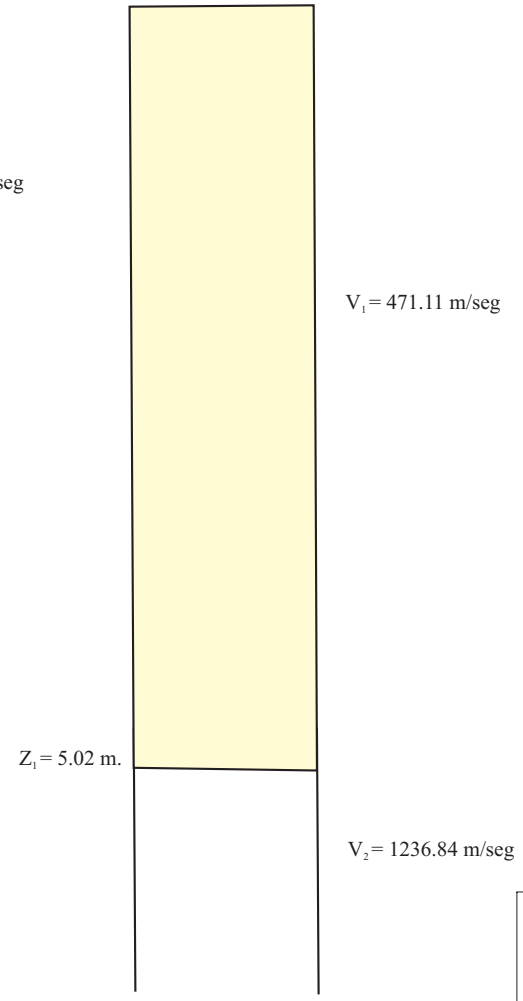
COLUMNA SISMICA
LA PAMPILLA

Fecha: setiembre, 2001	Fig. Nº 2

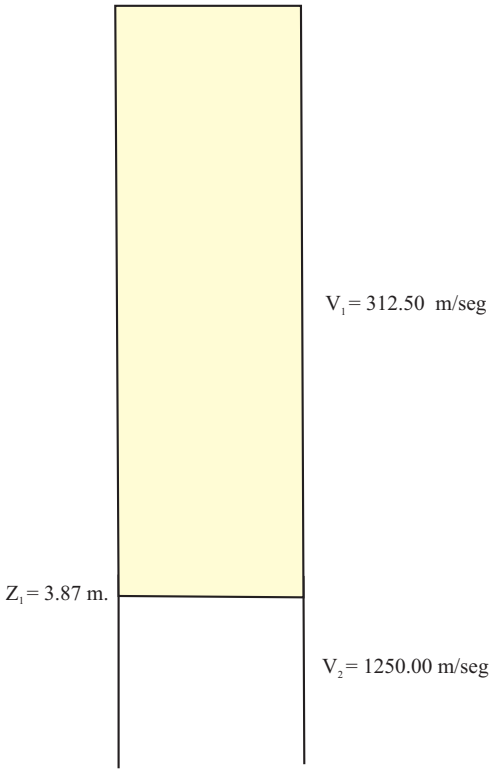
LA PUNTA
PRS 5



LA PUNTA
PRS 6



LA PUNTA
PRS 7



Leyenda
LA PUNTA 5, 6 y 7

Material arenoso y areno limoso con gravas

Material areno gravoso no muy compacto

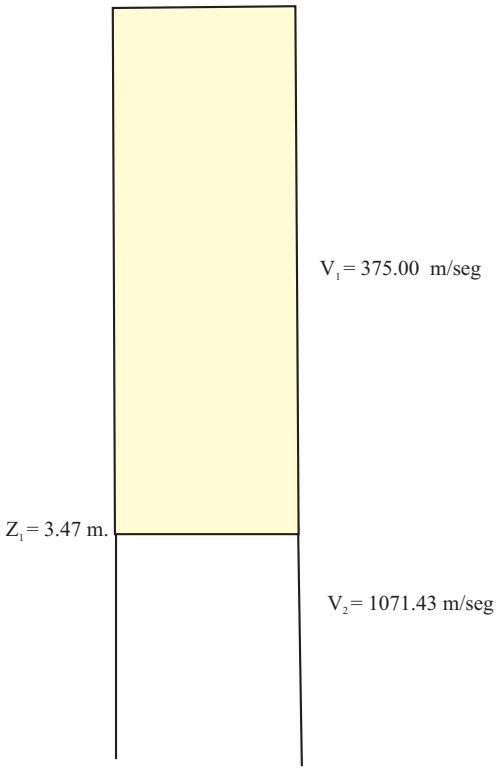
Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

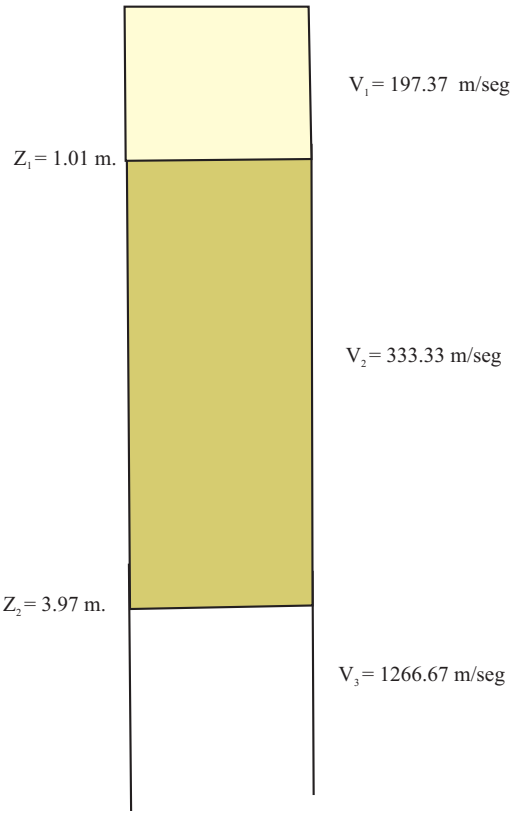
COLUMNA SISMICA
LA PUNTA

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 3a

LA PUNTA
PRS 8



LA PUNTA
PRS 9



Leyenda
LA PUNTA 8

- Material arenoso y areno limoso con grava
- Material areno gravoso no muy compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

Leyenda
LA PUNTA 9

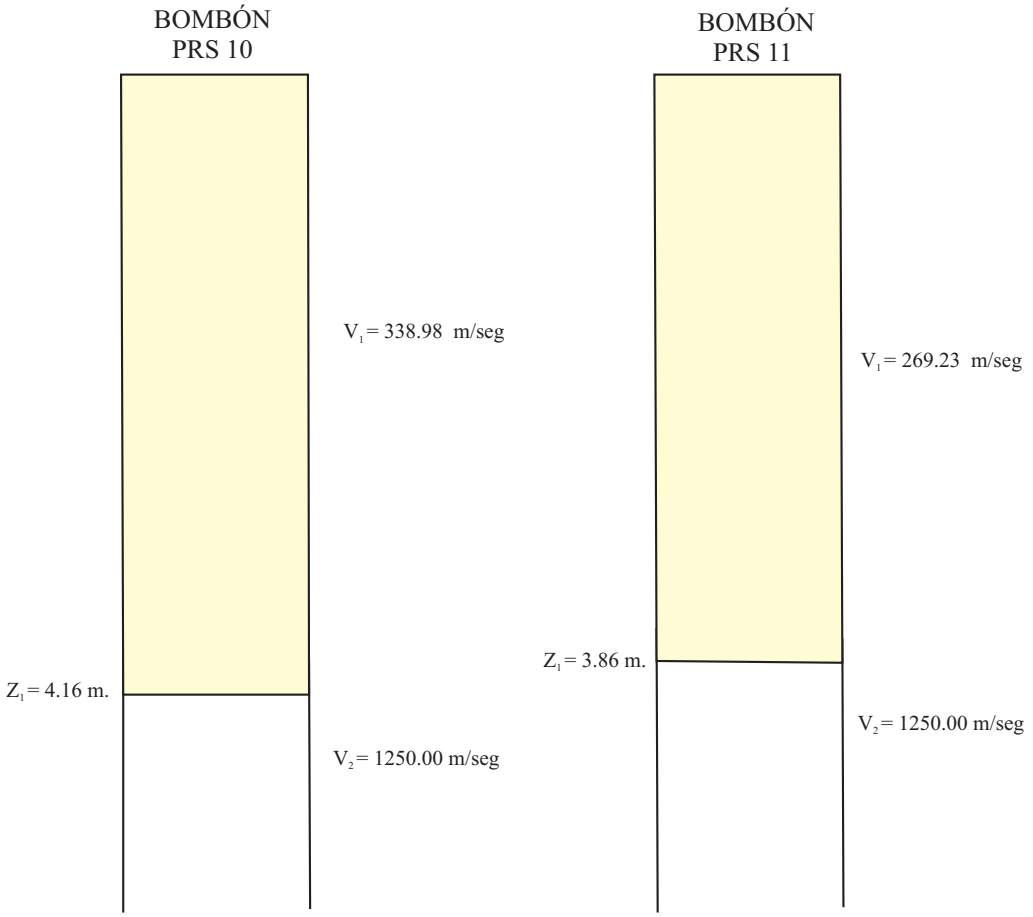
- Material areno limoso y vegetal
- Material gravo arenoso
- Material gravo arenoso algo más compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

COLUMNA SISMICA
LA PUNTA

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 3b



Leyenda

Material arenoso con limo

Material areno gravoso

Z_1 .... = Profundidad

V_1 .... = Velocidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

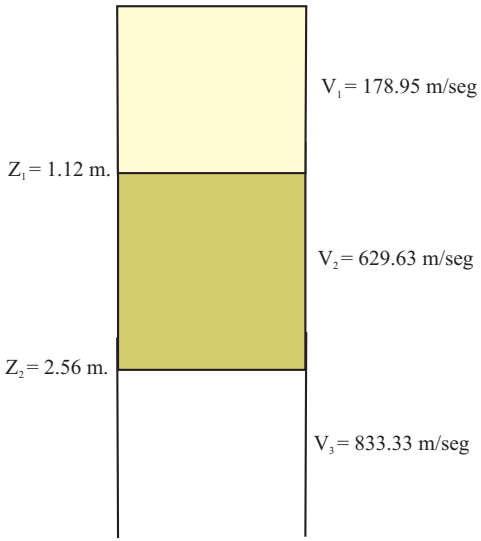
CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
BOMBON

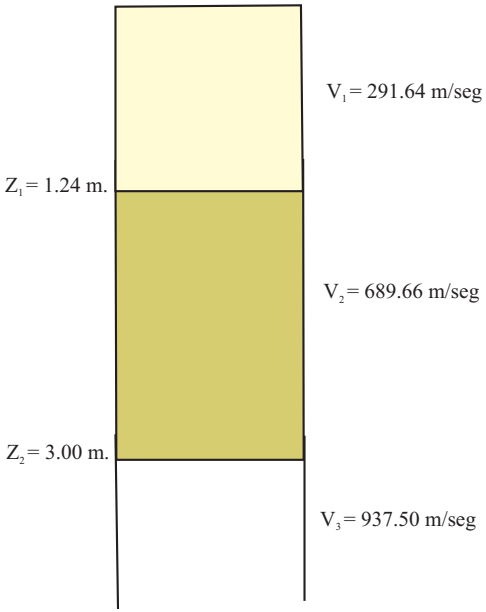
Fecha: setiembre, 2001

Fig. Nº 4

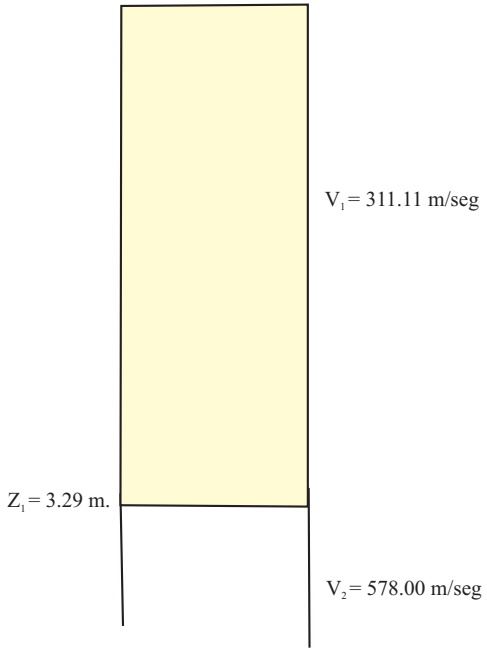
CATAS
PRS 12



CATAS
PRS 13



CATAS
PRS 14



Leyenda
CATAS 12 y 13

- Material arenoso
- Material areno gravoso no compacto
- Material areno gravoso pero más compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

Leyenda
CATAS 14

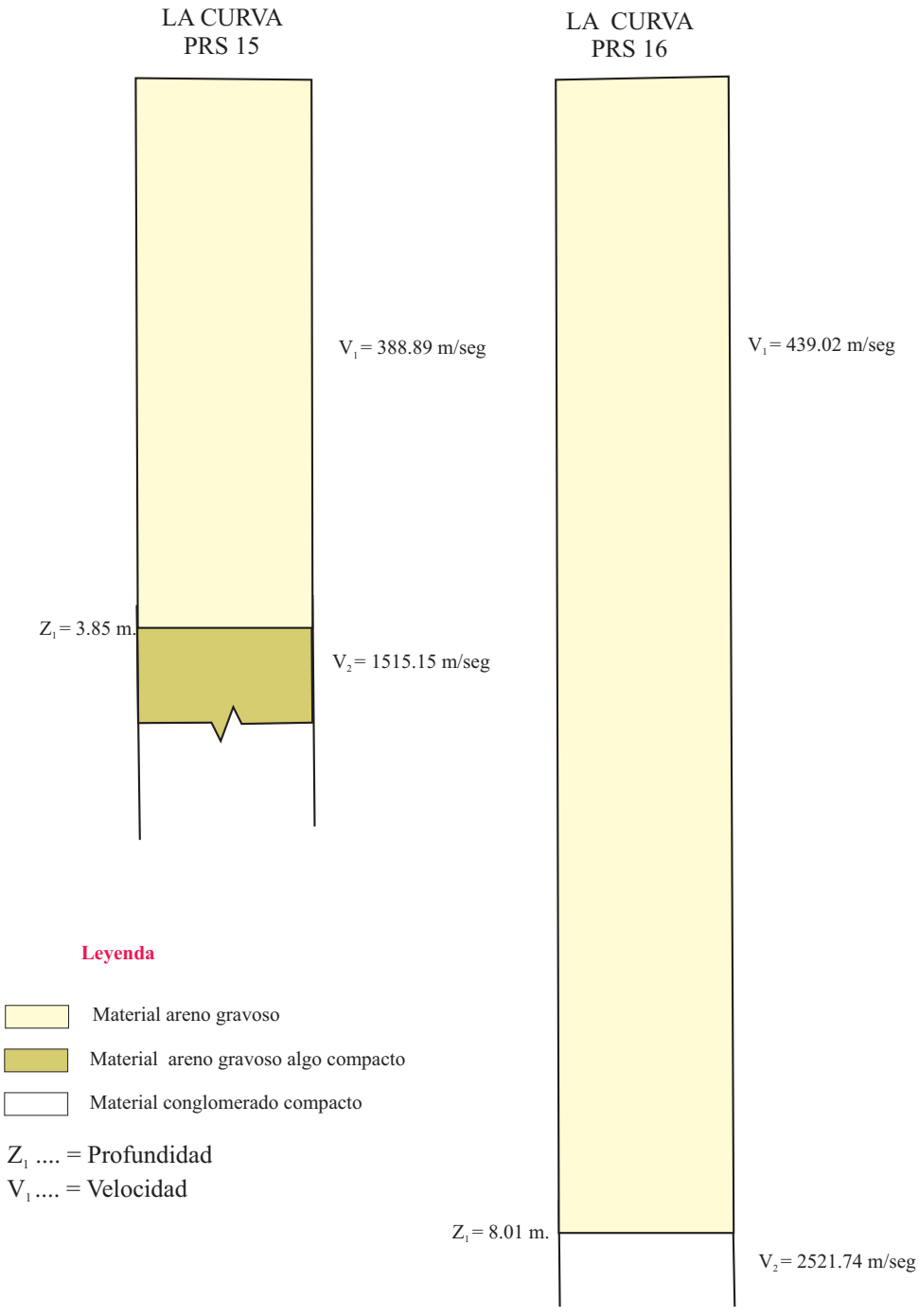
- Material areno gravoso
- Material areno gravoso pero algo más compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

COLUMNA SISMICA
CATAS

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 5



Leyenda

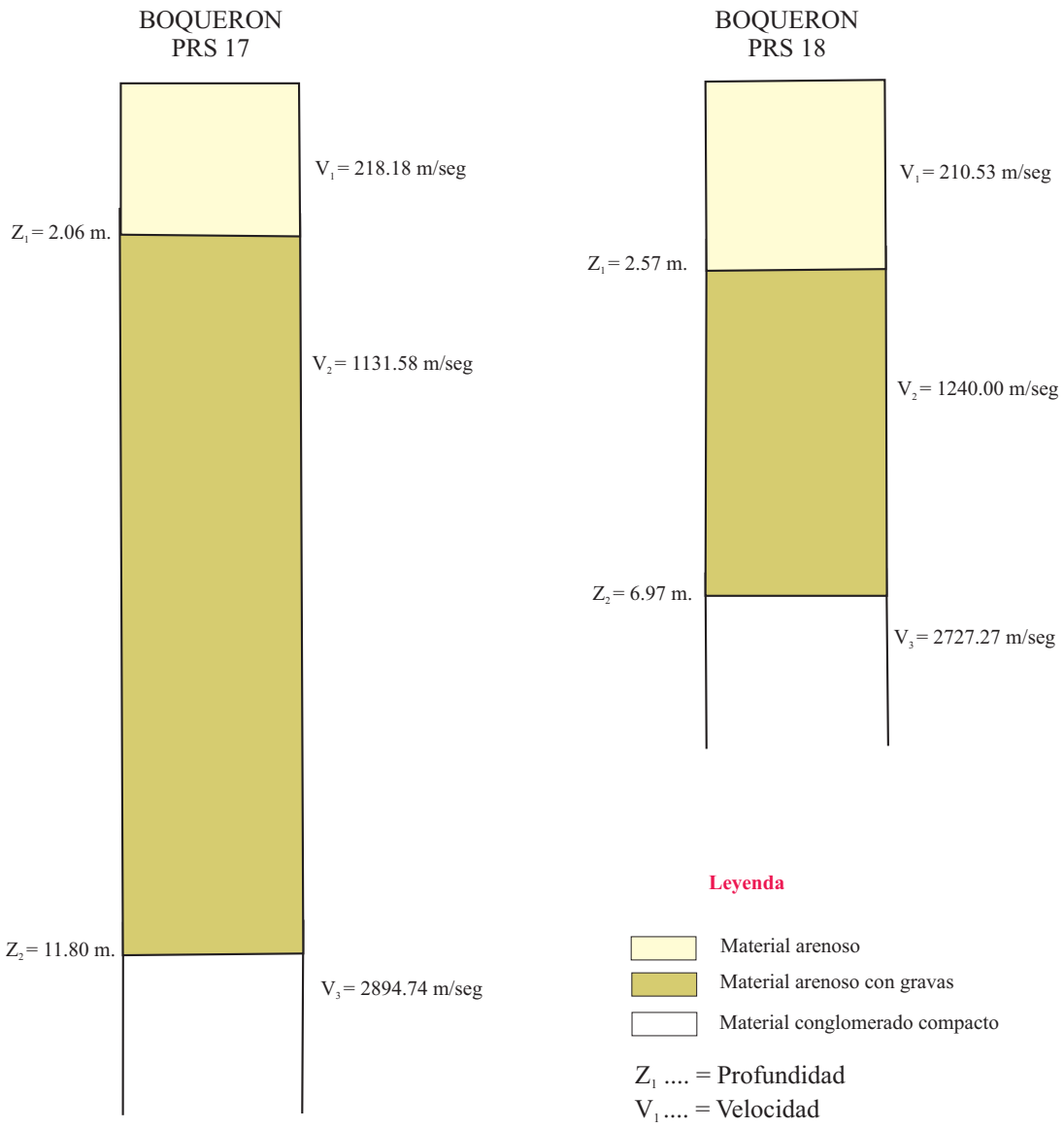
- Material areno gravoso
- Material areno gravoso algo compacto
- Material conglomerado compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

COLUMNA SISMICA
LA CURVA

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

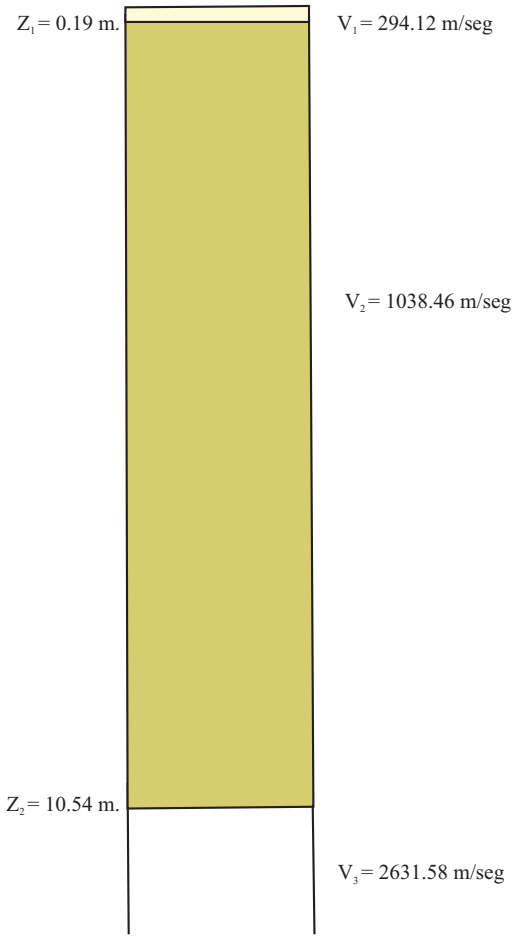
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA SISMICA
EL BOQUERON

Fecha: setiembre, 2001	Fig. Nº 7

EL ARENAL
PRS 19

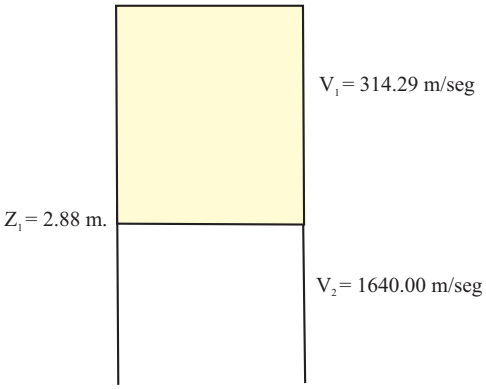


Leyenda
EL ARENAL 19

- Material arenoso
- Material areno gravoso no muy compacto
- Conglomerado compacto

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

EL ARENAL
PRS 20



Leyenda
EL ARENAL 20

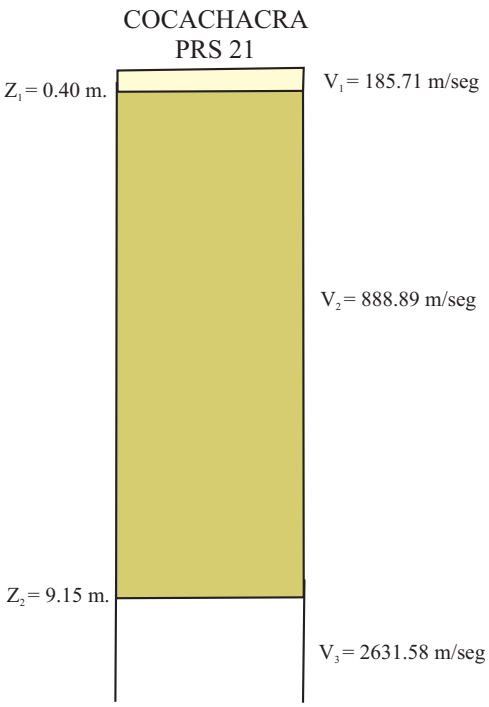
- Material areno limoso, tierra de cultivo
- Material areno gravoso no muy compacto

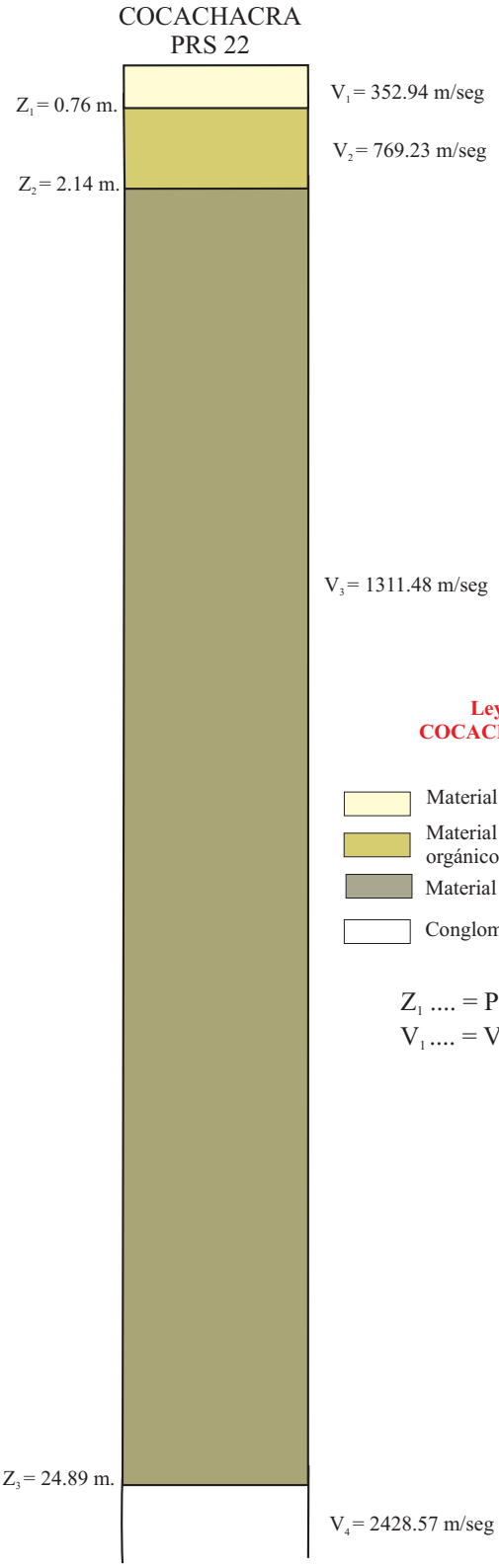
Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

COLUMNA SISMICA
EL ARENAL

Fecha: setiembre, 2001	Fig. Nº 8





Leyenda
COCACHACRA 21

- Material arenoso
- Material areno gravoso inconsolidado
- Conglomerados compactos

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

Leyenda
COCACHACRA 22

- Material limo arenoso y orgánico
- Material limo arenoso y orgánico algo compacto
- Material areno gravoso algo compacto
- Conglomerados compactos

Z_1 .... = Profundidad
V_1 .... = Velocidad

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

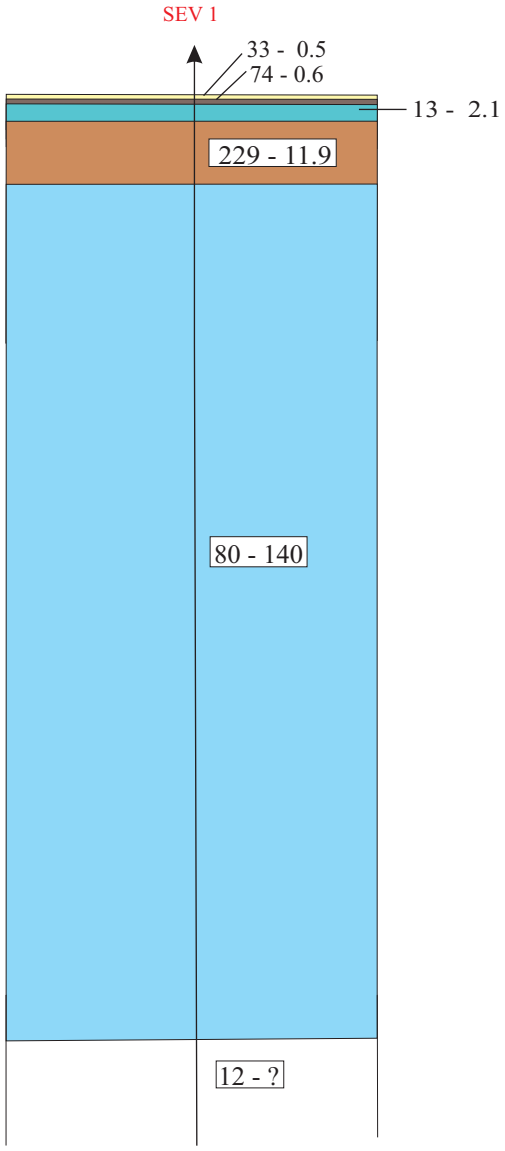
COLUMNA SISMICA
COCACHACRA

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 9

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

1. COLUMNA GEOELECTRICA DE CHUCARAPI
2. COLUMNA GEOELECTRICA DE EL BOQUERON
3. COLUMNA GEOELECTRICA DE LA PAMPILLA
4. PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL DE CATAS, BOMBON, LA PUNTA
5. PERFIL GEOELECTRICO TRANSVERSAL DE LA PUNTA

COLUMNA GEOELECTRICA
CHUCARAPI



LEYENDA

- Materiales orgánicos, limo arenosos con humedad
- Materiales limo arenosos
- Materiales limo arenosos saturados de humedad
- Materiales de origen aluvial
- Materiales de origen aluvial saturados de humedad
- Materiales de origen aluvial saturados de humedad y sales

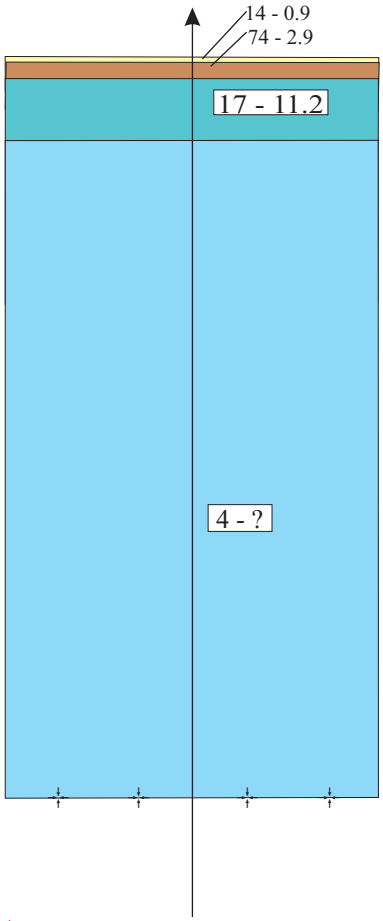
80 - 140
Resistividad Espesor

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

COLUMNA GEOELECTRICA
TRANSVERSAL DE LA PUNTA

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 1

COLUMNA GEOELECTRICA
EL BOQUERON



LEYENDA

- Material orgánico,limo arenoso saturado de humedad
- Material limo arenoso
- Material areno gravoso saturado de humedad
- Material areno gravoso saturado de humedad y sales

17 - 11.2

Resistividad Espesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

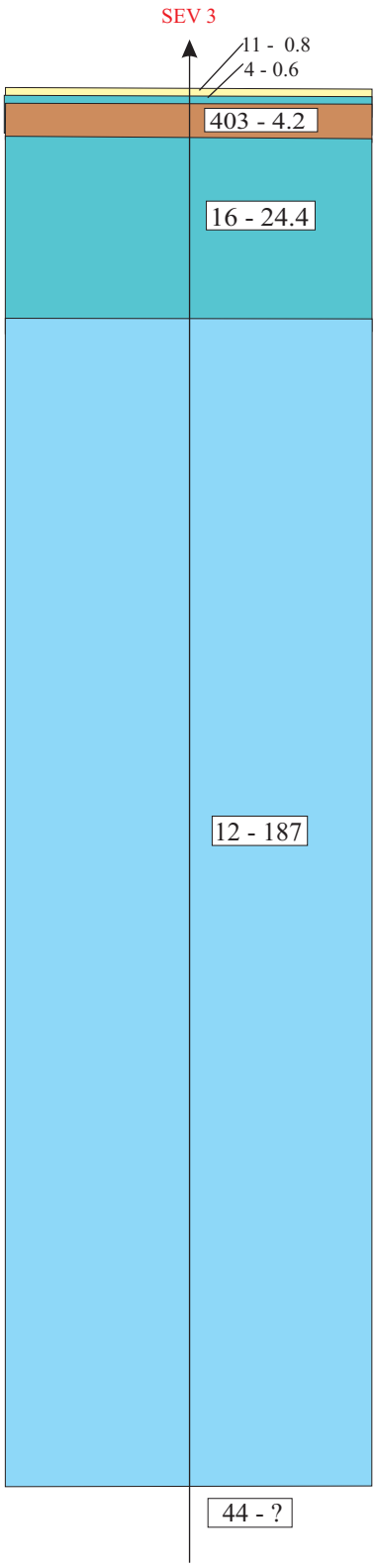
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

COLUMNA GEOELECTRICA
DE EL BOQUERON

Fecha: setiembre, 2001	Fig. Nº 2

COLUMNA GEOELECTRICA
LA PAMPILLA



LEYENDA

- Material orgánico, areno limoso con gravas
- Material areno limoso con gravas saturado de humedad
- Material areno limoso con gravas
- Material de origen deluvia saturado de humedad
- Basamento rocoso fracturado con humedad
- Basamento rocoso consolidado

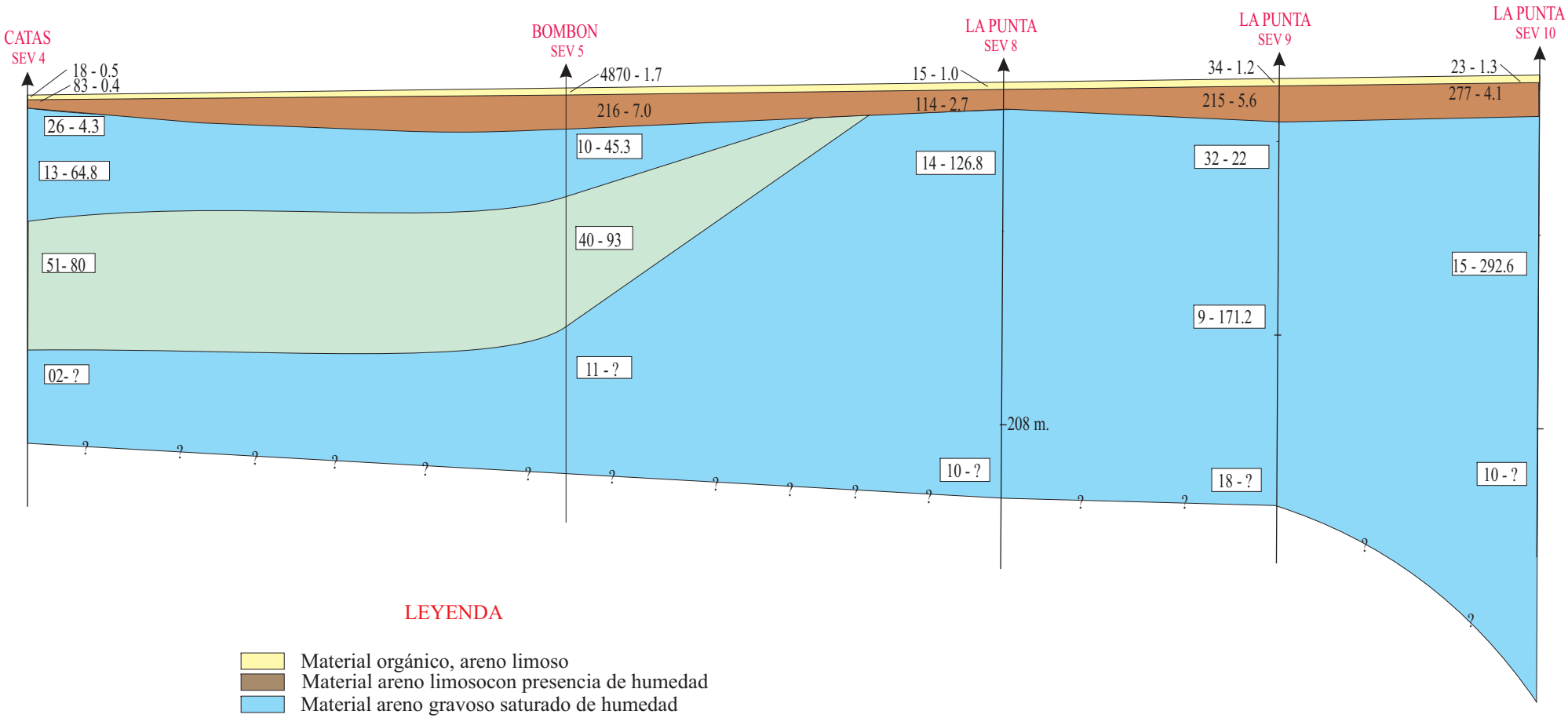
12 - 187
Resistividad Espesor

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

COLUMNA GEOELECTRICA
LA PAMPILLA

Fecha: setiembre, 2001	Fig. Nº 3

PERFIL LONGITUDINAL CATAS - BOMBON - LA PUNTA



LEYENDA

- Material orgánico, areno limoso
- Material areno limosocon presencia de humedad
- Material areno gravoso saturado de humedad
- Material arenoso con diferente granulometría
- Material areno gravoso saturado de humedad y sales

14 - 126.8

Resistividad Espesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

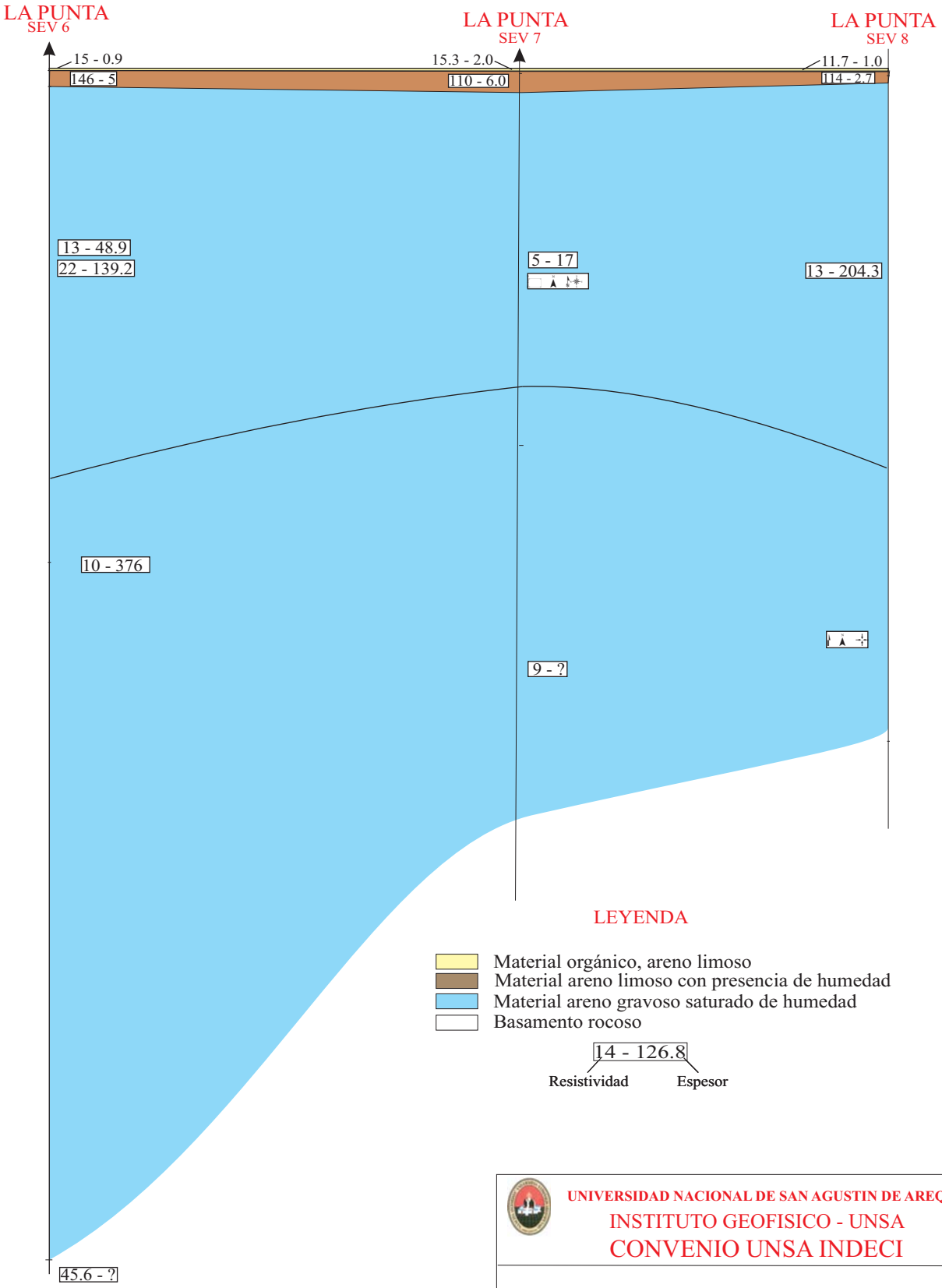
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL
DE CATAS - BOMBON - LA PUNTA

Fecha: setiembre, 2001 | Fig. Nº 4

PERFIL TRANSVERSAL LA PUNTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

PERFIL GEOELECTRICO
TRANSVERSAL DE LA PUNTA

Fecha: setiembre, 2001	Fig. Nº 5

D. PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LOS SUELOS

RESULTADO, PROPIEDADES FISICO MECANICA DE LOS SUELOS

			peso espec. min	peso espec. máx.
MUESTRA	**UBICACIÓN**	**Humedad (%)**	**γ mín.(g/cm³)**	**γ máx (g/cm³)**
M - 1	Catas	4,94		
M - 2	Catas	25,01		
M - 1	La Punta	26,68	1,586	1,712
M - 1	La Punta Cerro El Pino	15,23		
M - 3	La Curva	10,38		
M - 2	El Arenal	10,67	1,42	1,72
M - 1	El Arenal	10,11		
M - 1	Cocachacra	1,33	1,658	1,986
M - 2	cocachacra	1,86		
M - 3	Bombon	5,31	1,41	1,786
M - 2	Chucarapi	28,44	0,995	1,727

				Grav. específica
MUESTRA	**UBICACIÓN**	**γ d (g/cm³)**	**S.U.C.S.**	**Gs**
M - 1	Catas		SP	
M - 2	Catas		SP	
M - 1	La Punta		CL	
M - 1	La Punta Cerro El Pino		ML	
M - 3	La Curva		SP - SM	
M - 2	El Arenal		SP - SM	
M - 1	El Arenal			
M - 1	Cocachacra		SP	
M - 2	cocachacra		SM	
M - 3	Bombon		SW	
M - 2	Chucarapi		ML	2,48

		Límite líquido	Límite plástico	Indice de plasticidad
MUESTRA	**UBICACIÓN**	**L.L. (%)**	**L.P. (%)**	**I.P. (%)**
M - 1	Catas	N.P.	N.P.	N.P.
M - 2	Catas	N.P.	N.P.	N.P.
M - 1	La Punta	33,95	21,21	12,74
M - 1	La Punta Cerro El Pino	44,21	N.P.	N.P.
M - 3	La Curva	N.P.	N.P.	N.P.
M - 2	El Arenal	N.P.	N.P.	N.P.
M - 1	El Arenal	N.P.	N.P.	N.P.
M - 1	Cocachacra	N.P.	N.P.	N.P.
M - 2	cocachacra	N.P.	N.P.	N.P.
M - 3	Bombon	N.P.	N.P.	N.P.
M - 2	Chucarapi	N.P.	N.P.	N.P.

			Angulo de fricción	Capac.portante
MUESTRA	**UBICACIÓN**	**Profundidad (m)**	**ϕ ´**	**qu (kg/cm²)**
M - 1	Catas	0,35		1,5
M - 2	Catas	1,68	36,1	1,8
M - 1	La Punta	0,5		1,5
M - 1	La Punta Cerro El Pino	1,8	37,6	2,5
M - 3	La Curva	1,2	36,2	2,4
M - 2	El Arenal	0,6	36,9	2
M - 1	El Arenal	0,4		1,8
M - 1	Cocachacra	2,7	36,5	2,5
M - 2	cocachacra	2,9		2,8
M - 3	Bombon	0,6		1,5
M - 2	Chucarapi	1,2		1,8

E. RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

MUESTRA	UBICACIÓN	CLORUROS (mg/kg)	SULFATOS (mg/kg)	
M - 1	El Arenal (muestra Estadio)	109474,40	2275,31	

F. VALORES DE CAPACIDAD PORTANTE

VALORES DE CAPACIDAD PORTANTE

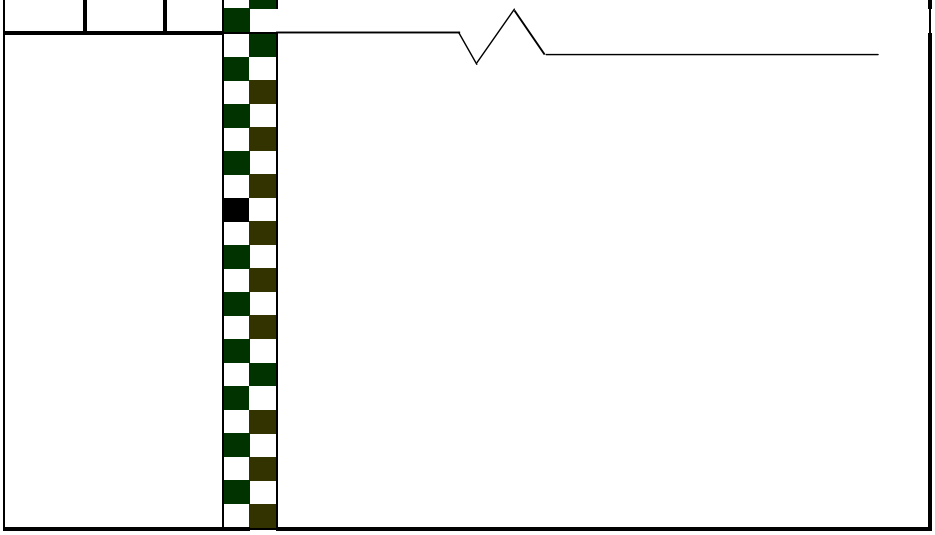
MUESTRA	UBICACIÓN	Profundidad (m)	Capac.portante qu (kg/cm²)
M - 1	Catas	0,35	1,5
M - 2	Catas	1,68	1,8
M - 1	La Punta	0,5	1,5
M - 1	La Punta Cerro El Pino	1,8	2,5
M - 3	La Curva	1,2	2,4
M - 2	El Arenal	0,6	2
M - 1	El Arenal	0,4	1,8
M - 1	Cocachacra	2,7	2,5
M - 2	cocachacra	2,9	2,8
M - 3	Bombon	0,6	1,5
M - 2	Chucarapi	1,2	1,8

G. COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: CATAS
UBICACIÓN: POZO ARTESIANO
FECHA: 28/07/2001

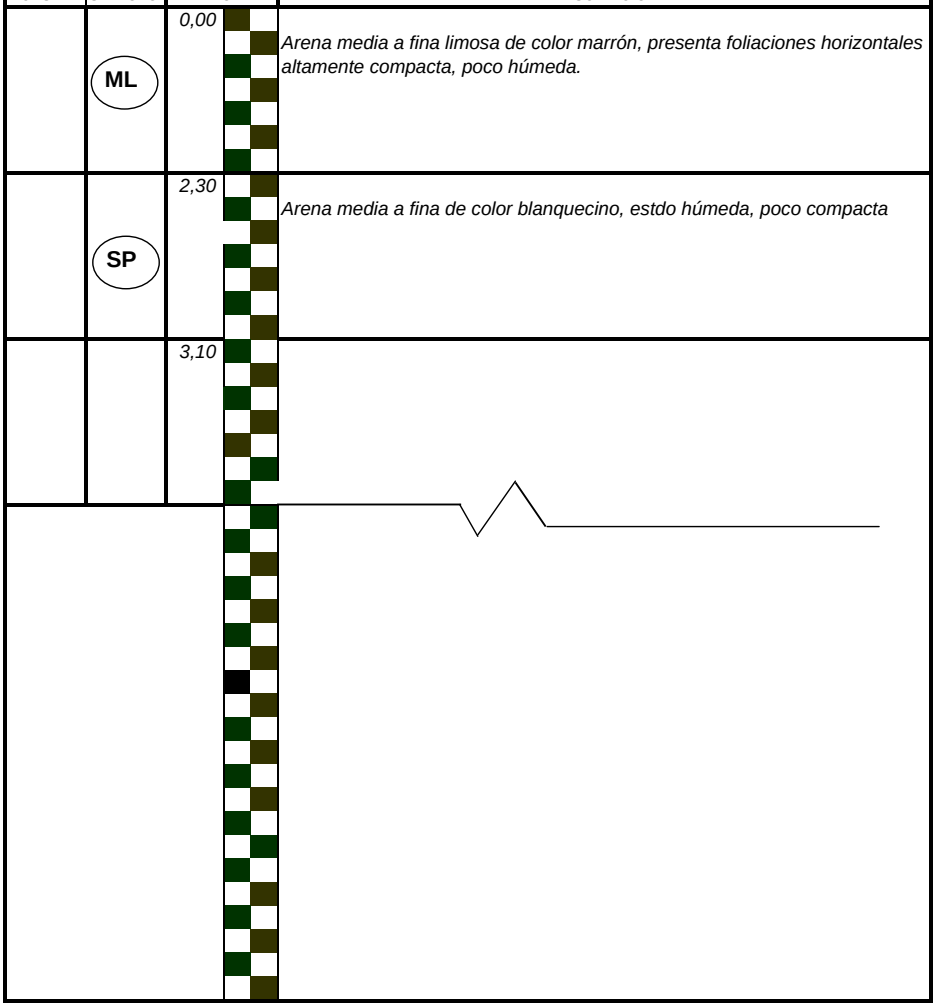
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	SM	*0,00*	*Arena fina con alto contenido orgánico, color marrón, poco húmeda*
	SP	*0,40*	*Arena de color blanquecino, bastante suelta arena tufácea grano redondeado, húmeda por efecto capilaridad*
M-2		*1,03* 1,68	Nivel Freático



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: BOMBON
UBICACIÓN: CALLE BOLIVAR
FECHA: 27/07/2001

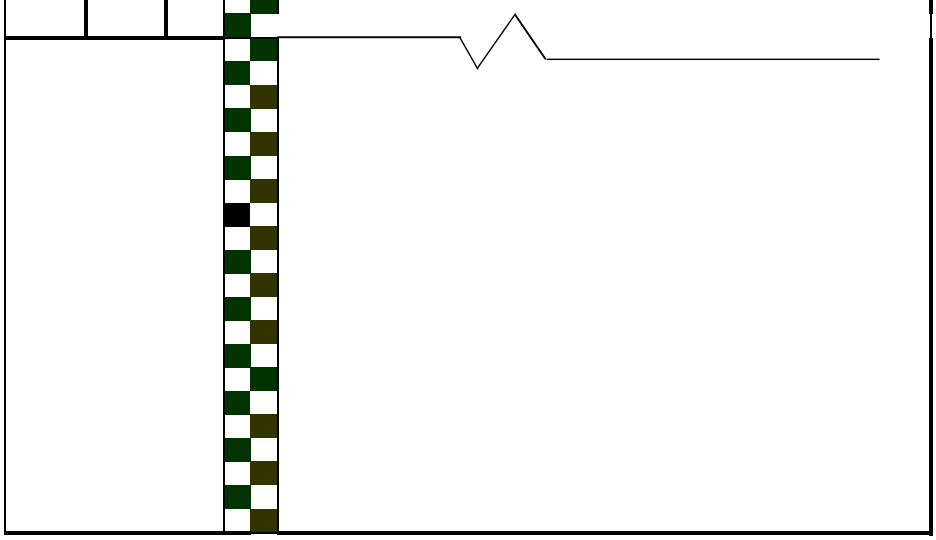
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	ML	*0,00*	*Arena media a fina limosa de color marrón, presenta foliaciones horizontales altamente compacta, poco húmeda.*
	SP	*2,30*	*Arena media a fina de color blanquecino, estdo húmeda, poco compacta*
		3,10	



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: LA PUNTA
UBICACIÓN: ESPALDAS DE COLEGIO INFES
FECHA: 29/07/2001

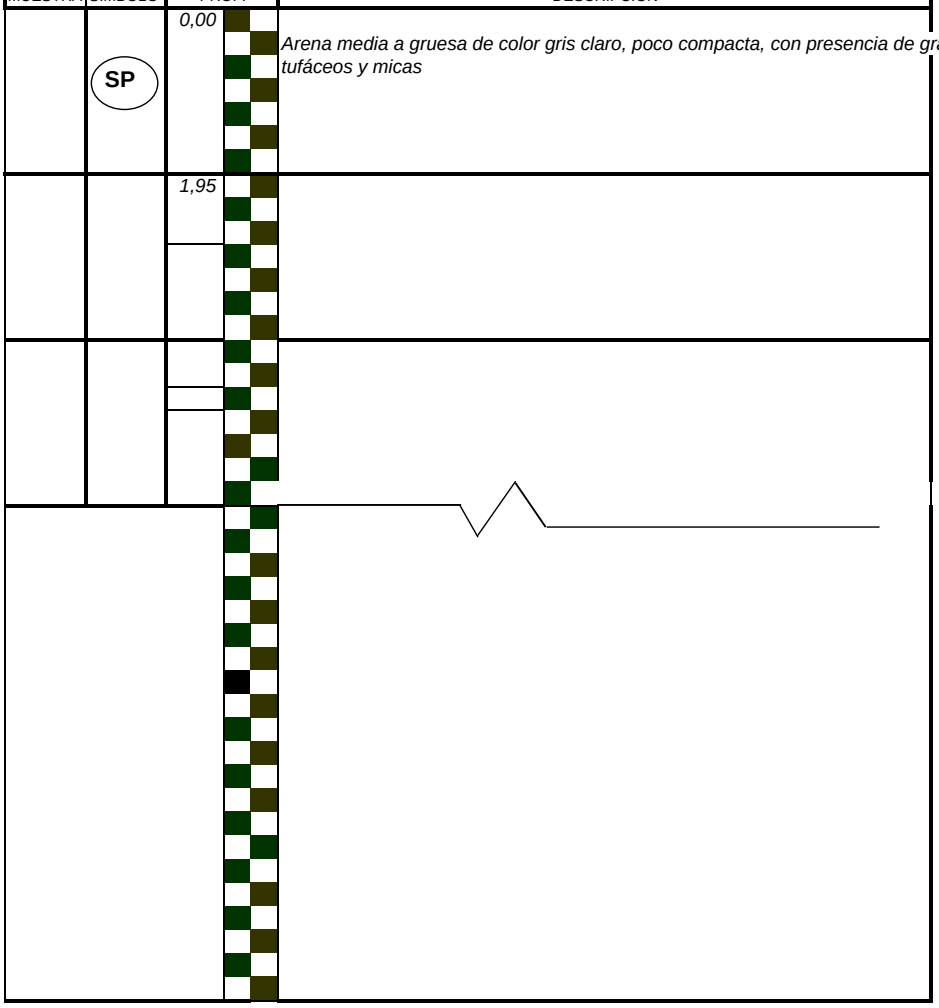
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	SM	*0,00*	*Arena fina de color marrón, húmeda poco compacta, contenido orgánico*
M - 2	**SP-SM**	*1,00* / *1,20*	*Arena media a fina de color gris blanquecino, con presencia de tufos de origen volcánico y micas, poco suelta, mezclada con guijarros de canto rodado.*
		1,50	



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: BOQUERON
UBICACIÓN: CALLE PRINCIPAL DE INGRESO
FECHA: 29/07/2001

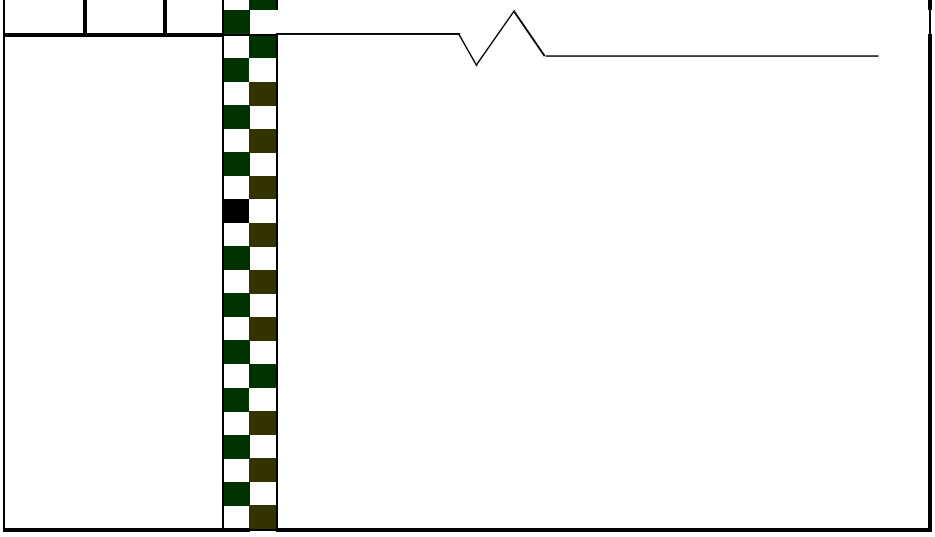
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	SP	*0,00*	*Arena media a gruesa de color gris claro, poco compacta, con presencia de granos tufáceos y micas*
		1,95	



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: LA CURVA
UBICACIÓN: SECTOR CENTRAL
FECHA: 30/07/2001

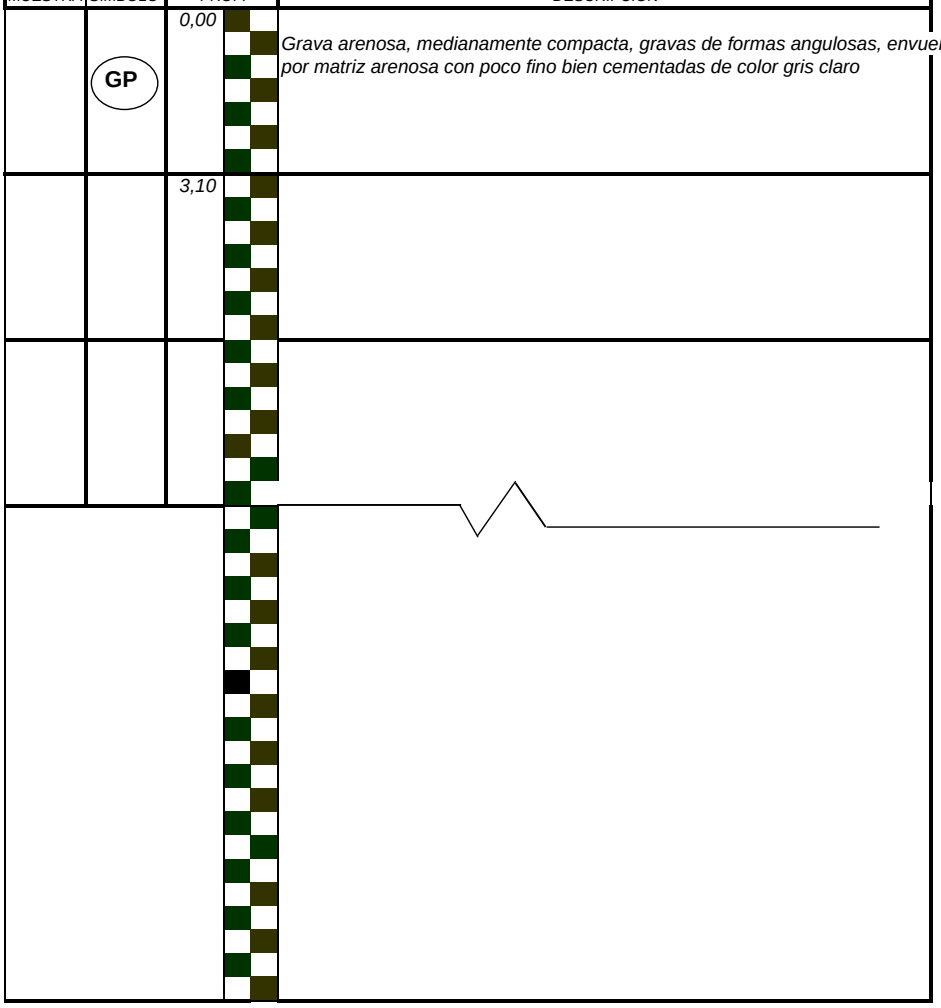
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	SP	*0,00*	*Arena fina de color rosáceo, suelta con presencia de material orgánico*
	SM	*0,30*	*Arena media a gruesa, color blanquecino, poco húmeda*
		1,50	



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

LOCALIDAD: COCACHACRA
UBICACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO
FECHA: 31/07/2001

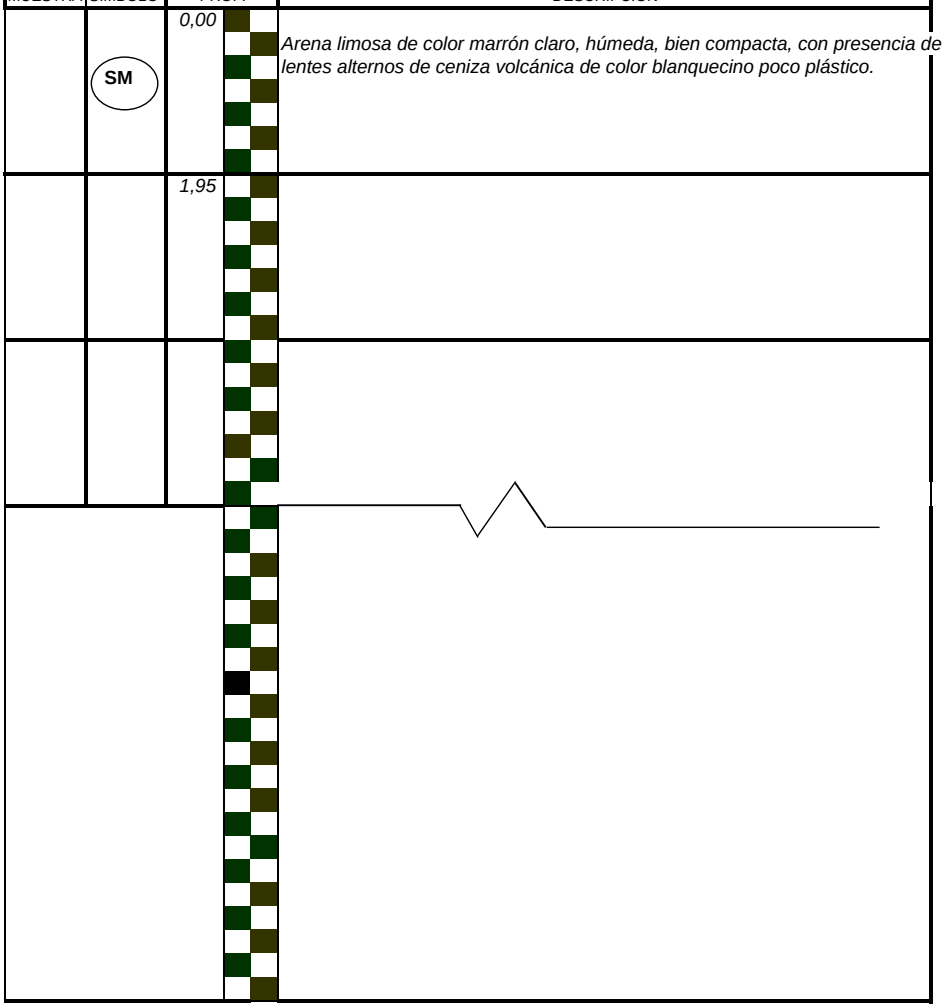
MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	GP	*0,00*	*Grava arenosa, medianamente compacta, gravas de formas angulosas, envueltas por matriz arenosa con poco fino bien cementadas de color gris claro*
		3,10	



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

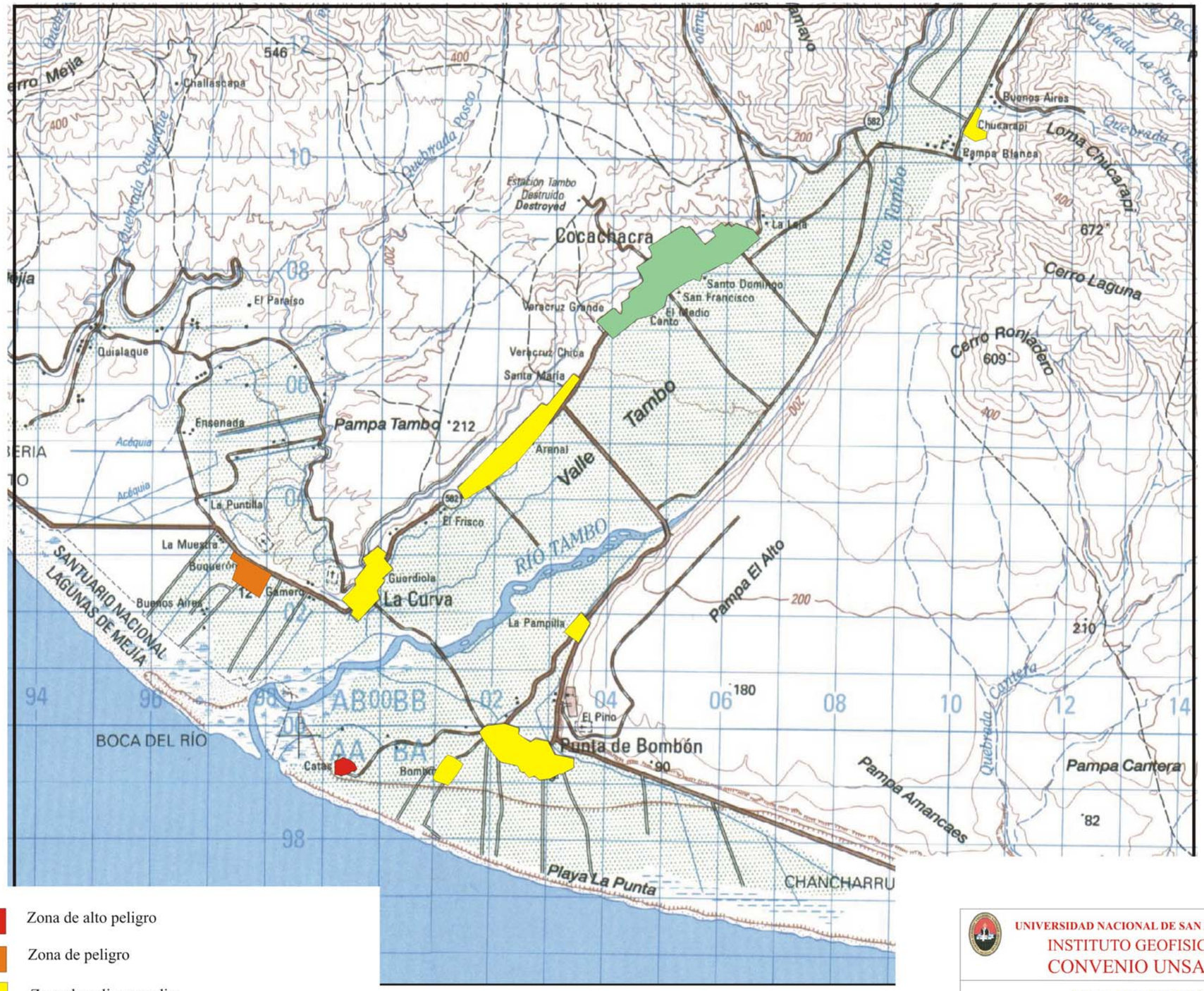
LOCALIDAD: CHUCARAPI
UBICACIÓN: FRENTE A ESTACION METEROLOGICA
FECHA: 02/08/2001

MUESTRA	SIMBOLO	PROF.	DESCRIPCION
	SM	*0,00*	*Arena limosa de color marrón claro, húmeda, bien compacta, con presencia de lentes alternos de ceniza volcánica de color blanquecino poco plástico.*
		1,95	



H. LISTA DE PLANOS

1. Ubicación de Prospección Geofísica y Estudio Geotécnico
2. Plano de Inundación en caso de Tsunami en el Valle de Tambo
3. Mapa de Alto Peligro, por desborde del Río Tambo
4. Mapa de Peligro por Calidad de Suelos
5. Mapa Geotécnico



Zona de alto peligro

Zona de peligro

Zona de peligro medio

Zona de peligro bajo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

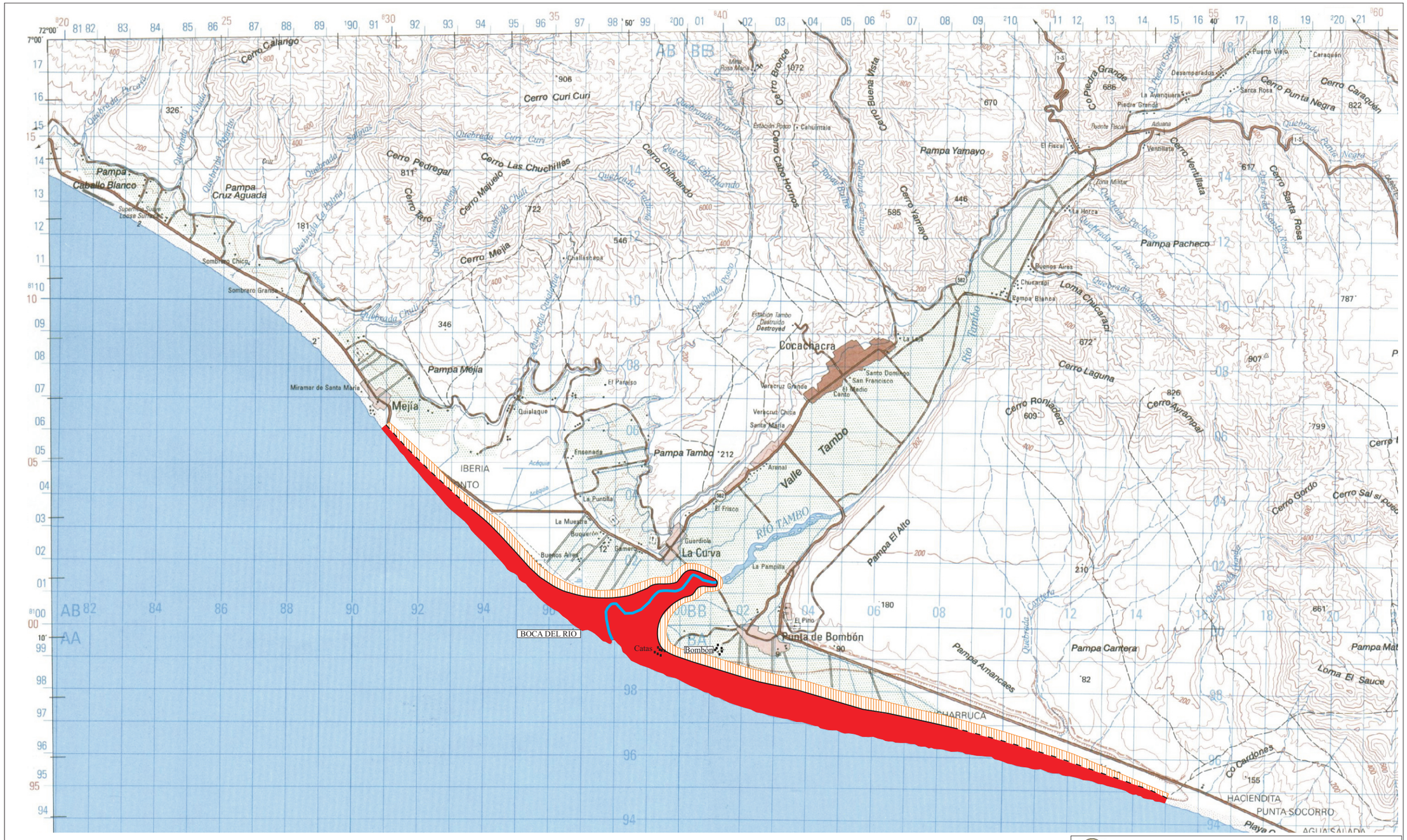
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

MAPA DE PELIGRO POR CALIDAD DE SUELOS

Fecha: setiembre, 2001

Plano Nº 4



Zonas de alta peligrosidad

Zonas de peligrosidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

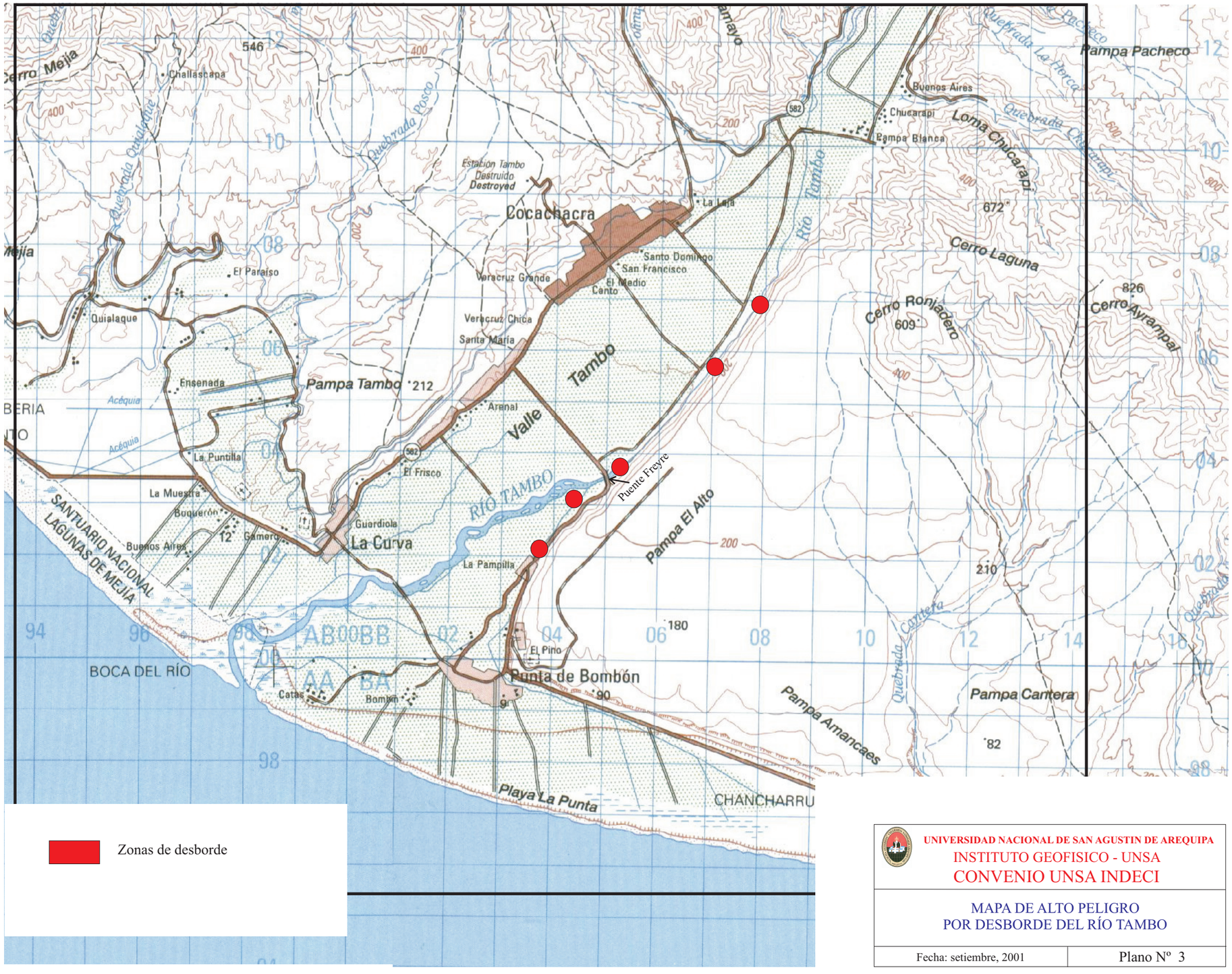
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

PLANO DE INUNDACIÓN EN CASO DE TSUNAMI EN EL VALLE DE TAMBO

Fecha: setiembre, 2001

Plano Nº 2

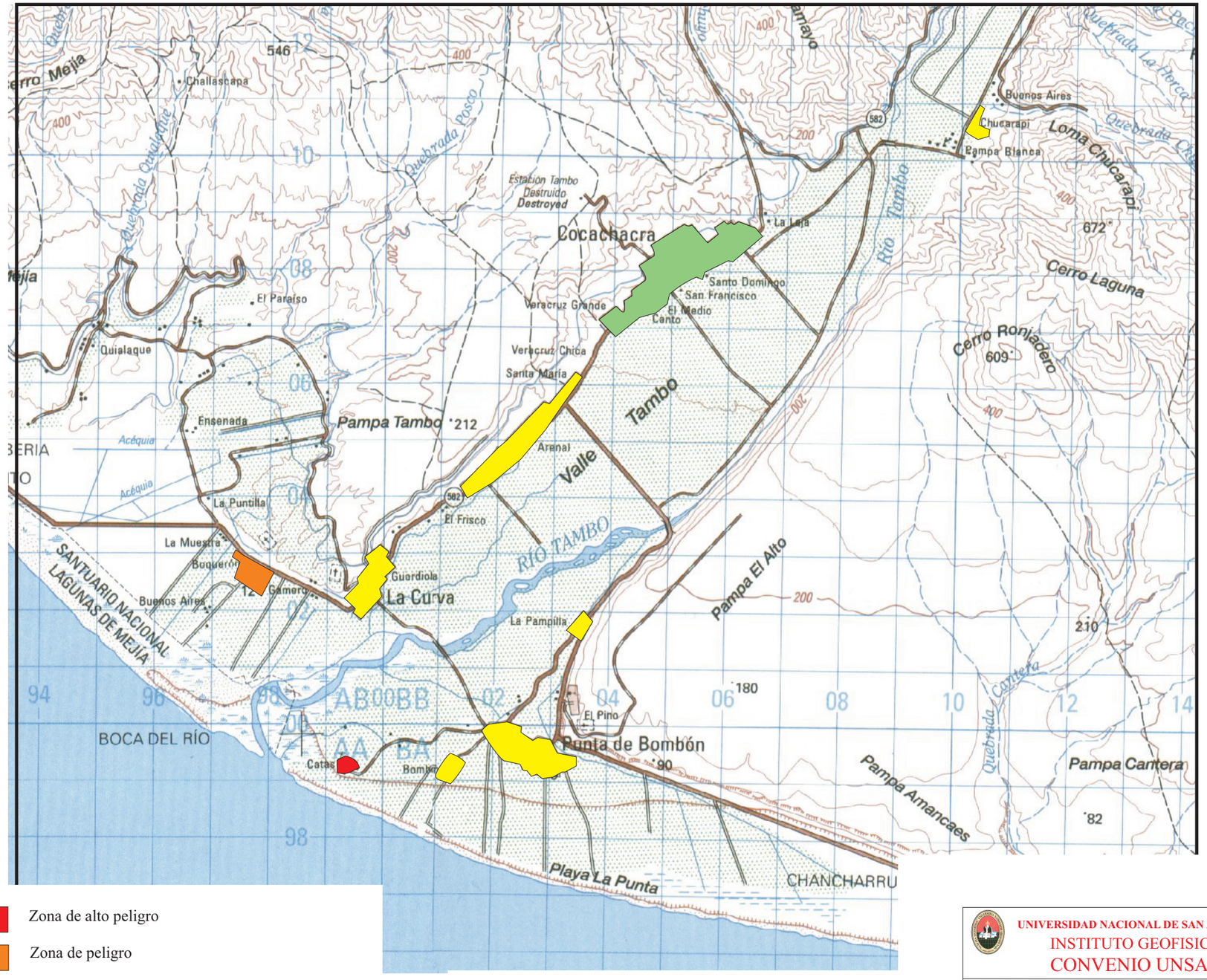


Zonas de desborde

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

MAPA DE ALTO PELIGRO
POR DESBORDE DEL RÍO TAMBO

Fecha: setiembre, 2001	Plano Nº 3



Zona de alto peligro

Zona de peligro

Zona de peligro medio

Zona de peligro bajo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

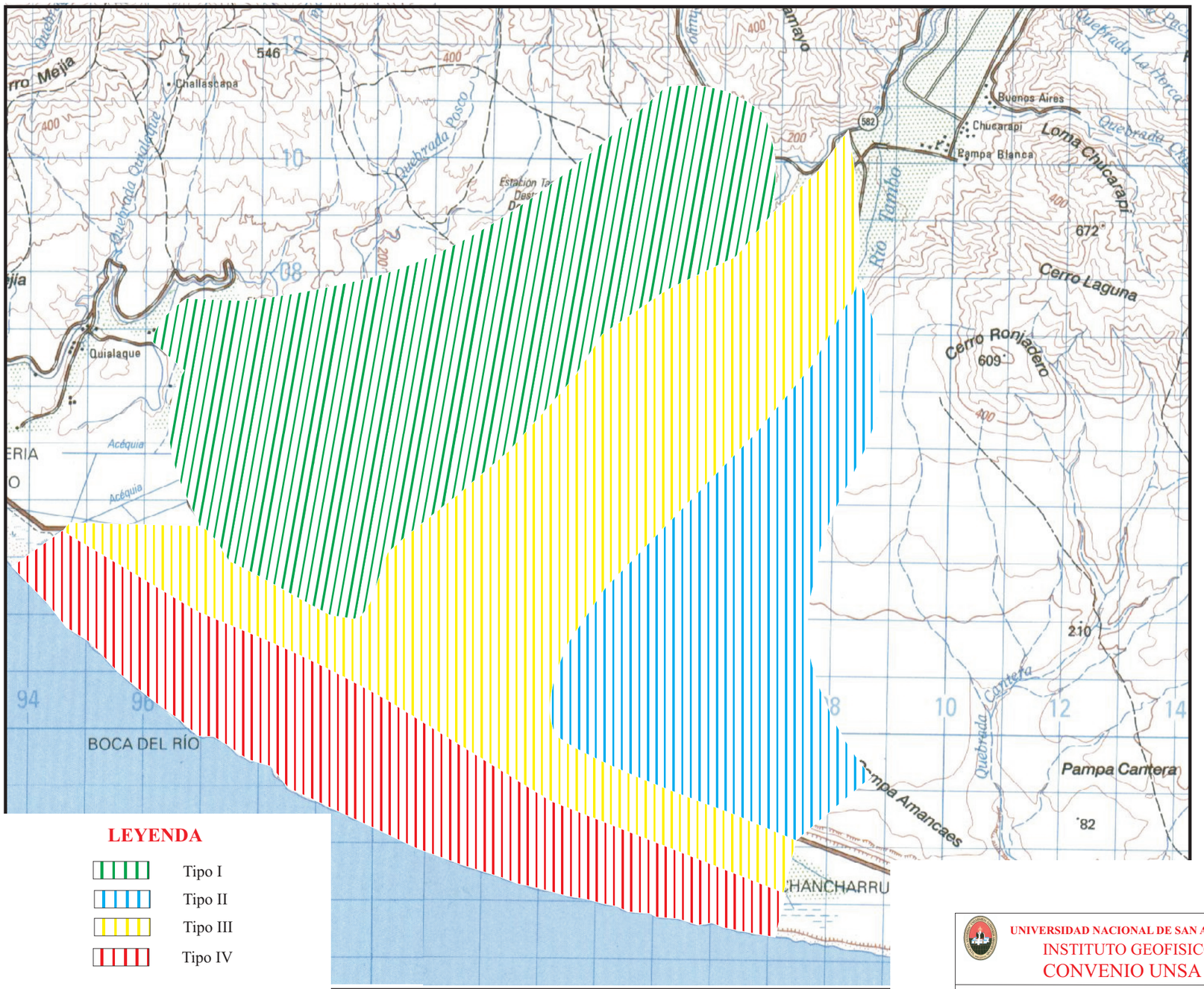
INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

MAPA DE PELIGRO POR CALIDAD DE SUELOS

Fecha: setiembre, 2001

Plano Nº 4



LEYENDA

- Tipo I
- Tipo II
- Tipo III
- Tipo IV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

INSTITUTO GEOFISICO - UNSA

CONVENIO UNSA INDECI

MAPA GEOTECNICO

Fecha: setiembre, 2001	Plano Nº 5