

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL SISMO DEL 16 - 02 - 79  
EN APLAO, HUANCARQUI Y CORIRE**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**OSWALDO ABRAHAM TOVAR RIVERA**

**LIMA - PERU - 1981**

"A MI MADRE"

### A G R A D E C I M I E N T O .

Tengo que expresar mi agradecimiento al Ingeniero Julio KUROIWA HORIUCHI que con su valiosa enseñanza y consejo ha hecho posible la realización de esta tesis.

De igual manera a los Ingenieros: Antonio MENDOZA, Percy GONZALES, Mauro MARQUINA y al Arquitecto Wilfredo ANDRADE; Directores del Ministerio de Vivienda y Construcción - ORDEAREQUIPA.

Al laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por las facilidades prestadas para realizar el análisis de los suelos.

Y de una manera muy especial a mis compañeros de grupo por su entusiasmo y colaboraciones brindadas.

OSWALDO TOVAR RIVERA

## TABLA DE CONTENIDO

### RESUMEN

#### CAPITULO I . INTRODUCCION

#### CAPITULO II ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación y Geografía

2.2 Accesibilidad y Vías de Comunicación

2.3 Geografía, Clima y Vegetación

2.4 Situación Socio - Económico

CONCLUSIONES

#### CAPITULO III SINTESIS DE LA ZONA

3.1 Generalidades

3.2 Historia geológica de la zona

3.3 Características de sismo del 16.02.79

CONCLUSIONES

#### CAPITULO IV GEOLOGIA DE LA ZONA

4.1 Proceso geológico de la zona

4.2 Geología de la zona en estudio

4.3 Geología local de la zona

CONCLUSIONES

#### CAPITULO V .- CARACTERISTICAS Y TIPOS DE SUELO DE LA ZONA

5.1 Introducción

5.2 Metodología

5.3 Análisis de los suelos de la zona

5.4 Capacidad de carga de los suelos encontrados

5.5 Zonificación de los suelos

CONCLUSIONES

#### CAPITULO VI .- EVALUACION DE LOS DAÑOS

6.1 Introducción

6.2 Comportamiento sísmico de las viviendas

6.3 Análisis de los daños en las viviendas de adobe

CONCLUSIONES

#### CAPITULO VII .- ZONIFICACION DE LAS CIUDADES ESTUDIADAS

7.1 Generalidades

7.2 Distribución de daños

7.3 Zonificación de las ciudades en estudio

7.4 Viviendas económicas para la zona

CONCLUSIONES

#### CAPITULO VIII .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### BIBLIOGRAFIA

#### ANEXOS



## R E S U M E N

La zona en estudio comprendió a las ciudades de Aplao, Huancarqui y Corire de la Provincia de Castilla. Estas se encuentran ubicadas a 180 Km. al Noroeste de la ciudad de Arequipa, unidas por una carretera asfaltada que se inicia en el Km. 905.6 de la carretera Panamericana Sur , siendo estas importantes por su agricultura y comercio.

Las ciudades antedichas se encuentran en una zona de gran actividad sísmica debiéndose a la profunda estructura denominada fallamiento de San Agustín; a la extensión de la placa Oceánica infradeslizante; la que constituye características común para casi todo el borde Occidental Sur Americano y a estructuras menores que existen en o cerca de la superficie, principalmente fracturas que se distribuyen de Oeste a Este, desde delante de la fosa hasta detras de la cadena andina.

Las características del sismo ocurrido el 16 de febrero de 1979 en el Departamento de Arequipa son las siguientes:

IA (UTC)	16 de febrero de 1979
TIEMPO ORIGEN	05 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 53.4 seg.
COORD NADAS GEOGRAFICAS	16.39 Lat. S
	72.658 Long. W
PROFUNDIDAD	53 Km.
MA T D G.S.	Mb = 6.2
	Ms = 6.9

En épocas pasadas la zona en estudio fue una gran zona de sedimentación (edad Cretácica Superior). Luego de la deposición y seguramente en sucesos intimamente liga

dos al levantamiento cordillerano andino del terciario, la serie fue levantada con la consiguiente fracturación y perturbación de los estratos, en esta época hay gran actividad volcanica, a la vez ni en la Cordillera Occidental ni en la amplia hoya que quedo entre ella y la cordillera de la Costa hubo deposición Marina. En este amplio valle es donde tiene lugar la deposición de la formación Moquegua, deposición que tuvo lugar en ciertas condiciones ambientales de especial humedad y con material proveniente en gran parte de la cordillera Occidental que se erguia hasta tomar su tamaño actual. Por otra parte, la actividad glaciaria del Pleistoceno habia de dar lugar, junto al levantamiento andino, al nacimiento de los numerosos ríos transversales de la Costa, entre otros sucesos importantes.

En la zona comprendida entre Corire y Aplao afloran las formaciones geológicas del Moquegua Inferior asi como el grupo Yura cuya Litología consistente principalmente de cuarcitas blanco grisaceas, blanco amarillentas grises y rosadas con intercalaciones de lutitas grises y gris oscuras y areniscas blanco grisaceas; las del Moquegua Inferior consiste de areniscas arcósicas, arcillas rojas y conglomerados; la del Moquegua Superior de areniscas blanco grisaceas, de grano medio a fino, con algunas capas de arcilla y conglomerado de cantos chicos.

En Aplao que se encuentra sobre un cono de ~~deyección~~ se encuentra cimentada sobre dos tipos de suelo bien definidos; la parte que se encuentra pegada al cerro es de material gravoso, con clastos angulosos envueltos en una matriz Areno - Limoso de color rosado, seco y poco plástico y la parte baja que se encuentra cerca al río tiene un estrato variable de 1 a 3 metros de material fino arcilloso, debajo del cual existe un estrato de grava redondeada con matriz arenosa .

Huancarqui cimentada sobre la Formación Moquegua Inferior tiene un suelo compuesto por arena limosa pobremente graduada de grano fino, color rosado con poca gravilla, bien seco, es compacto y a medida que se profundiza hay más grava e igual sucede con la humedad, es poco plástica y presenta lentes de yeso.

La Ciudad de Corire se encuentra sobre un terreno de material fino, siendo estas, deposiciones del río Majes; en su primer estrato de 0.50 a 0.90 mts. es de Lino o arcilla, luego viene un estrato areno limoso de color amarillito que se encuentra saturado, no posee gravas y es poco consistente; la parte del estrato que sigue es grava pobremente graduada con gravas redondeadas de tamaño variado de 0.5cm a 10cms. con matriz arenosa saturada y con poco porcentaje de finos.

El sismo ocurrido en Arequipa el 16 de febrero de 1,981 ha incidido de diferente manera en las ciudades de Aplao, Huancarqui y Corire; así tenemos que la intensidad en Aplao y Huancarqui fué de 6 en la escala MSK, mientras que en Corire es de 6<sup>+</sup> siendo las distancias que las separan pequeña, de igual manera estas presentan una distribución de daños diferente.

En las ciudades de Aplao y Huancarqui los daños se pueden agrupar en dos zonas bien definidas, una la parte alta, que ha sufrido poco daños y la otra, la parte baja con un daño mayor, existiendo una diferencia con la distribución de daños observada en Corire, la que presenta un mayor daño en toda la ciudad.

El comportamiento de las viviendas ha sido variado, observandose que las viviendas del tipo A (adobe) son las que han sufrido un mayor porcentaje de daños, dependiendo

do esta de su antigüedad, estructuración, etc. Cuando se comparo por zonas estas viviendas, se pudo apreciar la influencia que ejercen las condiciones locales ante una sollicitación sísmica.

Entre las condiciones locales que más han influenciado en la atenuación o amplificación de un movimiento sísmico se puede considerar al tipo de suelo. Así cuando se realizó la evaluación de daños en las viviendas se encontro que las construcciones de Aplao y Huancarqui cimentadas en suelo gravoso, bien seco ( $w = 3\%$ ), compacto con una matriz areno limosa de color rosado provenientes de roca cuarcita y arenisca; han sufrido un daño mucho menor al que muestran las viviendas de Corire y la parte baja de Aplao que poseen suelo fino (Limo - Arcilloso), provenientes de los arrastres y deposiciones del Río Majes, con una napa freatica casi superficial.

Se realizó una comparación entre el comportamiento de viviendas construidas con quincha y adobe, en la ciudad de Corire; comprobandose el buen comportamiento de la quincha, ya que de las viviendas evaluadas solo un porcentaje pequeño ha sido dañado: lo que no sucedio con las de adobe, que el 44% sufrio daño 3 en la escala MSK.

Cuando se gráfico las características de los suelos con los daños se pudo apreciar que cuanto mayor es la densidad de un suelo granular menor ha sido el daño de las viviendas. De igual manera se obtuvo que los suelos al tener una napa freatica alta presentan una amplificación sísmica.

Las apreciaciones anteriormente expuestas nos plantea la necesidad de realizar antes de efectuar un planeamiento urbano, un estudio de las condiciones locales y en forma especifica sobre la Geología local y características de suelo; buscando para esto, metodos sencillos y eco\_

nomicos para poder ser realizados en ciudades pequeñas como las estudiadas en la zona.

En la ciudad de Aplao al realizar su plano Regulador, no ha sido tomado en cuenta estas condiciones locales, encontrandose un crecimiento de la ciudad hacia zonas de cultivo, la que ha sufrido amplificación sísmica; considerandose más apropiado un crecimiento bordeando el cerro ó siguiendo la carretera que lo une a Corire. En Corire que presenta un suelo con nivel freatico alto se recomienda ; colocar a la industria ligera en partes más alejados al río ya que al alejarse del Río Majes la napa freatica se hace más profunda.

Igualmente se pudo constatar como las viviendas de adobe cimentadas sobre suelo seco, compacto no llegan a sufrir mucho daño y que las de quincha tienen un excelente comportamiento sísmico; recomendandose como viviendas económicas para la zona viviendas de adobe para las ciudades de Aplao y Huancarqui, y de quincha para Corire.

## C A P I T U L O   I

### INTRODUCCION

El Perú se encuentra situado en una zona de gran actividad sísmica por lo que cada cierto tiempo nuestro país es sacudido por un movimiento sísmico de fuerte intensidad y que causan daños materiales de gran consideración haciendose necesario hacer esfuerzos para poder atenuarlos.

Siendo nuestros país de escasos recursos económicos existe una tendencia a las concentraciones humanas en las ciudades y cuando se presenta uno de estos movimientos sísmicos golpea fuertemente a la economía del país sobre todo a las personas con menores recursos económicos, teniendose que gastar ingentes cantidades de dinero en reparar lo dañado, dejandose de invertir en proyectos de gran interés nacional, que tanta falta hace a nuestro pueblo.

Hasta el momento no es posible aun predecir

con exactitud los terremotos en lo que al momento, el lugar y la intensidad de los mismos atañe; lo que se realiza para poder atenuar estos daños es la de realizar una microzonificación de las ciudades, en la cual se señalan que partes de estas van a sufrir mayores estragos, ya sea por su suelo, nivel freático, etc; es en esta forma como se puede disminuir los estragos que pudieran ocasionar los movimientos sísmicos.

Conocedores de nuestra realidad y con ansias de buscar un método práctico de poco costo para poder realizar una microzonificación sísmica y contando con la Dirección del Ingeniero Julio Kuroiwa Horiuchi, emprendimos esta tarea 5 Bachilleres recién Egresados de la Universidad Nacional de Ingeniería; los que por el lapso, de un año realizamos trabajo de campo en las ciudades de , Camana, Chuquibamba, Pampacolca, Aplao, Huancarqui, Corire y Arequipa; unas veces tomando datos de evaluación de daños, otras haciendo nuestras propias escabaciones ya que no contabamos con medios económicos para contratar personas que se encargaran de esto, ni lampas, las que teníamos que agenciarnos para poder conseguirlas. Para el análisis de las muestras halladas en el campo utilizamos los laboratorios del Ministerio de Transporte y Comunicaciones en la ciudad de Arequipa y el laboratorio de Macánica de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta es una de cinco tesis realizadas con el fin de analizar el sismo del 16 de febrero de 1,979 en Arequipa; en esta se ha incidido en estudiar las condiciones locales de las ciudades de Aplao, Corire y Huancarqui, buscando un método práctico y sencillo para realizar una microzonificación; sabemos que para realizar esto se hace necesario métodos más sofisticados como los de Dinámica de suelos, geodinámica, etc; pero no podemos quedarnos, inertes ante la realidad de como crecen las pequeñas ciudada

des ( Aplao, Corire y Huancarqui ) que no contando con capacidad económica para pagar estos estudios, tengan que crecer a la deriva, invadiendo incluso tierras de cultivo, ó lugares inapropiados para vivienda.

Consideramos que los estudios realizados, así como la metodología, puede ser usada para realizar zonificaciones en ciudades pequeñas que no poseen recursos económicos para realizar estudios más sofisticados y de mayor costo; así como para un estudio preliminar en ciudades de mayor embergadura.



## C A P I T U L O    II

### ASPECTOS GENERALES

En el valle del Río Majes las ciudades más importantes son Aplao, Corire y Huancarqui; la importancia , de estos estriba en que son centros comerciales para las partes altas del valle, así como por su agricultura.

#### 3.1 UBICACION Y DEMOGRAFIA

La zona en estudio se encuentra delimitada por los meridianos  $72^{\circ} 20'$  y  $72^{\circ} 30'$  de Long. W de G; los paralelos  $16^{\circ} 00'$  y  $16^{\circ} 20'$  de Latitud Sur que encierran , una superficie en la cual se encuentran ubicadas políticamente los Distritos de Aplao, Corire y Huancarqui siendo estas, las ciudades de mayor importancia de la provincia , de Castilla, Departamento de Arequipa.

El ritmo de crecimiento de la población adquie\_

rio un mayor vigor durante el período 1940\_1961, con una tasa promedio anual de 2.5%, mientras que para el período, 1961\_1972, la tasa anual disminuye para situarse alrededor de 2%, las diferencias en la Dinámica de crecimiento para ambos períodos se explica aparentemente por la existencia, de un saldo migratorio negativo durante el período 1961 \_ 1972, cuyo principal motivo radica en la escasez de fuentes de trabajo en la zona de estudios.

	POBLACION 1961			POBLACION 1972			<u>Pob.</u>
	<u>URBANA</u>	<u>RURAL</u>	<u>TOTAL</u>	<u>URBANA</u>	<u>RURAL</u>	<u>TOTAL</u>	<u>TOTAL</u>
							<u>1980</u>
CORIRE	1080	2008	3008	1078	3048	4126	4298
HUANCARQUI	1239	1216	2455	857	533	1390	1659
APLAO	1316	2991	4307	1561	3820	5381	6430

### A P L A O

Es la capital de la provincia de Castilla. Se halla ubicada aproximadamente a 180 Kilómetros al Nor Oes te de la ciudad de Arequipa, sobre la margen derecha del río Majes.

La carretera que atraviesa la localidad constituye su calle principal.

Las viviendas están ejecutadas con material noble y con adobe; su principal actividad es la agricultura; cuenta con servicios de alojamiento, electricidad oficina de correos, etc.

## C O R I R E

Es la capital del Distrito de Uraca, provincia de Castilla; se encuentra situada a 160 kilómetros al Nor Oeste de la ciudad de Arequipa. Las viviendas estan consti tuidas con caña brava, adobe y ladrillo.

Su principal actividad es la agricultura. Entre los servicios ofrecidos a sus pobladores, figura el puesto de la Guardia Civil, Mercado, Concejo Distrital, Oficina de Correos; cuenta con servicios de agua y electricidad.

## H U A N C A R Q U I

Se encuentra ubicada a 4 kilómetros al Este de Aplao; su principal actividad económica es la agricultura, y sus viviendas son construidas con adobe y calaminas. Sólo cuenta con servicios de Correos, no tiene conexiones de agua ni de electricidad.

## 2.2 ACCESIBILIDAD Y VIAS DE COMUNICACION

La zona es de fácil accesibilidad, principalme nte por la carretera que une la ciudad de Arequipa con A\_ plao. Está carretera se inicia a la altura del kilómetro, 905.6 de la carretera Panamericana Sur y hasta cerca del km. 22 se desarrolla a través de la extensa Pampa de Ma\_ jes; en este sector a la altura del km. 8, existe un Pu\_ ente de concreto armado de 10m. de luz sobre la quebrada , de molles. La carretera continua a media ladera por la margen izquierda del río Majes hasta llegar al KM. 37.5 ( Punta Colorada ) punto en el cual cruza este río median\_ te un puente de estructura metálica de 6 tramos y 300 metros de longitud total. Su tablero es de concreto ar\_ mado, de 3.5 metros de ancho, los estribos de concreto ci

clopeo, los 5 pilares intermedios de concreto armado y tiene capacidad de soporte de solo 15 toneladas todo es este tramo se encuentra asfaltado y es de un ancho de 6.00 metros.

A continuación, la carretera está ubicada en el sector de Majes; cruza inicialmente el área agrícola y despues, a la altura del Km. 48, se acerca al pie de las estribaciones montañosas recorriendo así el valle hasta , llegar a la población de Acoy ( Km. 69.8 ) habiendo pasado antes por las poblaciones de Corire ( Km. 44.5 ) y Aplao ( Km. 63.5 ) .

El trazó de está carretera es, en lineas generales, de buenas características técnicas, con superficie, de rodadura afirmada y ancho de 6 metros en promedio exceptuando la parte comprendida entre Corire y la hacienda Querulpa Grande ( Km. 51.3 ) ; y de Aplao a Acoy, que son de ancho reducido y de diferentes características técnicas, razón por la cual se les a considerado como trocha , carrozable.

Existe una carretera secundaria que parte de la ciudad de Aplao; es de 37 Km. de Longitud y sirve de acceso a la ciudad de Huancarqui y otras áreas de menor importancia.

Entre Aplao y Huancarqui, la carretera cruza el río Majes por medio de un puente de carácter provisional cruza esta construcción de troncos y a poca elevación, sobre el nivel de las aguas. Este puente es destruido por las crecientes del río, de modo que los interesados en ir de Huancarqui a Aplao y viceversa, en épocas de lluvias, tienen que dar una vuelta por Punta Colorada. Toda la ruta tiene características de trocha carrozable, con anchos que varian entre 3.00 y 4.00 metros, y en su mayor parte ,

se encuentra en estado de conservación.

### 2.3 GEOGRAFIA CLIMA Y VEGETACION

La región estudiada corresponde a lo conocido , como planicie costanera; esta tiene la forma de una planicie interrumpida por elevaciones y quebradas tributarias del valle que aloja al río Majes.

El río Majes a lo largo de su recorrido comunica una variada fisonomía morfológica al valle. Donde el río se abre paso sobre la roca dura, adopta la forma de cañon, y donde el río corre por terrenos menos duros adopta la forma de valle en V con paredes poco empinadas y con extensas llanuras de inundación.

El medio ambiente de esta formación se caracteriza por presentar un clima preárido con temperaturas semicálidas, esto es, con precipitaciones muy reducidas oscilantes entre 8.00 mm. en el valle. Las temperaturas medias son del orden de los 19°C. En este sentido, se puede decir que si bien desde el punto de vista térmico, el área no presenta problemas para la agricultura, en cambio a lo que se refiere a lluvias, la situación es limitada por cuanto la escasez de precipitaciones no permite la actividad agrícola, exigiendo que ésta se realice exclusivamente bajo riego.

En las riberas formadas por el río se desarrolla, una vegetación que en su conjunto toma el nombre de " Monte " constituida por varias especies como; cola de caballo ( *Chloris Equisetum* ) , totora, etc.

Además hay plantas típicas como la *Myrica Pavonina* o " Huacan " utilizado como combustible y en construcciones; la escala *Macrocantha* o " Huarango " , muy amplio

por sus ramas flexibles y resistentes, el sauce y el molle

Otras plantas que abundan son el algarrobo, el " Huilco " . La actividad agrícola se basa principalmente, en el cultivo del algodón, Caña de Azúcar, Vid, Manzana y otros frutales; ultimamente se siembra con relativa abundancia el arroz en las proximidades de Corire. En las aguas del río Majes pulula el Cryhiopa Cementarios o camaron.

## 2.4 SITUACION SOCIOECONOMICA

Para saber la situación económica de las personas que habitan en el valle de Majes tomamos en cuenta algunos indicadores sociales, así tenemos en lo que respecta a la vivienda, en el cuadro que se presenta se puede observar que la densidad va sufriendo un mayor incremento y en los últimos tiempos en forma más acelerada esto nos indica una falta de viviendas en estas ciudades del valle; por otro lado se observa la mala conservación de estas viviendas, así como lo precario y antihigienicas de estas.

### VIVIENDA Y DENSIDADES DE LAS CIUDADES EN ESTUDIO

	A R E A	U R B A N A	
	POBLACION	VI VIENDA	DENSIDAD
CORI RE	1080	227	4.8
HUANCARQUI	1239	226	5.5
APLAO	1316	227	4.8
	A R E A	R U R A L	
	POBLACION	VI VIENDA	DENSIDAD
CORIRE	2008	465	4.3
HUANCARQUI	1216	196	6.2
APLAO	2998	648	4.4

En lo que se refiere a los servicios electricos este es reducido, teniendo centrales térmicas, que sólo , dan una producción de energia electrica destinadas para el consumo urbano y con deficiencias.

En el servicio de agua y desagüe, la ciudad de Huancarqui no posee este servicio; Aplao tiene desagüe , pero agua sólo en determinadas horas del día, este es abastecido mediante la explotación de un pozo entubado que dispone de una bomba de 90 HP; el agua no es potabilizada y el servicio tiene una duración promedió de 3 horas al día.

La eliminación de desagüe de Aplao se efectua mediante una red de colectores de concreto, el que descarga, en una acequia de riego del área agrícola . El sistema de alcantarillado sirve solo a una parte de la población existiendo en unos casos pozos sépticos y, en otros, los desagues son arrojados al campo.

En la localidad de Corire se emplea el abastecimiento de agua el recurso proveniente del río Majes, disponiendo de una planta de tratamiento que mediante el proceso de sedimentación; filtración y clorificación se potabiliza el agua; el agua así patabilizada es elevada medi ante una bomba de 10 HP a un reservorio de concreto de 30 m<sup>3</sup> de capacidad de distribucción.

Los servicios sanitarios del valle de Majes son cubiertos por el Hospital General de Aplao a cargo del área con sede en la Ciudad de Arequipa, hay postas médicas en Corire y Huancarqui. Se puede indicar que los servicios sanitarios son deficientes debido a que la zona a la que deben atender es grande. En la educación hay una relación, de alumnos por aula de 32.7 y de alumnos por profesor de 29.3 lo cual se encuentra dentro del promedio aceptable para impartir una buena Educación.





FIGURA Nº 1



En lo referente a la infraestructura Educativa tienen colegios Secundarios, Primarios; que se dan abasto para la población escolar existente.

En lo que se refiere a su status económico de la población se ha evaluado la población económicamente , activa en las diversas actividades que desarrollan. De esta P.E.A. el 2.2% tiene menos de 14 años de edad y el 94.2% son de edades que fluctúan entre 15\_ 64 años y que viene, a ser el 54.8% de la población.

Las poblaciones del valle de majes van en aumento por ser ciudades en las que comienzan a ser mayor concentración de personas tanto por su incremento en su actividad comercial como en su importancia en el sector agropecuario por la siembra del Arroz.

## CONCLUSIONES

En la figura N<sup>o</sup>1, se aprecia la ubicación de las tres ciudades del valle de Majes, donde se aprecia su fácil accesibilidad e interconexión por medio de la Panamericana Sur con la ciudad de arequipa.

Las ciudades estudiadas estriban su importancia, en el comercio así como la agricultura, siendo poblados , que presentan un incremento rapido de su población.

La situación Socio Económica de estas poblaciones presentan buenas perspectivas, haciendose necesario , una política de incremento de viviendas, como de un plan director que regula el crecimiento de estas ciudades.

### C A P I T U L O    III

#### SISMOLOGIA   DE   LA   ZONA

La zona en estudio que comprende las ciudades de Aplao, Corire y Huancarqui, tiene un historial sísmico amplio, teniéndose registros de estos, desde la época del incanato. Los sísmos en esta región son debidas a las siguientes fuentes: La profunda estructura a la que se ha denominado sistema de fallamiento San Agustín, la misma que en realidad representa una perturbación o modificación de la franja de concentración de focos sísmicos descendiente de la costa hacia el interior del continente; toda la extensión de la placa Oceánica inífradeslizante, lo que constituye características comunes para casi todo el borde Occidental Sur Americano; estructuras menores existentes en o cerca de la superficie, principalmente fracturas, que se distribuyen de Oeste a Este, desde delante de la fosa hasta detrás de la cadena Andina, con mayor profusión en la costa y vertiente Pacífico.

### 3.1 GENERALIDADES

El estudio de las características de los temblores que puedan esperarse, así como los daños que estos causen, son de gran interés para las obras de Ingeniería Civil, tales como diques, represas, viviendas, carreteras, etc.; donde se hace necesario la estimación de las probabilidades de efectos sísmicos destructivos en su desplazamiento, con el fin de realizar diseños estructurales que puedan soportar estos movimientos teluricos.

El 90% de los sismos normales en el mundo han ocurrido a lo largo del borde del Océano Pacífico a lo que se le ha denominado circulo Circum Pacífico. Este circulo se inicia al Sur de Chile y Argentina, continuando por la costa Oeste de América del Sur, del Centro, del Norte y las Aleutinas península de Kamchatka, archipiélago Japones Formosa, archipiélago Indonesio, Nuevas hebridas, Samoa y termina en Nueva Zelandia. El Perú se encuentra encuadrado dentro de esta zona de gran actividad sísmica por lo que se hace necesario el conocimiento y estudio de las características de los sismos.

Existen varias teorías sobre el origen de los terremotos, sín embargo se acepta que un terremoto de origen tectonico se produce cuando las fatigas en alguna parte, dentro de la corteza terrestre se han acumulado hasta exceder la resistencia, provocando la ruptura y formación, de una falla. Puede haber también deslizamientos a lo largo de un plano de falla existente, unos y otros movimientos están destinados a dar a la corteza una nueva posición más estable. El movimiento que así se genera en la falla se propaga a distancia, a travez de la roca, cortas y rapidas desplazamientos; desplazamientos mas extensos y lentos; choques aislados; vibraciones; etc. son las formas mas fracuentes de estos movimientos, según la clase de

fractura de la roca o según la forma de producirse los deslizamientos a lo largo del plano de falla. Varias rupturas sucesivas, en cadena, pueden presentarse con algunas o todas las características antes indicado.

La superposición, la reflexión y refracción, etc. de las ondas producidas por estos movimientos dan carácter arbitrario a los sismograma y acelerograma registrados; las características de los sismos difieren entre si y dependen de diversos factores, variables en tiempo y espacio que pueden asociarse a: MECANISMO GENERADOR DEL TEMBLOR, existen parametros asociados con la fuente de liberación de energía como las características tectónicas de la fuente, cantidad de energía liberada, orientación de la radiación de ondas, esfuerzos estáticos y dinámicos desarrollados en el foco y características geométricas de mecanismo.

TRAYECTORIA DE LAS ONDAS SISMICAS, posición relativa del foco y sitio, geología y geometría de los estratos, continuidad del medio ( Presencia de fallas ), comportamiento del suelo ante cargas dinámicas. En ciertos casos un factor que influye grandemente en las características del sismo son las CONDICIONES LOCALES ( Topografía de la superficie, Geometría del manto superficial, Geología, continuidad, etc. ) lo que permite una amplificación a atenuación del movimiento en un punto dado, en relación con el que se tiene en un punto diferente, ubicado en la misma región, pero asociado a características geométricas y topográficas diferentes del primero.

Hasta el momento no se ha podido predecir con certeza el terremoto en el mundo, pero la forma de como poder atenuar los daños causados por estos es la zonificación de las ciudades.

La zonificación sísmica es la división de un territorio en áreas con diferentes riesgo sísmico y por tanto, con diferentes requerimientos en el diseño de estructuras antisísmica.

El termino microregionalización involucra este concepto de zonificación, pero aplicado en áreas pequeñas y cuyo objetivo final es la división de un determinado territorio en microzonas de características sísmicas diferentes una de otra y semejantes u homologas dentro de cada una de ellas de ahí su importancia en este estudio de las condiciones locales de suelo y por tanto del tipo de suelo de fundación.

La Geofractura de la costa, determinada a base de alineamientos de epicentros de sismo y de la presencia de la cadena costanera que bordea la costa desde Arica hasta Paracas y se pierde en el mar, para luego reaparecer por los cerros de Piura. Esta Geofractura de la costa, corre paralelo a la costa " Tierra Adentro " de Sur Norte, a unos 70 kilómetros del mar y luego se interna en el mar de Paracas para correr paralelo a la costa mar adentro a unos 70 kilómetros de la playa. La parte Sur de esta Geofractura presenta la existencia de la zona de fractura llamada de San Agustín que es una profunda estructura de fracturamiento con desplazamiento de los bloques en el sentido del rumbo.

La abundancia de actividad sísmica existente en la región, que se estudia ( Aplao, Corire, Huancarqui ), se debe a las siguientes fuentes:

1. La profunda estructura a la que se ha denominado sistema de fallamiento de San Agustín, la misma que en realidad representa una perturbación o modificación de la franja de concentración de focos sísmicos descendente de la costa hacia el interior del continente.

2.\_ Toda la extensión de la placa Oceánica infradeslizante., lo que constituye característica común para casi todo el borde Occidental Sur Americano.

3.\_ Estructuras menores existentes en o cerca de la superficie, principalmente fracturas, que se distribuyen , de Oeste a Este, desde delante de la fosa hasta detrás de la cadena Andina, con mayor profusión en la costa y vertiente Pacífica.

### 3.2 HISTORIA SISMICA DE LA ZONA

Los terremotos son la consecuencia de procesos geológicos muy lentos y es muy largo el período de observaciones que se requiere para poder deducir las leyes que lo gobiernan; cuando estudiamos sobre la información de fenómenos pesados, lo hacemos con el fin de que puedan , contribuir a clasificar los mecanismos productores de los terremotos, sobre el modo en que se desplaza tales fenómenos en el espacio y en general, sobre la evaluación de los riesgos sísmicos en esta parte del mundo.

En el Perú son relativamente escasos los antecedentes históricos respecto a efectos sísmicos destructivos la causa principal de ella es la relativa escasa densidad de población en las zonas sísmicas.

Para evaluar la peligrosidad sísmica se tiene en cuenta toda posible fuente de información desde los antecedentes históricos pasando por la tradición oral y finalmente los registros sismológicos. Y aun estos registros tropiezan con escasas cuando se desea ampliar el intervalo de tiempo a considerar, motivado por las , pocas estaciones de suficiente antigüedad o la carencia de centros internacionales de recopilación.

En la zona que se estudia, el primer sismo del que se tiene conocimiento, es en la época de Túpac Yupanqui donde un terremoto causado por la erupción del Misti destruyó el antiguo asiento de Arequipa pereciendo todos sus habitantes.

Las noticias de los terremotos son incompletos ; y los cronistas de la época nos relatan sus efectos destructivos, la aparición de cometas y pestes; los religiosos ven en ellos un rigor de la justicia divina e invocan hechos milagrosos. Durante la República ocurrieron varios terremotos, siendo uno de los que mas destacaron el ocurrido en el año de 1868 que acompañado de un Tsunami que ocasiona una gran devastación y pérdidas de vida en Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica.

Uno de los aspectos más importantes de la investigación consiste en determinar cuales han sido los principales terremotos y su frecuencia, así como evaluar sus consecuencias económicas y sociales para la población de la región y sus efectos sobre el medio ambiente; en el cuadro 3.1 se señala los parametros de los principales terremotos ocurridos en Arequipa desde el siglo XVI al XIX y en el cuadro 3.2 la historia sísmica de la región de Arequipa.

CUADRO 3.1.- PARAMETROS DE LOS GRANDES TERREMOTOS OCURRIDOS EN AREQUIPA EN LOS SIGLOS XVI-XVII-XVIII y XIX

FECHA	HORA LOCAL	EPICENTRO APROXIMADO		MAGNITUD	LUGAR
		Lat.S	Long.W		
22.01.1582	11:30	16.3°	73.3°	7.9	Costa del Departamento de Arequipa
13.05.1784	07:36	16.5°	72°	8.0	Costa del Departamento de Arequipa
10.07.1868	13:00	16°	73°	7.9	Costa del Departamento de Arequipa



CUADRO 3.2 .- HISTORIA SISMICA REGIONAL DE AREQUIPA

FECHA	I Grado MM	HORA	OBSERVACIONES
1471-1493			Terremoto destruye el primitivo asiento de Arequipa, erupciona el volcan misti y mueren todos los habitantes de Arequipa.
-1555			Temblores causan daños en las viviendas de Arequipa.
22.01.1582		11:30	Terremoto destruye Arequipa. Perecen más de 35 personas. Hay aniegos por posibles asentamientos en las capas acuíferas.
-1590			Temblores fuertes en Camana.
14.02.1600		05:00	Temblores fuertes en Arequipa .Erupciona el Huaynaputina.
21.11.1689		06:00	Fuerte sismo en Arequipa ,daños en templos y casas
08.01.1725		08:00	Arequipa .Las personas casi no se podian mantener de pie.Destrucción en la mayoría de casas y templos.
13.05.1784		07:36	Terremoto en Arequipa .Ruinas en templos y edificios, cae un puente y se deteriora el empedrado de las calles.Mueren 54 personas.
06.08.1913		17:13	Sismo en Caraveli,Sufren los pueblos de Majes especialmente Chuquibamba.
11.10.1922		09:50	Caraveli,Arequipa y Mollendo tienen daños de consideración.
11.10.1939		09:15	Terremoto en Chuquibamba.Se desploman muchas casas.
11.05.1941		00:09	Fuerte temblor en Caraveli.
24.08.1942	IX	17:51	Terremoto entre Arequipa e Ica.Hubo 30 muertos y 25 heridos.Se sintio fuerte en Camana,Chuquibamba ,Aplao y Mollendo.
20.07.1948	VI-VII	06:03	Sismo fuerte en Caraveli y Chuquibamba
09.10.1958	VII	14:14	Terremoto en Arequipa que causa 28 muertos y 133 heridos.En Camana se agrieta el terreno con eyecciones de aguas negras.
13.01.1960	IX	10:40	Terremoto en Arequipa que causa 53 muertos y quedan centenares de heridos,Chuquibamba en ruinas.Duro 20 segundos.
30.07.1965	IV-V	00:05	Temblores de larga duración.
23.09.1971	IV	23:33	Fuerte temblor en Arequipa.
16.02.1979	VII	05:08	Terremoto afecto las ciudades de Chuquibamba, Aplao,Camana y Arequipa.Hubo muchos daños materiales.



### 3.3 CARACTERISTICAS DEL SISMO DEL 16 - 02 - 79 EN AREQUIPA

Las características del sismo ocurrido el 16 de febrero de 1979 en el Departamento de Arequipa que se exponen han sido recopilados del Observatorio de la Universidad Nacional de San Agustín en Arequipa, estos son registrados de la Agencia NEIS ( US Department of the Interior Geological Survey ) con un número de 328 estaciones en el mundo.

Número de Estaciones	328
Día ( UTC )	16 de Febrero de 1979
Tiempo Origen ( H.L )	05 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 53.4seg.
Coordenadas Geográficas	16.39 Lat. s 72.658 Long. w
Profundidad	53 Kilómetros
Magnitud G.S.	$M_b = 6.2$ $M_s = 6.9$
Desviación Standard	1

Este sismo ocasiono la pérdida de 18 personas y causo grandes pérdidas materiales, afectando además de la ciudad de Arequipa a las ciudades de Chuqibamba, Pampacolca, Viraco, Tipan y Aplao.

El epicentro se ubica en la zona de quietud , sísmica de ICA - ARICA según el mapa geológico del Perú 1975 del Instituto de Geología y Minería el área epicentral se encuentra, tectonicamente, dominada por una falla de sobre escurrimiento a 200 metros de longitud, paralelo a la costa una falla aproximadamente Oeste - Este que se extiende desde la costa hacia el continente por unos 150 Metros de longitud.

El sismo del 16 de Febrero por su magnitud se le puede catalogar como un terremoto de mediana intensidad, estos sismos vienen seguidos de replicas cuyo número y magnitud va decreciendo con el tiempo; en el cuadro 3.3 se señalan las replicas, de igual manera en la figura 2 se señala la distribución geográfica del epicentro del sismo y sus replicas.

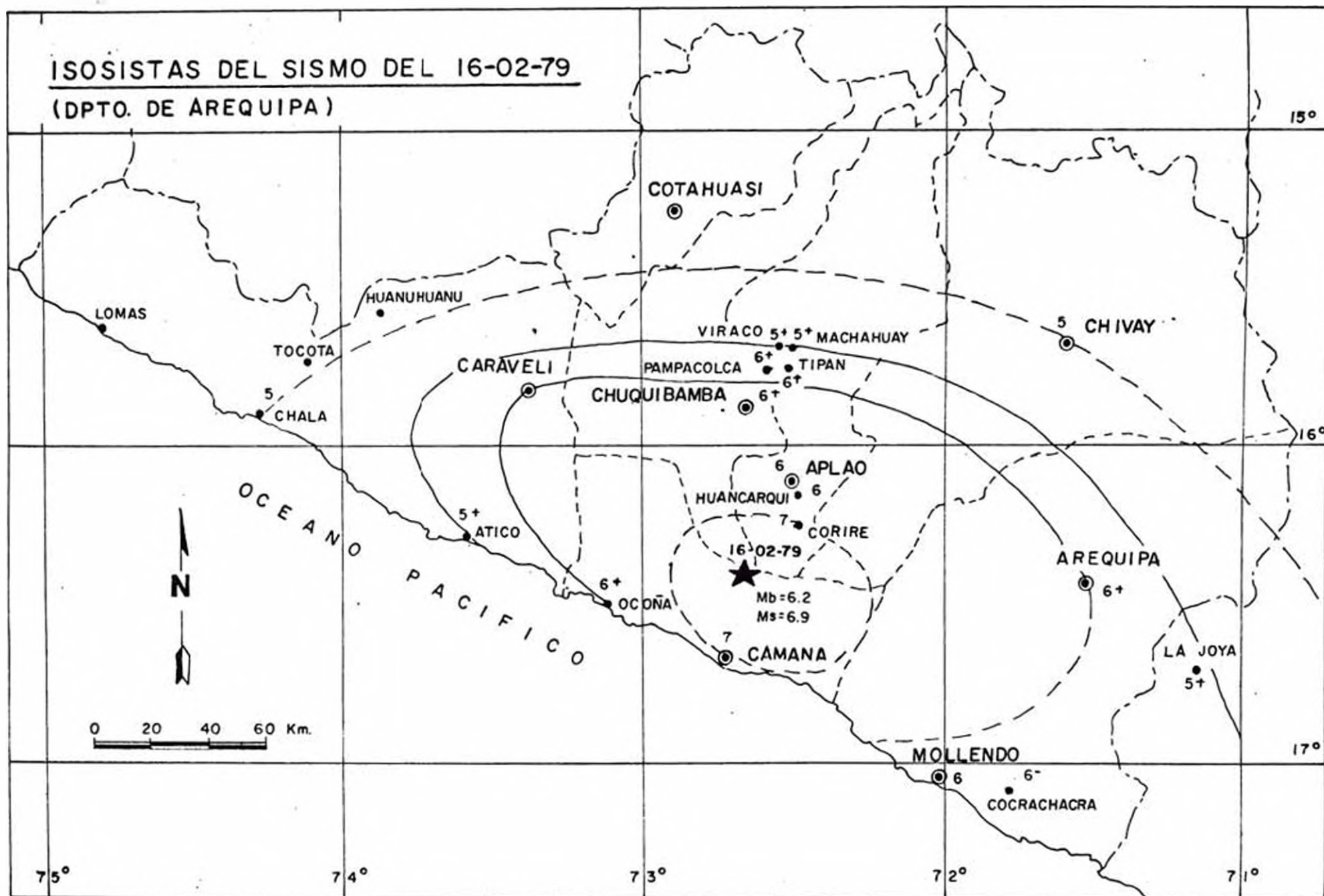
En la figura 3 se señala las curvas isosistas, del sismo estudiado, en el podemos observar como la mayor intensidad la han sufrido las ciudades de Camana y Corire de características locales parecidas; así como una atenuación en Aplao y Huancarqui básicamente por su buen suelo de cimentación.

#### CONCLUSIONES .-

El área en estudio es una zona con una gran actividad sísmica lo cual tiene como fuentes al sistema de fallamiento denominado de San Agustín, toda la extensión de placa Oceánica infradeslizante, lo que constituye características común para casi todo el borde Occidental Sur Americano y estructuras menores existentes en o cerca de la superficie principalmente fracturas.

El sismo del 16 de Febrero de 1979 tuvo una magnitud  $M_s = 6.9$  por lo que se lo puede catalogar como un sismo de mediana intensidad, cuyas replicas e intensidades se señalan en la figura 2 y 3 respectivamente. En la cual observamos que la intensidad en Corire es mayor a los de Aplao y Huancarqui, siendo estos lugares que no distan mucho entre sí. Esta diferencia puede deberse a las condiciones locales de los poblados de Aplao y Huancarqui, especialmente su suelo compacto y seco.





**FIGURA 3**

**CUADRO 3.3 .- CARACTERISTICAS DEL EVENTO DEL 16.02.79 Y SUS REPLICAS**

DIA UTC	TIEMPO DE ORIGEN UTC			COORDENADAS GEOGRAFICAS		REGION Y COMENTARIOS	MAGNITUDES				N° DE ESTACIONES USADAS
	H	M	S	Lat.	Long.		Prof. Km.	G <sub>s</sub>		SD	
								Mb	Ms <sub>z</sub>		
16	10	08	53.4	16.3905 S	72.658 W	18 Muertos 6.9 Mb PAS 6.2 Ms PAS	53	6.2	6.9	1.0	328
16	11	13	11.9	17.078 S	72.850 W		85	4.6	-	1.2	9
16	22	18	20.0	16.5 S	72.656 W	Sentido IV en Arequipa	52D	5.5	5.2	1.0	171
17	4	40	3.9	16.872 S	72.793 W		62	-	-	1.4	8
17	4	58	42.9	17.557 S	72.746 W	Cerca a la Costa	32N	-	-	1.0	6
17	15	41	15.6	16.627 S	72.656 W		79	5.1	-	1.0	68
18	21	53	15.9	16.962 S	72.708 W	Arequipa	73	-	-	1.4	9
20	14	2	43.1	16.698 S	72.740 W	Sentido III en Arequipa	56D	5.2	-	1.1	61
22	16	55	27.6	17.018 S	72.758 W		76	-	-	2.0	6
24	12	16	14.9	16.629 S	72.814 W		70	4.8	-	1.1	25
M A R Z O 1 9 7 9											
7	6	21	11.1	16.134 S	72.039 W	Sentido II en Arequipa	126	5.1	-	1.1	40
11	14	40	29.5	16.795 S	72.807 W	Cerca costa peruana	62	5.0	-	1.4	11
21	2	52	34.3	16.795 S	72.545 W	Sentido IV en Arequipa	58D	5.1	-	1.1	33
A B R I L 1 9 7 9											
25	20	55	18.4	16.057 S	73.418 W	Sentido III en Arequipa	69	4.8	-	1.1	11

## C A P I T U L O    I V

### GEOLOGIA DE LA ZONA

El presente capítulo trata sobre la Geología del área en estudio, donde los centros poblados y la agricultura se concentran a lo largo del valle de Majes los depósitos fluviales constituyen tierras fértiles y el río tiene agua suficiente para satisfacer las necesidades humanas y agrícolas.

#### 4.1 PROCESO GEOLOGICO DE LA ZONA

El complejo basal que forma la cordillera de la Costa en el Sur del Perú, proviene de rocas pre-cambrianas y del Paleozoico inferior, que han experimentado un metamorfismo regional intenso.

En la Costa Sur del país no se han encontrado depósitos paleozoicos antes del Devoniano, lo cual posiblemente se debe a que no hubo deposición o a una obliteración de lo que se hubiera depositado no pudiendo darse una conclusión al respecto, por no haberse comple \_



tado aún el estudio sistemático y prolijo de toda la región.

En el área que se estudia, los depósitos más antiguos, dentro del Mesozoico, corresponden al grupo Yura cuya deposición se inició en el coloviano y continuó hasta el Neocomiano inferior en un ambiente marino de poca profundidad que culminó con una emersión.

Desde el punto de vista Geológico, se puede considerar que la región estudiada en épocas pasadas (Edad cretácica superior), era una gran cuenca de sedimentación donde gran parte de los sedimentos son marinos, como lo demuestra la presencia de calizas y su escasa fauna de Lamelibranquis y gasteropodos; en una menor escala hubo deposición no marina, representada por las capas de carbón. Luego de la deposición y seguidamente en sucesos íntimamente ligados al levantamiento cordillerano andino del terciario, la serie fue levantada con la consiguiente fracturación y perturbación de sus estratos a estos sucesos Orogenicos y epirogeneticos hay que agregar la actividad, volcánica intensiva durante la misma era, que contribuyó a su deformación tectónica.

Durante el terciario, ni en la cordillera Occidental, ni en la amplia hoya que quedó entre ellas y la cordillera de la Costa, hubo deposición marina. En este amplio valle longitudinal fue que tuvo lugar según Steiman la deposición de la formación moquegua con sus 600 y más metros de potencia, deposición que tuvo lugar en ciertas condiciones ambientales de especial humedad y con material proveniente de la cordillera Occidental que se erguía hasta tomar su tamaño actual. Desafortunadamente, aparte de las condiciones ambientales y tectónicas que causan el registro de las rocas, muy poco dicen en cambio acerca de su historia y de su edad a causa sobre todo de la ausencia

de restos biológicos y secundariamente por lo poco que de ellas se conoce. Sus depósitos superiores, eólicos denotantemente hablan de su desarrollo en un medio seco.

Por otra parte, la actividad glaciaria del Pleistoceno había de dar lugar, junto con el levantamiento andino, al nacimiento de los numerosos ríos transversales de la costa, entre otros sucesos importantes. Estos ríos si tomaron esa dirección transversal fue en primer lugar por el gran desnivel entre las cumbres Occidentales Andinas esto es el divortium aquarum de las cuencas Occidentales y Orientales, y el nivel del mar; y en segundo lugar, por la dirección dominante de la Cordillera de los Andes.

#### 4.2 GEOLOGIA DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona en estudio se encuentra comprendida en el cuadrángulo de Aplao, y en ella afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, cuyo rango cronológico se extiende desde el Precambriano hasta el cuaternario.

##### 4.2.1 DRENAJE

El drenaje del área se realiza hasta el Océano, Pacífico por medio del río Majes, que nace en las partes altas de los Andes Occidentales, teniendo agua todo el año con descargas, que varían entre 24,000 y 420,000 litros por segundo, este río toma varios nombres desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Océano Pacífico así cuando nace en las alturas de los cerros Yarenate Torre, con el nombre de Paco Paco, el que conserva hasta la altura de la localidad de Liamiyoc, adoptando posteriormente, el nombre de río Chilamayo hasta la estación de aforos dique de los españoles el de río Colca, hasta la desembocadura del río Andamayo, el de Río Majes, hasta la altura de palo parado y finalmente el de Río Camana, desde este



último hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Su cuenca cuenta con un área total de drenaje de 17,220 km<sup>2</sup> y una longitud máxima de recorrido, desde sus nacientes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, de 365 km presentando una pendiente promedio de 1.3% .

Las quebradas generalmente son secas de manera esporádica se encuentra pequeños lugares con afloramiento, de agua conocidos localmente como " aguadas ", ubicadas en los lechos de algunas de estas quebradas.

La cuenca tiene una forma ensanchada en su sector y alargada en su sector inferior; las dimensiones , promedio del primero son de 70 km. tanto de largo como de ancho y las del segundo son de 190 km. de largo y 70 km. de ancho; siendo el drenaje del tipo paralelo-dendrítico , resultante del paralelismo de los cursos principales y de la distribución dendriforme de los tributarios.

Los afluentes principales que tiene en todo su recorrido; por la margen derecha son los ríos Blanquillo , Negrillo, Condoroma, Moqueruyo, Chalhuanca Malloco, Acoy y Mamacocha; por la margen izquierda, los ríos Antasalla, Callali, Hualca y Huambo.

#### 4.2.2 ESTRATIGRAFIA

En la zona en estudio son el grupo; Yura, y las formaciones geológicas Moquegua inferior y Moquegua Supe\_rior los que afloran. La figura 4 representa una columna estratigráfica compuesta correspondiente al área del presente estudio y en la lamina 1 se señala el mapa geológico de esta zona; en igual forma en la foto N<sup>o</sup> 1 se puede observar una discordancia angular entre la formación Moque\_gua y Yura.

# UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

Depósitos recientes  
Derrames de basalto pleist. rec.  
Conglomerado aluvial pleist.



Arenas eólicas, coluvios, depósitos fluviales  
aluviones, tufos volcánicos  
Lavas basálticas

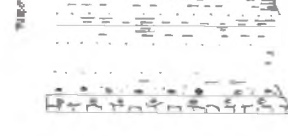
Fm. Arcuquina

Superior



Arenas blanco-grisáceas con intercalaciones  
de arcilla y tufos volcánicos  
Localmente conglomerado en la base

Inferior



Arenas y arcillas rojas  
conglomerados, yeso

Calizas Arcuquina  
Formación Mura



Calizas gris claras  
arcillas y areniscas abigarradas

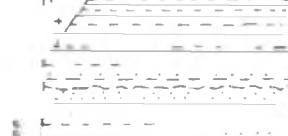
Grupo Yura



Cuarzitos blanco grisáceos a blanco  
amarillentos, lutitas grises, calizas gris  
oscuras, areniscas claras

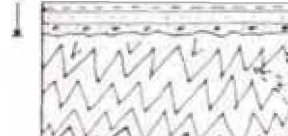
Diorita / granodiorita

Grupo Ambo



Lutitas grises y gris rosáceas con interca-  
laciones de areniscas y cuarcitas

Formación Torán



Areniscas bruno rojizas, areniscas y  
lutitas gris verdosa  
Conglomerado basal

Complejo Basal de la Costa



Gneiss

Columna geológica compuesta del Cuadrángulo de Aplaó

FIGURA 4

#### 4.2.2.1 COMPLEJO BASAL DE LA COSTA

Bellido ( 1960 ) aplicó esta denominación a rocas metamórficas compuestas por gneis y esquistos, asociados con dioritas y granitos antiguos, que afloran en gran parte de la Cordillera de la Costa del Sur del País.

En la hoya de Aplao, las rocas del complejo basal afloran en los flancos del valle de Majes, entre las localidades de Punta Colorada y la Hda. Sarcas. El complejo basal se encuentra constituido casi en toda su totalidad por el Gneis. El gneis se presenta como una roca compacta, ligeramente intemperizada, de color gris verdoso que varia a gris rojizo. Por lo general, muestra una estructura bandada bastante definida, en el fondo y laderas de las quebradas, especialmente en el valle de Majes, donde las bandas tienen espesores de 0.5 a 1 cm. y excepcionalmente , hasta 100 cm. La foliación del gneis no es constante en toda el área, así en Punta Colorada tiene un rumbo N 80° W y 45-50° de inclinación al NE; se sabe que el gneis es Pre-Devoniano por yacer debajo de rocas de dicha edad en el valle de Majes.

#### 4.2.2.2 GRUPO YURA ( JsKi - Yu )

A causa de su solidez y resistencia de las rocas que coforman este grupo, sus afloramientos constituyen farallones en los cortes producidos por los ríos, que contrastan con los taludes tendidos que forman las rocas de la formación Moquegua, como podemos observar en el trayecto de Corire a Huancarqui.

Este grupo en el valle de Majes subyace con discordancia angular a la formación Moquegua, pero la base de esta es desconocida.

La litología del Grupo Yura consiste principal

mente de Cuarcitas blanco grisáceas, blanco amarillentas, grises y rosadas, con intercalaciones de lutitas grises y gris oscura y areniscas blanco-grisáceas hacia la base.

En el valle de Majes, cerca de la parte media de la secuencia aflorante se intercalan calizas gris oscuras que en parte son fétidas.

En la cadena Occidental del Valle de Majes, las capas del grupo Yura mantienen un rumbo NNE casi constante con indicaciones de  $10$  a  $25^{\circ}$  al WNW, este hecho explica por que este grupo, a pesar de su largo afloramiento ( 15 Km. ) no varia sensiblemente en grosor.

En la margen Oriental del Valle, entre las haciendas Casa Grande y Rancho Alegre, las cuarcitas y Lutitas tienen un rumbo  $N60^{\circ}E$  con buzamiento de  $30-38^{\circ}$  al NW. Más al norte, las exposiciones son muy pequeñas y finalmente, aguas arriba de Huancarqui, se hallan muy perturbadas por su cercanía a un intrusivo.

EDAD Y CORRELACION .- Según V. Benavides ( 1962 ) la edad de las diferentes unidades de la formación Yura queda comprendida desde el Caloviano hasta el Neocoviano inferior, edad que también asumimos para las rocas del grupo Yura del cuadrángulo de Aplao, aunque sin precisar niveles porque no se ha hecho la división respectiva.

#### 4.2.2.3 FORMACION MOQUEGUA

G.I. Adams (1906 ) describio la formación Moquegua y posteriormente G. Steiman ( 1930 ) la dividió en dos miembros. En el área del presente trabajo, la formación Moquegua esta ampliamente distribuida, habiendosele tratado como tal, por sus afloramientos aparte de que son muy similares, se presenta casi en forma continua desde su localidad típica.

Como no se ha encontrado fósiles en esta formación, para determinar su edad únicamente se dispone de datos regionales que se basan sólo en su posición estratigráfica, según los cuales se le considera comprendida en el Terciario Superior.

A.- MOQUEGUA INFERIOR ( Ts-mo<sup>1</sup> )

Este miembro se presenta principalmente en ambas laderas del valle de Majes desde la latitud de Corire hasta el batolito por el norte; aflorando también en otros lugares al pie de dicho macizo y sobre todo en la quebrada Caracharama, que es donde presenta el mayor grosor, pudiendose decir que en general tiende a adelgazarse en dirección Sur Oeste.

Las capas se inclinan ligeramente al SW, salvo en aquellos sitios donde se han producido inclinaciones más fuertes por el reajuste de fallas pre-existente o por la compactación de los sedimentos sobre una topografía similarmente inclinada.

La litología consiste de areniscas arcósicas, arcillas rojas y conglomerados. Las primeras son de grano medio, hasta conglomerádico, presentandose, a veces en bancos de 50 a 150 cm. Las arcillas se intercalan también con laminas de Yeso. Los conglomerados son abundantes y mayormente incoherentes.

B.- MOQUEGUA SUPERIOR ( Ts-mo<sup>S</sup> )

Las rocas de este miembro, junto con los aluviones cuaternarios, ocupan una gran parte del area de cuadrángulo de Aplao, sus mejores exposiciones se hallan en el valle de Majes donde, más o menos desde la Hacienda Pedregal hacia el Norte, yacen con suave

discordancia erosional sobre el miembro inferior. Además reposa directamente sobre el complejo basal, la formación Toran y el batolito.

Este miembro es fácilmente distinguible por sus tonalidades claras que contrastan con las rojizas del Moquegua inferior; por lo general sus capas tienen posición horizontal y en algunos casos muestran una ligera inclinación al Suroeste.

La litología consiste principalmente de areniscas blanco grisáceas, de grano medio a fino, con algunas capas de arcilla y conglomerado de cantos chicos.

#### 4.2.2.4 DEPOSITOS CLASTICOS RECIENTES

Los depósitos más recientes son los que pertenecen a la era Geológica del Cenozoico período cuaternario, en el valle de Majes son los depósitos Aluviales.

#### ALUVIONES ( Qr - al )

Estos son suelos transportados y el tamaño de los elementos que lo constituyen varían, desde bloques de más de un metro hasta el de partículas de arcilla. Los de mayor tamaño se presentan en las cabezaras de las líneas de drenaje y al pie del flanco Andino.

La composición de estos es variado ( Gneis, granito, cuarcitas, lavas, etc. ). Pero en las quebradas de poco desarrollo, como es el de Cochate al Sur de Aplao los elementos provienen en su mayoría de las rocas que conforman, los flancos respectivos.

#### 4.2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Desde el punto de vista estructural las formaciones geológicas, han soportado diversos eventos geológicos de diferente magnitud. Esta situación se ha debido principalmente a movimientos Orogenéticos y epirogénéticos que, han generado esfuerzos de diversa intensidad.

Los afloramientos del grupo Yura se presentan a menudo fallados y plegados, adoptando estructuras anticlinales y sinclinales. En algunas zonas, se encuentran afectados por intrusiones menores andesíticas y dioríticas.

La formación Moquegua presenta una morfología, generalmente plana, fuertemente disectada, careciendo de fallas y pliegues resaltantes.

Los depósitos más recientes no presentan evidencias de perturbamiento, posiblemente porque los últimos movimientos tectónicos ocurridos en la región tuvieron lugar antes de la deposición de estas unidades litológicas.

Las estructuras más importantes observadas son las que corresponden a los fallamientos. Las fallas que se registran corresponden a esfuerzos compresivos y tensionales, con rumbos muy variados que no permiten agruparlos en sistemas. En el terreno estas fallas quedan en evidencia, especialmente en los flancos de los valles y quebradas al poner en contacto bruscos y anormal a unidades o niveles, diferentes.

##### 4.2.3.1 FALLA PUNTA COLORADA

Esta falla se reconoce por algo más de un kilómetro en la ladera derecha del valle de Majes; se manifiesta porque pone en contacto casi vertical y con rumbo N-S a

las areniscas grises del miembro superior de la formación , Moquegua con las rocas del miembro inferior de la misma así como la formación Torancon el complejo basal. El lado que ha descendido es el del Oeste.

Las areniscas rojas, situadas al lado Este constituyen un promontorio notable que ha merecido el calificativo de Punta Colorada, por los habitantes de valle. Esta falla de Punta Colorada se puede apreciar en la foto N° 02.

#### 4.2.3.2 FALLA HUANCARQUI

Es una falla inversa, que se desarrolla en la , margen izquierda del valle de Majes, frente a Aplao y al norte de Huancarqui, donde sedimentos del grupo Yura han sido empujados según un plano de rumbo  $N30^{\circ}W$  e inclinación de  $78^{\circ}$  al NE, sobre otras capas del mismo grupo. Los estratos del miembro inferior de la formación Moquegua, que yacen encima, han sido curvados sin llegar a ser rotos; en cambio las capas del miembro superior de la misma formación solo exhiben un ligero ondulamiento sobre la traza de la fractura. En la foto N° 03 se aprecia la falla Huancarqui.

#### 4.3 GEOLOGIA LOCAL DE LA ZONA

Aplao se encuentra construida sobre un cono de deyección; cuyos derrubios provienen del Grupo Yura; donde los elementos de mayor tamaño aparecen en las proximidades en las vertientes más empinadas exteriores a la cabecera , del cono ( extremo superior ) y los finos cerca de los bordes exteriores ( extremo inferior y sus lados ). Los derrubios del cono son angulosos ó todo lo más, algo redondeados ya que la distancia a que han sido arrastrados antes de su deposición es corta; siendo característica de esta estratificación y lenticularidad.



Los Derrubios se encuentran compuestos de CUARCITA, la que es una roca metamórfica, proveniente de una arenisca habiendo sido esta sometida a grandes presiones, altas temperaturas o soluciones químicas. La Cuarcita es una roca fuerte y resistente; una arenisca que tiene un 90 % de cuarzo y se encuentra sólidamente cementada por Silice al mismo tiempo que sus granos son, casi en su totalidad, también de Silice; de sus propiedades físicas tenemos que tiene un P.E. 2.54; porosidad 0.46 %; absorción 0.17 % .

La ciudad de Huancarqui se halla situada sobre la Formación Moquegua inferior, que sus estratos se hallan conformados por arenisca; siendo esta una acumulación de arena cuarzosa cementada firmemente como una roca, a medida que la arenisca se vuelve tosca se transforma en conglomerado y a medida que se va haciendo mas fina se va transformando en Limo. El color de la Arenisca depende mayormente de la naturaleza del cementante, el Oxido de Fierro le da los tonos Rojos, Amarillo, Marrón. Se admite que las areniscas constituyen un material bastante apropiado para basamentos, se encuentran en esta formación también lentes de yeso ( Sulfato de Calcio ), mineral que se halla en las rocas sedimentarias.

El Poblado de Corire se encuentra situado sobre un depósito aluvial el que ha sido arrastrado por las aguas del Río Majes y luego depositados; se ha observado, que en el estrato superior hay caliche; siendo esta una formación de arcilla, cementada por Carbonato de Calcio depositados por la evaporación de las aguas del suelo en el transcurso de fenómenos de cambios de nivel, el caliche tiene una estructura cristalina y como componente esencial tiene a los carbonatos.

## CONCLUSIONES

En esta Región existen afloramientos de los tres grupos de rocas, metamórficas ígneas y sedimentarias. El complejo Basal de la Costa Sur que se encuentra conformado por rocas ígneas ( Gneiss ), proviene de rocas Pre-cambrianas y del Paleozoico inferior, las que han experimentado un metamorfismo intenso; esta presenta afloraciones cerca a Corire, presumiéndose que no se encuentra a mucha profundidad de los poblados estudiados.

El drenaje de la zona lo realiza el Río Majes, siendo su importancia vital para la Región, siendo la que proporciona depósitos fluviales donde se hallan los centros poblados de Huancarqui y Corire; en la cercanía a estos poblados existen fallas geológicas; la de Huancarqui y Punta Colorada, las que se encuentran inactivas.

Las ciudades de Aylao y Huancarqui se encuentran cimentadas sobre depósitos provenientes del Grupo Yura y Formación Moquegua, que se encuentran conformados por Cuarcitas y Areniscas respectivamente; caracterizadas por su alta densidad, siendo apropiadas para una buena cimentación; teniendo cuidado que entre los estratos de la formación Moquegua existen lentes de Yeso. En cambio Corire se halla sobre un depósito aluvial, con mapa freática alta haciendo que en esta ocurra una amplificación sísmica.

## C A P I T U L O    V

### CARACTERISTICAS Y TIPOS DE SUELO EN LA ZONA

#### 5.1 INTRODUCCION

Los daños causados en las viviendas en ciertas áreas de una ciudad son diferentes a las de otras cercanas esto nos ilustra que hay efectos de amplificación o atenuación de un movimiento sísmico, en lo que tiene influencia las condiciones locales de la zona, entre estas una de las más importantes es la del suelo; habiendo una interacción entre el suelo y la estructura, lo que lleva a tener que hacer un estudio con el objetivo de establecer la forma más razonable del uso del suelo, para poder realizar en esta forma una microzonificación de una ciudad.

Este estudio realizado a tenido sus limitaciones, debido a la realización de este trabajo con una economía precaria, motivos por el cual no se han podido profundizar más los estudios efectuados.

Cuando se hacen diseños para viviendas unifamiliares ( Viviendas de poco peso ), la información que se obtiene en el campo radica basicamente en enfocar los estudios, de mecánica de Suelos para resolver los problemas de Capacidad de Carga por esfuerzo Cortante y dejando en segundo plano la compresibilidad y no tomando en ningún momento la permeabilidad.

La exploración de suelos en las áreas de las ciudades que estamos tratando se ha llevado a cabo empleando el método de pozos a cielo abierto (calicatas) tomando muestras alteradas se las a clasificado siguiendo los métodos establecidos en el Sistema Unificado de clasificación de Suelo ( Unified soil classification System USC ) y el adaptado por el servicio de carreteras ( Public Roads Classification, P. R. ); determinandose además su contenido de humedad, densidades naturales, límites liquido y límites plásticos.

Ante un movimiento sísmico existen 2 formas de comportamiento dinámico de los suelos, cuando los depósitos son relativamente compactos; en estos casos las condiciones de resistencia del suelo puede considerarse como estables transmitiendose las vibraciones sísmicas a la superficie con amortiguamiento o amplificación, sin pérdida de la resistencia o deformación local. Si los suelos, son suelos en estado suelto a muy suelto, parcial o totalmente saturado de agua, las vibraciones sísmicas originan una pérdida en la resistencia al corte parcial o total del suelo de cimentación. El comportamiento del suelo depende de diversos factores, por este motivo no es recomendable tomar en cuenta parametros que son determinables con equipo especial; resulta más adecuada una descripción de ( Rocas, gravas, arenas, arcillas ), estableciendo su calidad en forma general y su probable estado de compactación en función de la densidad relativa o consis

tencia, en los suelos granulares como arenas, gravas, etc. que son los suelos que se encuentran en Aplao y Huancarqui. En el caso de las arcillas y suelos intermedios, tales como Limos y sus mezclas ( Corire ), se tiene fuerza de cohesión que se presenta en mayor o menor grado, sean más o menos plásticos, mientras que en los suelos granulares, se caracterizan por la presencia de fuerzas friccionantes, las mismas que inducen en estos materiales una apariencia de esfuerzos internos iniciales.

La plasticidad de los suelos es la propiedad de una masa de suelo que permite su deformación de manera continua y permanente, sin ruptura, durante la aplicación de un esfuerzo que excede, incluso ligeramente, la resistencia del suelo al esfuerzo cortante. Un cuerpo plástico, sometido a deformaciones bajo la acción de esfuerzos externos, mantienen esa deformación, es decir no recupera la forma primitiva una vez superada la acción de aquellas.

Por el contrario los cuerpos elásticos, recuperan sus formas y tamaños originales cuando cesan de actuar las fuerzas deformantes. Después de un movimiento sísmico los suelos sufren generalmente cambios estructurales de tipo irreversible e irre recuperables, lo que afecta a las propiedades elásticas y amortiguadora de las mismas. Los esfuerzos irreversibles de los esfuerzos en la estructura del suelo hacen que sus propiedades elásticas no sólo dependan de los esfuerzos soportados en cierto instante sino de la trayectoria completa de cargas previas o por lo menos a los esfuerzos máximos normales efectivos soportados por el suelo a través de su historia geológica; las deformaciones elásticas de un suelo dependen del tiempo durante el cual es aplicable la carga.

## 5.2 METODOLOGIA

El presente estudio de suelos se efectuó en

diversas fases sucesivas, las que pueden agruparse en las etapas que se describen a continuación.

La primera de estas fases, se llevo en el momento de efectuar la evaluación de daños en el campo y consistió en tener una descripción superficial de los suelos, observando en las zanjias ó cortes los tipos de suelos que afloraban; una vez obtenidos estos datos se realizó un plano de distribución de daños en forma preliminar en el que se ubicarón los lugares donde se van a cabar las calicatas en las ciudades que se estudian.

La segunda etapa consistió en la elaboración , de aparatos como el cono de arena, practor, etc; para con esto realizar la medición de la Densidad Natural en el Campo, así como el sacar muestras alteradas con lo que , realizariamos estudios de contenido de humedad, limites, Densidad Máxima, Densidad Mínima seca, Densidad Relativa; para lograr este objetivo se realizaron nuevas visitas a las ciudades de Aplao, Huancarqui y Corire, en las que se realizaron calicatas, en un total de 19 de las cuales 9 se efectuaron en Aplao, 4 en Huancarqui y en Corire 6 ; estudios de exposiciones naturales de suelos como los que se encuentran en los terraplenes de los caminos, zanjias de cimentación, cortes naturales y pozos de agua en Corire para medir el nivel freatico.

Como tercera etapa se realizo ensayos de las muestras obtenidas en el campo, en los Laboratorios del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Arequipa y en el Laboratorio de Mecánica de Suelo de la Universidad Nacional de Ingenieria, en el que se hallo, su granulometria, limite liquido, limite plástico, Densidad Máxima, Densidad Mínima; para esto se usaron los formatos que se indican en el anexo 1 .

### 5.3 ANALISIS DE LOS SUELOS DE LA ZONA

#### 5.3.1 GENERALIDADES

El suelo se puede definir cualitativamente por su textura ( grado de fineza y uniformidad del suelo ) ; Estructura ( forma en que las partículas se disponen dentro del suelo ); Consistencia ( Grado de adherencia y resistencia ofrecida a las fuerzas que quieren deformarlo) CUANTITATIVAMENTE, por su porosidad, densidad relativa , contenido de humedad y de gas, y también en consistencia . Los datos cualitativos se obtuvieron en el terreno por inspección visual y sirven como base para preparar los perfiles de las perforaciones y obtener otras informaciones que permitan describir la sucesión de los estratos del subsuelo. Los datos cuantitativos se obtiene por medio de ensayos de laboratorio o ensayos insitu, nosotros hallamos la Granolometria, contenido de humedad lentas y Densidades

Las características de un suelo compuesto estan determinados por la fracción más fina. En las fracciones finas y muy finas cada grano esta constituido , generalmente por un solo mineral, las partículas pueden ser angulares en formas de escamas y ocasionalmente en forma tubular pero nunca redondeados; la fracción más fina exhibe propiedades que estan ausentes en la fracción mas gruesa; más aun, se observa que estas propiedades dependen en gran medida de la naturaleza del mineral del que provienen las diversas partículas de suelos.

Como se ha expresado anteriormente por las limitaciones económicas, no se ha podido profundizar el estudio de suelos y; las pruebas efectuadas nos sirvieron para identificar los tipos de suelos así como sus características más saltantes.

En el anexo 1 se dan a conocer los formatos y gráficos utilizados.

### 5.3.2 GRANULOMETRIA

El análisis granulométrico, nos proporciona el tamaño de las partículas que constituyen el suelo, fijando un porcentaje de su peso total. El método utilizado es el que indica la norma ASTM - D - 422, consistente en lavar la muestra en la malla más fina ( N<sup>o</sup> 200 ) para luego secar esta y hacerla pasar por los diferentes tamices. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro N<sup>o</sup> 5.1 , así como su contenido de humedad.

### 5.3.3 LIMITES DE ATTERBERG

Después que un suelo cohesivo ha sido amasado su consistencia puede ser variada a voluntad, aumentando o disminuyendo su contenido de humedad. En los suelos, finos obtenidos en las ciudades en estudio se les efectuó el ensayo para hallar los límites de Atterberg; según las normas ASTM - D - 423 para límite Líquido y ASTM - D - 424 para los límites plásticos.

### 5.3.4 DENSIDADES

En la figura N<sup>o</sup> 5 se muestra el aparato con el cual se encontraron las densidades mínimas, utilizándose para las densidades Naturales el cono de arena, según la norma ASTM - 1556 y el Practor Modificado para hallar las máximas densidades; los resultados de estos ensayos se muestran en el cuadro 5.2



CUADRO N° 5.1 .- ANALISIS GRANULOMETRICO

A F L A O

N°	% QUE PASA POR EL TAMIZ														D <sub>10</sub> mm	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	4	10	20	40	60	100	200			
A-1	89	74	70	66	60	54	47	43	38	34	30	26	21	15	0.07	181	0.115
A-2	91	67	55	47	41	37	34	32	28	24	21	18	15	12	0.07	428	18.2
A-3	83	70	57	46	42	38	35	34	28	25	22	19	15	10	0.074	400	15
A-4	-	92	85	73	61	60	58	55	49	44	41	38	33	24	-	-	-
A-5a	-	86	73	60	46	37	28	23	16	12	9	8	7	5	0.42	452	0.052
A-5b	82	82	82	76	63	59	51	47	37	30	27	23	20	15	0.07	146	1.01
A-9	86	84	69	59	45	39	31	29	23	21	18	16	14	10	0.07	271	30.1
Peso antes de lavado				Peso que retiene la Malla N°200 despues de lavado				Peso que pasa la malla N°200				Z que pasa la malla N°200					
A-6	584.3			66.3			518			90%							
A-7	100			4.5			95.5			96%							
A-8	100			29.1			70.9			71%							

H H A " C A R O " I

H-1	-	-	96	94	83	82	81	88	82	73	67	61	50	35
H-2	-	94	91	88	87	85	82	78	73	69	63	50	35	28
H-3	88	72	72	61	56	52	48	46	42	38	35	37	25	14
H-4	-	-	-	98	95	94	93	88	83	78	72	58	42	35

C O R I R E

Peso antes de lavado		Peso que retiene la Malla N°200 despues de lavado	Peso que pasa la Malla N° 200	Z que pasa la malla N° 200
C-1	100	41	59	59%
C-2	100	41.5	58.5	59%
C-3	100	44.5	55.5	56%
C-4	100	43.2	56.8	57%
C-5	100	35.75	64.25	64%
C-6	100	24.75	75.25	75%

#### 5.4 CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS ENCONTRADOS

Todos los estudios de mecánica de suelos tienen por objeto llegar a obtener la capacidad de carga que soportan los suelos, siendo está dependiente de su contenido de humedad, cohesión y ángulo de fricción.

Los suelos, como la mayoría de los materiales sólidos, rompen por tracción o por corte. Las tensiones de tracción pueden causar la abertura de grietas que bajo algunas circunstancias de importancia práctica, son dañinas; pero en la mayoría de los problemas de Ingeniería solo se considera la resistencia a la rotura.

La rotura por corte comienza en un punto de una masa de suelo, cuando en alguna superficie que pasa por dicho punto se alcanza una combinación crítica entre la tensión normal y la tangencial o de corte.

En la mecánica de suelos, la solución matemática de prácticamente todos los problemas de estabilidad va presidida de determinación experimental de los valores  $C$  y  $\phi$ , con el subsecuente remplazo del suelo real con un material plástico ideal al cual se le asignan los parámetros de corte  $C$  y  $\phi$ .

En cimentaciones superficiales como son las cimentaciones que existen en las zonas de estudio, se evalúa por medio de la teoría de Terzaghi; usando comúnmente un factor de seguridad de 2.

El valor aproximado de la capacidad de carga, por rotura, por corte general viene dado por la siguiente Ecuación:

$$q = c N_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma N_\gamma$$

## DISPOSITIVO PARA DENSIDAD MINIMA

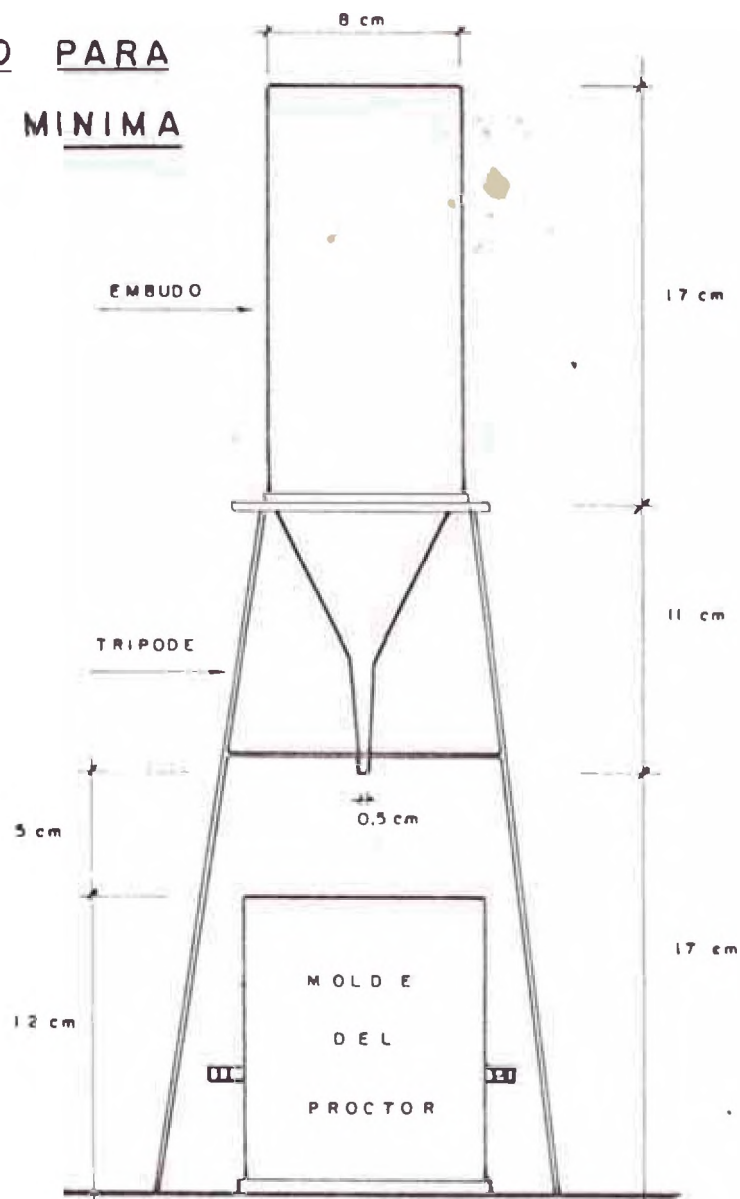


FIGURA 5

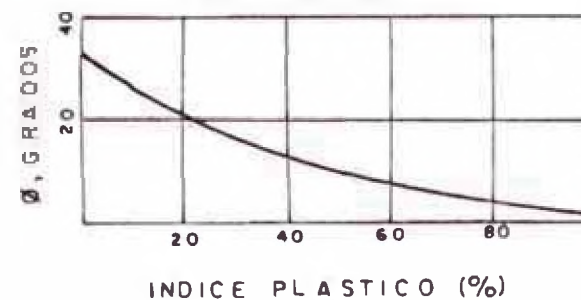


GRAFICO 5-1--RELACION ENTRE EL ANGULO  $\phi$  E INDICE PLASTICO

CONSISTENCIA	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE $\text{kg/cm}^2$
MUY BLANDA	MENOS DE 0.25
BLANDO	0.25 - 0.50
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.50 - 1.00
COMPACTA	1.00 - 2.00
MUY COMPACTA	2.00 - 4.00
DURO	MAYOR DE 4.00

CUADRO 5-3 --CONSISTENCIA DE LAS ARCILLAS SATURADAS EN FUNCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

En la cual  $N_c$  y  $N_q$  son, respectivamente, los factores de capacidad de carga relativos a la cohesión y a la sobrecarga.

Con respecto a sus características de corte los suelos reales se dividen comumente en dos categorías: SUELO NO COHESIVO, como son las gravas, arena y limos no plásticos; y SUELOS COHESIVOS arcillas y limos plásticos.

Las ciudades que se estudian presentan los 2 tipos de suelos, así tenemos que en la ciudad de Arequipa y Huancarqui son suelos no cohesivos, en cambio en Corire son cohesivos; para hallar la capacidad de carga de estos suelos se usaron diferentes métodos; los que se describen a continuación.

#### 5.4.1 CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS COHESIVOS

Generalmente la forma de hallar la capacidad de carga; es la de realizar pruebas de corte directo, ó triaxiales; pero debido a lo precario de nuestras condiciones económicas, como lo alejado del lugar, se optó por usar los valores hallados al realizar las pruebas de límites, hallando con esto el índice plástico relacionándolo con el ángulo de fricción interna  $\phi$ , utilizando el gráfico 5.1, teniendo en cuenta que en estas pruebas puede haber una dispersión de 5°.

Este gráfico no es de validez general y debe por tanto, ser usado con precaución; para hallar la capacidad de carga de los suelos cohesivos al utilizar el gráfico 5.1 encontraremos el ángulo de fricción  $\phi$ ; conocido este valor podemos hallar los correspondientes  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ , con lo que encontramos la capacidad de carga, del suelo analizado.

Otra forma de hallar este valor de

CUADRO 5.2 .- CORRECCION POR GRAVA Y DENSIDADES

CALICATA	CORRECCION POR GRAVA						
	Dnt	Ssg	%G	100Dnt	0.9Ssg%G	100-%G	D <sub>20</sub> <sup>4</sup>

A P I A O

A - 1	2049	2410	57	204900	123633	43	1890
A - 3	1969	2410	66	196900	143154	34	1584
A - 4	1882	2410	45	188800	97605	55	1647
A - 5	2019	2410	69	201900	136647	37	1764
A - 9	1990	2410	65	199000	140985	35	1658

H U A N C A B O U I

H - 1	1646	1910	12	164600	20628	88	1637
H - 2	1649	1910	18	164900	34380	82	1592

DENSIDAD RELATIVA							
CALICATA	D <sub>máx.</sub>	D <sub>min.</sub>	D	D <sub>máx.</sub> /D	D-D <sub>min</sub>	D <sub>máx.</sub> -D <sub>min</sub>	D <sub>r</sub>

A P I A O

A - 1	1960	1550	1890	1.037	340	410	85
A - 3	2100	1350	1584	1.325	234	750	41
A - 4	1890	1280	1647	1.148	367	610	60
A - 5	2180	1550	1764	1.236	214	630	42
A - 9	2100	1453	1658	1.267	205	647	41

H U A N C A B O U I

H - 1	1975	1330	1637	1.206	307	645	58
H - 2	1950	1325	1592	1.225	267	625	53

capacidad de carga, en suelos cohesivos es utilizando el cuadro de valores de la consistencia que da Terzaghi, que se señala en el cuadro 5.3 donde partiendo de la consistencia; que tienen las arcillas y de otros suelos cohesivos se obtienen valores aproximados de capacidad que soporta el suelo:

En los suelos limo arcillosos encontrados en la ciudad de Corire se han hallado las capacidades de carga valiendonos del gráfico 5.1 , mostrandose estos resultados: en el cuadro 5.4 .

#### 5.4.2 CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS NO COHESIVOS

Los suelos no cohesivos son depósitos naturales de arena y limo que pueden encontrarse en cualquier estado intermedio comprendido entre el suelto y el denso, dependiendo principalmente de la densidad relativa, variando el valor  $\emptyset$  entre extremos bastantes amplios.

La densidad relativa de la arena tiene un significado bien definido, ya que su valor es prácticamente independiente de la presión estática a que el material está sometido, dependiendo principalmente del procedimiento utilizado para sedimentarlo y compactarlo.

La densidad relativa de los estratos de arena ejerce una influencia decisiva sobre el ángulo de fricción interna de la misma, sobre su capacidad de carga y sobre el asentamiento de Zapatas que descansan en dicho material. La densidad relativa de una arena es mucho más importante que cualquiera de sus otras propiedades excepto posiblemente de su permeabilidad. El tamaño del grano no tiene influencias sobre la densidad relativa y la capacidad de carga de una arena, cuanto mayor es el valor

hallado de la Densidad Relativa, más resistente sera el suelo.

La distribución granulométrica y la forma de los granos también influyen sobre el valor de  $\phi$ . En estos suelos la resistencia al corte provienen de la trabazón, entre granos, los valores  $\phi$  no se diferencian apreciablemente para el suelo seco o húmedo.

Para hallar la capacidad de carga de este tipo de suelos hemos partido de la densidad Relativa para luego hallar con este, el ángulo de fricción y con este los valores  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  del gráfico para luego obtener la, capacidad de carga.

Lo primero que se ha realizado para hallar la capacidad de carga en los suelos no cohesivos, es la de realizar una corrección por grava para los suelos con buen porcentaje de grava aplicando la siguiente fórmula:

$$D_{2N^{\circ}4} = \frac{100 D_{nt} - 0.9 S_{sg} \% G}{100 - \%G}$$

Donde:

$D_{2N^{\circ}4}$	=	Densidad de material que pasa la malla $N^{\circ} 4$
$D_{nt}$	=	Densidad natural
$S_{sg}$	=	Peso específico
$\% G$	=	Porcentaje de Grava.

Una vez obtenido el valor de  $D_{2N^{\circ}4}$  se aplica la fórmula de la densidad Relativa.



CUADRO 5.4 .- CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

CALICATA	L I M I T E S		IP	Dr	$\phi$	$\gamma$	Df	Nq	B	Ny	Q'c Kg/cm2
	LL	IP									
A R E N A S											
A - 1	-	-	-	85	37.0	2047	1.0	12.0	0.6	9.0	3.5
A - 3	-	-	-	41	31.0	2100	1.0	7.7	0.6	5.0	2.0
A - 4	-	-	-	69	35.0	1882	1.0	10.7	0.6	8.0	3.0
A - 5	-	-	-	42	31.0	2010	1.0	7.7	0.6	5.0	2.0
A - 6	46.1	35.3	10.8	-	33.0	1011	1.0	9.0	0.6	6.0	0.9
A - 7	47.0	30.2	13.8	-	31.5	1020	1.0	9.1	0.6	5.4	0.9
A - 8	45.5	32.1	13.4	-	32.0	1015	1.0	9.2	0.6	5.5	0.9
A - 9	-	-	-	41	31.0	2020	1.0	7.7	0.6	5.0	2.0
H U M A N O A R E N A S											
H - 1	-	-	-	57.4	34.0	1646	1.0	9.5	0.6	6.7	2.0
H - 2	-	-	-	52.4	33.0	1640	1.0	8.8	0.6	5.8	2.0
C O R R I E											
C - 1	35.5	28.19	7.36	-	33.5	1224	0.5	9.8	0.6	6.5	0.9
C - 2		CONSISTENCIA				BLANDA			0.4		0.8
C - 3		CONSISTENCIA				BLANDA			0.6		0.9
C - 4		CONSISTENCIA				BLANDA			0.6		0.8
C - 5	35.0	28.0	7.0	-	33.0	1010	0.8	9.8	0.6	6.9	0.9
C - 6		CONSISTENCIA				BLANDA			0.6		0.9



$$Dr = \frac{\gamma_{\text{máx}} (\gamma - \gamma_{\text{min}})}{\gamma (\gamma_{\text{max}} - \gamma_{\text{min}})}$$

Con este valor obtenido de la Densidad Relativa, se halla el valor de  $\phi$  y luego plicando la Ecuación General :  $q = CN_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma N_\gamma$  donde por no haber cohesion  $C N_c = 0$  tenemos  $q = \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma N_\gamma$ ; los valores de  $N_q$  y  $N_\gamma$ , se hallan como anteriormente se ha explicado; obteniendose en esta forma la capacidad de carga de los suelos granulares o no cohesivos.

La presión que soporta el suelo debido a una zapata no es constante con la profundidad, sino que esta disminuye a medida que aumenta la profundidad; por esto la parte que se encuentra en contacto con la cimentación es la que soporta la mayor presión, los resultados obtenidos de estos cálculos se presentan en el cuadro N° 5.4 .

### 5.5. ZONIFICACION DE SUELOS

Los suelos encontrados en las ciudades estudiadas, varían de cohesivos como el caso de Corire y no cohesivos en Aplao y Huancarqui. Al estudiar estos, se han podido agruparlos por su semejanza con lo que se busca hacer una Zonificación de suelos en las ciudades de Aplao, Huancarqui y Corire.

En el anexo 2 se señalan estos resultados obtenidos en el análisis de los suelos de las 3 ciudades, así como sus principales características; las que se señalan a continuación.

### 5.5.1 SUELOS DE AYLAC

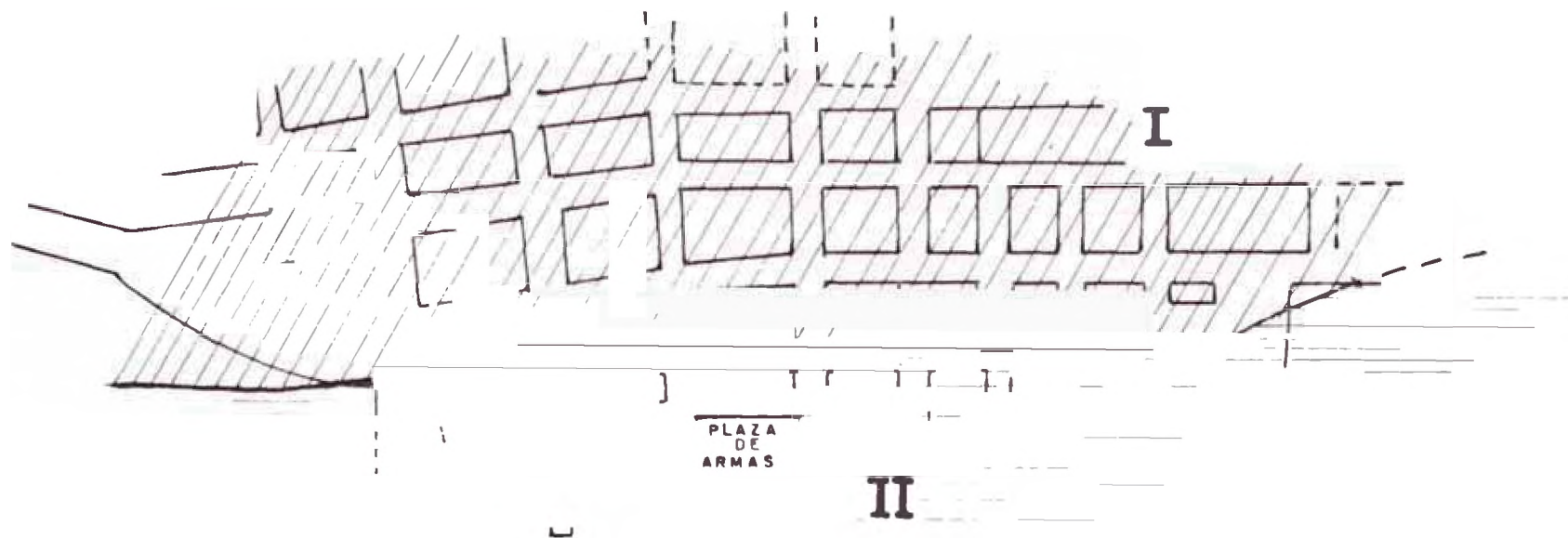
La ciudad de Aylao se encuentra cimentada sobre un cono de deyección proveniente del Grupo Yura, en la que los derrubios que la conforman son de CUARCITA, está es una roca metamórfica arenisca, con un 90% de cuarzo que se encuentra solidamente cementada por sílice, al mismo tiempo que sus granos son casi en su totalidad, también de Sílice. Los derrubios del cono son angulosos ya que las distancias, que han sido arrastrados antes de su deposición es corta.

La otra parte de la ciudad, se halla sobre fino, proveniente del arrastre del Río Majes, el que mayor profundidad presenta gravas redondeadas envueltas en una matriz arenosa.

En esta ciudad se realizaron un total de 9 calicatas cuya característica de suelo, así como la potencia de cada uno de sus estratos se indican al final del capítulo. Clasificando los suelos encontrados de acuerdo a la clasificación de suelos que da el reglamento Nacional de Construcciones, observamos como esta ciudad presenta el suelo I en la parte alta y II en la parte baja; esto se indica en la figura N° 06 .

### CLASIFICACION DE LOS SUELOS

CLASIFICACIÓN	TIPO DE SUELO DE CIMENTACION
I	Roca, grava densa, grava arenosa densa.
II	Arena gruesa, suelo cohesivo duro o firme.
III	Suelos granulares sueltos, suelos cohesivos medianos o blandos.



# SUELOS DE CIMENTACION EN APLAO



## CLASIFICACION

I

II

## TIPO DE SUELO DE CIMENTACION

ROCA , GRAVA DENSA , GRAVA ARENOSA  
DENSE

ARENA DENSA , SUELO COHESIVO  
DURO O FIRME

FIGURA 6

A continuación se da una descripción de calicatas representativas de los suelos encontrados en Aplao.

CALICATA A-5 ( Ubicada en la esq. de Libertad y J. Chavez )

En esta calicata se observan 2 estratos , el primero de una potencia de 2.8 m. es de GRAVAS MAL GRADUADA cuyos elementos son gravas angulosas hasta de un tamaño de 4" encontrandose también bloques de roca ( CUARCITA ) de 1 a 1.5 m. de diámetro, estos se encuentran envueltos en una matriz areno-limoso de color rosado seco, con un contenido de humedad de 2.1% a 1m. de profundidad.

El segundo estrato se encuentra conformado por GRAVAS BIEN GRADADAS siendo estas, gravas angulosas de tamaños hasta de 4" , con bloques de 1 mt. de diámetro , envueltos en una matriz areno-limoso de color rosado, bien seco, siendo este medio compacto; en este estrato se hallaron algunas características las que son: contenido de Humedad ( W% ) 4.52 a 3.0 m. de profundidad.

DENSIDAD NATURAL HUMEDA 2050 kg/m<sup>3</sup>

DENSIDAD RELATIVA 42%

CAPACIDAD DE CARGA 2 kg/cm.<sup>2</sup>

CALICATA A-7 ( Ubicado en la Avda. Moran )

Esta calicata hecha en la parte baja de la ciudad, tiene en la parte superior un relleno de tierra de cultivo de unos 30 cm. ; luego se encontro un estrato compuesto por limos con arenas bien finas con poca grava redondeada a medida que esta se profundiza se hace más numerosa, y mayor cantidad de grava, hallandose las propiedades que se describen a continuación :

CONTENIDO DE HUMEDAD	( W% )	35.08%	a 2m. de profundidad.
LIMITE LIQUIDO	( LL )	47	
LIMITE PLASTICO	( LP )	33.2	
CAPACIDAD DE CARGA		0.8 k/cm. <sup>2</sup>	

### 5.5.2 SUELOS DE HUANCARQUI

La ciudad de Huancarqui, se encuentra construida sobre terreno de la Formación Moquegua, conformada por ARENISCAS, la que es una roca apropiada para la cimentación, por su alta Densidad. Un problema que presenta esta Formación Moquegua es la de presentar dentro de sus estratos lentes de yeso, no siendo esta recomendable para un suelo de cimentación, debido a que al ponerse en contacto con el agua sufre deformaciones, pudiendo ocasionar el colapso de la estructura.

En esta ciudad de las Calicatas hechas se desprende que existen 2 Tipos de suelo; los que se pueden agrupar en el Tipo II del RNC; uno de los cuales (Areno-limoso), es el que se encuentra en mayor proporción en la ciudad de Huancarqui; ubicado tanto en la zona baja como en algunas zonas de la parte alta, este perfil de suelo se señala en el anexo 2, siendo bien seco, ya que su contenido de humedad es bastante bajo (2% aproximadamente), el otro tipo de suelo encontrado es gravoso y se encuentra, ubicado en la parte alta de la ciudad.

En Huancarqui se hicieron cuatro Calicatas a poca profundidad lo que nos proporciona una idea aproximada de los tipos de suelos de cimentación, de estas calicatas se sacaron muestras disturbadas, y se hallaron en el campo por medio del cono de arena la Densidad natural del suelo;

y de las muestras la granulometría, encontrándose luego el tipo de suelo así como la Densidad Máxima y Mínima con lo que se hallaron la Densidad Relativa y la capacidad de carga del suelo, estos resultaron ser poco plásticos. A continuación se da una descripción de 2 calicatas.

CALICATA H - 1 ( Ubicada en el Jr. Lopez y Nates )

Como primer estrato de la secuencia estratigráfica de la calicata es la de un relleno limoso, un poco duro y compacto y de color blanquesino; en esta calicata se observa un lente de Yeso que es característico de este suelo proveniente de la Formación Moquegua, y se encuentra; a 0.30m. de la superficie, luego sigue un estrato ARENO LIMOSO siendo una ARENA POBREMENTE GRADUADA, bien fina, de color rosado, con poca gravilla angulosa y bien seco pero a medida que se profundiza se observa que aumenta la humedad así como el porcentaje de grava, siendo esta redondeada y es poco plástico como características salientes tenemos:

CONTENIDO DE HUMEDAD	2.6%
DENSIDAD RELATIVA	57.4
CAPACIDAD DE CARGA	2 k/cm. <sup>2</sup>

CALICATA H - 3 ( Ubicada en la calle Juan Pablo Vizcardo y Guzman )

Este suelo es una GRAVA POBREMENTE GRADUADA, estas gravas tiene hasta un tamaño de 2" , se encuentra en vuelto en una matriz Areno-limoso de color rosado, seco con un contenido de humedad de 2.5% a 1m. de profundidad; en esta parte hasta la profundidad escabada no se presentaron; lentes de yeso, presumiéndose que se encuentran a mayor profundidad.

### 5.5.3 SUELOS DE CORIRE

La ciudad de Corire que se encuentra ubicada en el centro del valle fluvial que forma el Río Majes, presenta una problemática diferente a las ciudades antes estudiadas debido a que se encuentra sobre un suelo aluvial, originado por el arrastre del Río y tener una napa freática cercana a la superficie.

Las aguas subterráneas de la ciudad de Corire, provienen de los semorios de arroz: Lo elevado del nivel freático es debido al caudal del río y de los semorios de arroz, que genera que el nivel freático se coloque a unos 30 cm. de la superficie en los meses de los semorios de arroz y bajen en los demás meses.

La ciudad de Corire se encuentra pendiente abajo o rodeado por estos arrozales, siendo las aguas subterráneas que posee de gravitación. En la fluencia gravitativa; cada partícula de los suelos está todavía cubierto por una película muy delgada de humedad extraída, películas que en los suelos de grano fino, incluso arenosos y acenar próximos entre sí que sólo queda un paso muy estrecho y reducido para la fluencia gravitativa.

Los suelos situados por encima del nivel freático poseen una capacidad de succión que produce el denominado movimiento capilar del agua, a partir del nivel freático y en los suelos finos estos pueden alcanzar una altura grande.

El nivel de aguas freáticas no es horizontal, ni en sentido longitudinal, es decir en la dirección del flujo, ni en dirección transversal, y cuando tiene lugar en suelos, su conformación sigue, a menudo, de manera atenuada la de la superficie del terreno suprayacente. Está en



movimiento constante excepto en algunos puntos aislados.

El N.F. de las aguas subterráneas en Corire ; sufre una variación aproximada de 0.70 m. entre los meses Febrero y Junio, a continuación se da un cuadro de las medidas efectuadas en las calicatas hecha en Corire.

CALICATA	<u>N I V E L      F R E A T I C O</u>					
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
05.02.80	0.40	0.95	0.70	0.90	1.20	0.90
11.06.80	1.10	1.55	1.40	1.00	-	1.60

El nivel freático cercano a la superficie produce un incremento en la intensidad sísmica, en la localidad; se puede calcular esta en forma empírica y aproximada por la fórmula siguiente :

$$I = e^{-0.04 h^2}$$

Donde:

$h$  = Profundidad de la capa freática (medida desde la superficie)

$I$  = Incremento de la intensidad, en Escala MSK

Utilizando esta fórmula para los niveles más bajo y alto de las medidas tenemos que existe un incremento aproximado de un décimo de grado; a continuación se da el cuadro que indica las variaciones que sufren estos niveles.

NF	0.40	0.70	0.90	0.95	1.10	1.20	1.40	1.55	1.60
I	.9936	.9806	.9681	.9645	.9528	.9440	.9246	.9084	.9027

Según esta Fórmula empírica el Nivel Freatico al hacerse superficial existe una amplificación de 1 grado en la Escala MSK quedando nula a partir de los 10 metros : de profundidad del nivel freático.

El suelo encontrado en esta ciudad se puede tipificar como de III según el R.N.C. este suelo se renite en todo el valle como se puede ver en la Jarina N° 02 , donde observamos que el estrato superior es un suelo fino ( Arcillo - Limoso ) variando en una potencia de 0.6 a 2m; encontrándose caliche en este estrato. A continuación se describe una calicata representativa, las que se detallan en el anexo 2 y en las fotos 9 y 10 en el que se señalan anexo 3.

CALICATA C-2 .- ( Ubicada en la Plaza 28 de Julio )

Los estratos encontrados en esta calicata , son semejantes a las obtenidas en las otras escabaciones realizadas en esta ciudad. El Primer Estrato es una arcilla de baja plasticidad de color marrón claro, poco consistente , con un contenido de humedad de 21.5%, existiendo caliche , con una potencia de 0.60 m. como Segundo Estrato existe una arena bien fina con Limo, de color amarillento verdoso de poca consistencia; presenta un Tercer Estrato de Graves pobremente graduadas redondeadas con matriz arenoso limoso . Los niveles freáticos encontrados con bastante superficial habiéndose encontrado el 05-02-80 a 0.50 m. de la superficie y al 11-06-80 0.95 m.

## CONCLUSIONES

En el anexo 3 se muestran las fotografías que indican los suelos encontrados. En las ciudades de Apao, Huancargui y Corire se realizaron pruebas para determinar el tipo de suelo utilizando para esto el cono de arena proctor confeccionados por nosotros. Valiendonos de las depósitos

se halla la capacidad de carga de los suelos granulares y para los finos el cuadro de Terzaghi por consistencia.

La ciudad de Aplao presenta dos tipos de suelo uno que se encuentra sobre un cono de deyección cuyos elementos se encuentran conformados por derrubios de cuarcita envueltos en una matriz areno - limoso , seco con un contenido de humedad aproximado de 3% , bien compacto y el otro cerca al Río Majes de material fino.

Huancarqui presenta un suelo semejante al de Aplao, con la diferencia de que este posee en su suelo lentes de yeso siendo este negativo para la estructura de una vivienda, ya que al humedecerse tiende a hincharse.

Corire se encuentra sobre un suelo aluvial proveniente de los acarreos y disposiciones del Río Majes; a diferencia de las 2 ciudades antes descritas presenta un suelo fino en su estrato superficial con una potencia que varia de 0.60 m. a 2.00 m. ; luego de este viene el suelo de gravas redondeadas con matriz arenosa; otra característica saltante es su nivel freático que en épocas de siembra de arroz llega hasta 0.10 m. de la superficie.

De las condiciones locales es indudable la importancia que tiene el tipo de suelo y sus características, en la respuesta sísmica de una vivienda ante una sollicitación, sísmica. Se ha observado que en las ciudades con un suelo compacto como es el caso de Aplao y Huancarqui los danos en las construcciones son pocas, en cambio en la ciudad de Corire con un suelo blando y napa freática alta los danos son mayores.

## C A P I T U L O    V I

### EVALUACION DE LOS DAÑOS

#### 6.1    INTRODUCCION

Los pasos que se han seguido para realizar la evaluación de daños en las ciudades de Aplao, Huancarqui y Corire se pueden agrupar en tres etapas; la primera de las cuales consistió en realizar un trabajo de campo en dichas ciudades por dos semanas, donde se realizaron estudios con el fin de determinar los tipos de fallas que habían sufrido los diversos viviendas construidas en la zona (Viviendas de adobe, de ladrillo, concreto, etc. ), y el tipo de suelo de la zona en forma superficial. Las construcciones dañadas y no dañadas se inspeccionaron tomándose información respecto a sus características ( ancho de muros, altura de muros, materiales utilizados, daños en los elementos estructurales y en los no estructurales, etc. ), para recopilar esta información se utilizó el formato N° 5 que se indica en el anexo N° 1 ; una vez obtenida esta información en los formatos, se pasó a una segunda etapa la que consistió en evaluar los daños encontrados en los diversos tipos de cons

trucción para realizar esta evaluación nos valemos de la clasificación de daños de la escala MSK.

### ESCALA SISMICA MSK - CLASIFICACION DE DANOS

#### CLASE 1 - Daños Leves

Fisuras en los revestimientos, caídas de pequeños trozos de revoque.

#### CLASE 2 - Danos Moderados

Grietas pequeñas en los muros, caída de grandes trozos de revoque, caída de parapetos grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales de las mismas.

#### CLASE 3 - Danos Severos

Grietas grandes y profundas en los muros, caída de chimeneas.

#### CLASE 4 - Destrucción Parcial

Brechas y grietas en los muros, derrumbamiento, parcial de los edificios, agrietamiento entre distintas partes o secciones de las construcciones, desmonoramiento ( colapso ) de paredes interiores y muros.

#### CLASE 5 - Colapso

Destrucción total de las construcciones o de sus partes vitales.

En esta forma se pudo apreciar que las construcciones de ladrillo así como las de concreto armado no, habian sufrido danos en las tres ciudades donde se realizo esta evaluación, en cambio las construcciones de adobe

sufrieron un dano apreciable en las ciudades de Corire donde casi todas estas viviendas fueron dañadas; por el contrario en las ciudades de Aplao y Huancarqui estos fueron mucho menores.

Como podemos observar la clasificación de danos que presenta la escala sísmica MSK, da unos rangos amplios para hallar esta; por lo que al realizar la evaluación se tomo una adaptación empirica en la que se dan rangos de aberturas y longitudes de fallas, las que se presentan en la siguiente Tabla.

TABLA CUANTIFICADA DE LA CLASIFICACION  
DE DANOS MSK

DANO CLASE	ESPESOR	LONGITUD	AFINAMIENTO		
			-	=	+
1	2mm	0.5m	1/2mm	1/2-1mm	1-2mm
2	2mm-5mm	1.5m	2-3mm	3-4mm	4-5mm
3	1/2cm-2cm	1.5m	0.5-1cm	1-1.5cm	1.5-2cm
4	2cm	1.5m	---	---	---
Derrumbe parcial					

Una vez concluida con esta segunda parte, se procedio ha realizar la evaluación de las viviendas Tipo A ( adobe ) comparandose los resultados obtenidos en las tres ciudades, para determinar su comportamiento ante la solici tación sísmica. Los Tipos B y C que se encuentran en poca proporción en las 3 ciudades no han sufrido danos considera\_bles.

## 6.2 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS VIVIENDAS

Para la evaluación de estos tipos constructivos ,

se los agrupa según la clasificación usada en la escala MSK.

#### CLASIFICACION USADA EN LA ESCALA M.S.K.

#### TIPO DE ESTRUCTURAS ( Excluye estructuras sismo-resistentes)

TIPO A : Bloques de piedra sin trabar, piedras y barro como mortero, adobes. Canto rodado y barro (formando hormigones), tapial ordinario, piedra asentada con trabazones, ladrillo de teja asentado con mortero pobre.

TIPO B : Construcciones de ladrillo sin reforzar y de bloques prefabricados, construcciones de sillar o piedra natural cortada, Estructura de pilares de concreto o acero.

TIPO C : Edificios reforzados con elementos dúctiles, de acero o de concreto armado, Estructuras de concreto y acero de nudos soldados o empernados sin consideración especial simetría. Casas de madera bien diseñadas.

A continuación se da una descripción de los principales daños encontrados en las ciudades estudiadas.

#### 6.2.1 APLAO

En la ciudad de Aplao el 85 % de las viviendas se encuentran construidas de adobe ( Tipo A ), siendo el porcentaje de construcciones de ladrillos ( Tipo C ) pocos, y en menor proporción las de ladrillo del tipo B; la quincha es poca utilizada, utilizandose solo como tabiques divisorios, otra de las formas constructivas es la de adobe con columnas y vigas de amarre, habiendose tipificado aquí como del Tipo C.



Las viviendas evaluadas y sus principales características se muestran en el cuadro 6.1; donde se aprecia el comportamiento de las viviendas evaluadas ante las solicitudes sísmicas. A continuación se da a conocer el comportamiento que han tenido estos tipos constructivos en la ciudad de Aplao.

#### 6.2.1.1 TIPO A .- ( Adobe con mortero de barro )

Una de las características más saltantes que presentan este tipo constructivo es la de tener un ancho de muros de 0.90m , con adobes de buena calidad, siendo sus techos ligeros de madera con caña y cobertura de barro.

Las fallas más comunes encontradas en este tipo constructivo son las de fisuras en las esquinas y caída del revoque; observándose que aproximadamente el 25% de las viviendas en esta ciudad han sido dañadas; de las que un 47% presentan daños leves.

Las viviendas a las que se ha hecho referencia , son de un piso; a esto habría que agregar las viviendas del mismo tipo pero en 2 pisos los que presentan daños de pequeñas magnitud. En las fotos N<sup>o</sup> 11 y 12 se señalan estos daños.

#### 6.2.1.2 TIPO B .- ( Ladrillo sin refuerzo )

Las viviendas de este tipo constructivo son pocas en la ciudad de Aplao; en la evaluación de daños efectuada , se ha podido constatar que este tipo constructivo no ha sufrido; daño alguno, a no ser de pequeñas figuras en el revestimiento; la que tiene un valor de 1 en la escala MSK.

CUADRO 6.1 .- EVALUACION DE VIVIENDAS EN APLAO

N°	DIRECCION	N° Pisos	Ant. años	CIMENTACION	MUROS		h	e	TECHO	DAÑO
					Tipo	Material				
1	M. Melgar s/n	1	2	Cerrida	Reforzado	Ladrillo	2.8	0.25	Aligerado	0
2	Libertad s/n	1	5	Cerrida	Reforzado	Ladrillo	2.4	0.25	Aligerado	0
3	COLEGIO	2	8	Cerrida	Portico	Ladrillo	6.4	0.25	Aligerado	0
4	P. Vizcarde 811	1	2	Cerrida	Portante	Ladrillo	2.4	0.25	Aligerado	0
5	COLEGIO DE MUJERES	1	10	Cerrida	Portante	Ladrillo	3.4	0.25	Aligerado	1
6	CINE	2	10	Cerrida	Portico	Ladrillo	6.0	0.25	No tiene	0
7	MUNICIPALIDAD	2	4	Cerrida	Portante	Ladrillo	6.0	0.25	Aligerado	0
8	Progreso 115	2	8	Cerrida	Portante	Ladrillo	6.00	0.25	Aligerado	0
9	MERCADO	1	30	Cerrida	Portico	Concreto	6.0	0.15	Tijerales de madera y Calamina	0
10	Camal y bomba de agua	1	25	Cerrida	Portante	Ladrillo	3.0	0.25	Aligerado	1
11	C. B. Castilla	2	12	Cerrida	Portico	Ladrillo	6.0	0.25	Aligerado	2
12	ESAR	1	9	Cerrida	Portante	Ladrillo	3.0	0.25	Madera, eternit	1
13	M. Melgar s/n	1	5	Cerrida	Portante	Adobe	2.5	0.45	Caña con torta de barro	1
14	2 de Mayo 206	1	5	Cerrida	Portante	Adobe	3.0	0.45	Madera y torta de barro	1
15	2 de Mayo 201-A	1	18	Cerrida	Portante	Adobe	3.5	0.6	Madera y torta de barro	0
16	Libertad 415	1	20	Cerrida	Portante	Adobe	3.3	0.6	Madera y torta de barro	2
17	Libertad s/n	1	60	Cerrida	Portante	Adobe	3.0	0.5	Madera y torta de barro	1
18	Libertad 700	1	20	Cerrida	Portante	Adobe	3.0	0.5	Madera y torta de barro	1
19	Pizarro 110	1	22	Cerrida	Portante	Adobe	3.0	0.8	Madera y torta de barro	1
20	28 de Julio 100	1	40	Cerrida	Portante	Adobe	2.8	1.0	Madera y torta de barro	4
21	Esq. Bolivar y Libert.	1	3	Cerrida	Portante	Adobe	2.5	0.5	Madera y torta de barro	3
22	28 de Julio 108	1	5	Cerrida	Portante	Adobe	2.5	0.5	Madera y torta de barro	0
23	P. Vizcarde 301	1	30	Cerrida	Portante	Adobe	3.2	0.7	Madera y torta de barro	4
24	Castilla 427	1	11	Cerrida	Portante	Adobe	3.5	0.8	Madera y torta de barro	1
25	P. Vizcarde s/n	1	13	Cerrida	Portante	Adobe	2.6	0.7	Madera y torta de barro	2
26	Castilla 603	1	60	Cerrida	Portante	Adobe	3.0	0.9	Carrizo y torta de barro	2
27	Castilla 406	1	100	Cerrida	Portante	Adobe	3.15	0.9	Madera y torta de barro	2
28	Castilla 400	1	70	Cerrida	Portante	Adobe	3.55	0.9	Madera y torta de barro	2
29	P. Vizcarde 800	1	40	Cerrida	Portante	Adobe	3.55	0.9	Madera y torta de barro	3
30	San Pedro 102	1	15	Cerrida	Portante	Adobe	2.9	0.5	Madera y torta de barro	2
31	Esq. Malgar y Chavez	1	15	Cerrida	Portante	Adobe	2.9	0.5	Madera y torta de barro	0
32	M. Melgar s/n	1	10	Cerrida	Portante	Adobe	3.1	0.5	Madera y torta de barro	1
33	M. Melgar s/n	1	1	Cerrida	Portante	Adobe	2.4	0.5	Madera y torta de barro	1
34	Libertad 221	1	25	Cerrida	Portante	Adobe	3.5	0.5	Madera y torta de barro	1

Nº	DIRECCION	Nº	Ant.	CIMENTACION	MUROS
		Pisos	años		Tipo
35	M. Melgar s/n	1	10	Corrida	Portante
36	J. Chavez 205	1	100	Corrida	Portante
37	Pardo 111	1	20	Corrida	Portante
38	Pardo 102	1	10	Corrida	Portante
39	Libertad 401	1	4	Corrida	Portante
40	P. Vizcardo 215	1	50	Corrida	Portante
41	Castilla 304	1	50	Corrida	Portante
42	P. Vizcardo 102	1	40	Corrida	Portante
43	Castilla 304	1	100	Corrida	Portante
44	Plza. B. Aires 205	1	80	Corrida	Portante
45	21 de Marzo 679	1	17	Corrida	Portante
46	P. Vizcardo 812	1	15	Corrida	Portante
47	P. Vizcardo 709	1	60	Corrida	Portante
48	2 de mayo 108	1	50	Corrida	Portante
49	Esq. 2 de mayo y Vizc.	1	50	Corrida	Portante
50	P. Vizcardo 414	1	100	Corrida	Portante
51	28 de Julio 205	1	8	Corrida	Portante
52	Castilla 601	1	100	Corrida	Portante
53	Castilla 503	1	60	Corrida	Portante
54	Libertad 605	1	10	Corrida	Portante
55	Pardo 102	1	20	Corrida	Portante
56	Libertad 305	1	30	Corrida	Portante
57	J. Chavez s/n	1	5	Corrida	Portante
58	Libertad s/n	1	10	Corrida	Portante
59	P. Vizcardo 201	1	40	Corrida	Portante
60	IGLESIA	1	100	Corrida	Portante
61	HOSPITAL	1	40	Corrida	Portante

Material	h	e	TECHO	DAÑOS
Adobe	2.9	0.5	Madera y torta de barro	1
Adobe	2.5	0.9	Madera y torta de barro	1
Adobe	2.6	0.4	Madera y torta de barro	0
Adobe	2.7	0.4	Madera y torta de barro	0
Adobe	2.7	0.4	Madera y torta de barro	0
Adobe	3.1	0.9	Madera y torta de barro	0
Adobe	3.1	0.9	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.1	0.9	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.8	1.2	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.0	0.7	Madera y torta de barro	3
Adobe	2.4	0.4	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.0	0.5	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.0	0.8	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.0	0.8	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.0	0.9	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.0	0.8	Madera y torta de barro	2
Adobe	2.6	0.4	Madera y torta de barro	0
Adobe	2.8	0.9	Madera y torta de barro	3
Adobe	3.0	0.9	Madera y torta de barro	3
Adobe	3.4	0.4	Madera y torta de barro	0
Adobe	2.6	0.45	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.4	0.5	Madera y torta de barro	0
Adobe	2.4	0.5	Madera y torta de barro	0
Adobe	2.7	0.5	Madera y torta de barro	0
Adobe	3.5	0.5	Madera y torta de barro	0
Adobe	6.0	1.0	Madera y torta de barro	1
Adobe	3.5	0.9	Madera y torta de barro	2

### 6.2.1.3 TIPO ( Ladrillo ó adobe con refuerzo )

Los efectos sísmicos más comunes en las viviendas construidas de ladrillo reforzadas con columnas y vigas de amarre, presentan fisuras horizontales leves en la parte exterior de los muros y debajo de la viga, pero solo en la parte de la tabiquería más no en los muros portantes ni en los elementos estructurales.

El Colegio Centro Base Libertador Castilla que se encuentra construido con porticos y muros portantes, zapatas de cimentación a una profundidad de 2.5 metros, no presenta daños considerables que hagan peligrar la estructura a no ser unas pequeñas fisuras por daño de columna corta. Esta falla se muestra en la foto N° 13, en el anexo N° 03. En general las viviendas construidas con ladrillo no han sufrido daños de consideración siendo en su mayoría leves y de fácil reparación.

A las construcciones de adobe que le han sido agregadas columnas y vigas de amarre se las ha considerado dentro este tipo constructivo, habiendo estas respondido en forma aceptable ya que ninguna de las viviendas han tenido daño severo, presentando solo pequeñas fisuras en los encuentros entre los elementos estructurales y el adobe.

### 6.2.2 HUANCARQUI

Las construcciones de la ciudad de Huancarqui son en su gran mayoría de adobe, de las cuales algunas han sufrido deterioro por el tiempo y otros daños leves debido al sismo ocurrido el 16 de Febrero de 1979. El total de viviendas en Huancarqui es de 185 de las cuales 8 son de ladrillo 151 de adobe y 26 de Quincha.

Los daños ocasionados en los diferentes tipos constructivos en Huancarqui, se da en mayor proporción en las viviendas construidas con adobe ( Tipo A ) donde hay hasta caída de muros en la parte baja de Huancarqui; en lo que se refiere a las construcciones de ladrillo y quinchas ( Tipo C ), no han sido afectadas. El cuadro 6.2 señala las viviendas evaluadas y sus principales características.

#### 6.2.2.1 TIPO A .- ( Adobe con mortero de barro )

Las viviendas de este tipo constructivo son de cimentación corrida de piedra con barro o concreto pobre muros de adobe sin refuerzo y techo de troncos de nuarango; o sauce, caña y cobertura de barro. Los daños que han sufrido estas viviendas ha sido variado, así algunas no han sufrido daño alguno y sin embargo otras han tenido hasta caída de muros; el 30% de las viviendas han sido danadas y de estas un 50% presentan daños leves, siendo muy pocas las que presentan caída de muros, las fallas más generalizadas que se observan en estas construcciones es la caída del estuco, fisuras alrededor de los encuentros de las vigas de madera con el muro de adobe, fisuras alrededor de los dinteles de las puertas y ventanas, en las esquinas esto se muestra en la Foto N° 14 . Otros daños mas severos como son la caída del muro lo que se muestra en la Foto N° 15 , lo que es debido a ser casas antiguas que han pasado varios sismos estando su estructura mal reparada despues de los terremotos, esto ha incidido para que haya una superposición de efectos en algunas viviendas, sobre todo en las casas antiguas que se hallan abandonadas.

#### TIPO C .-

Las viviendas de este tipo constructivo son pocas en Huancarqui; las construcciones son del tipo de muro portante con columnas y vigas de amarre, a excepción de la Iglesia que es del tipo estructural con columnas de

CUADRO 6.2 .- EVALUACION DE

Nº	DIRECCION	Nº Pisos	Antg años	Cimentación	MU Tipo
01	Loreto 118	1	25	Corrida	Portante
02	Lopez y Nates 100	1	30	Corrida	Portante
03	Loreto 184	1	25	Corrida	Portante
04	Loreto 281	1	50	Corrida	Portante
05	Lopez y Nates s/n	1	1	Corrida	Portante
06	30 de Agosto 147	1	15	Corrida	Portante
07	Posta Medica	1	8	Corrida	Reforz.
08	Loreto 372	1	10	Corrida	Portante
09	Lopez y Nates 209	1	10	Corrida	Portante
10	30 de Agosto 275	1	15	Corrida	Portante
11	Loreto 422	1	60	Corrida	Portante
12	7 de Junio 223	1	10	Corrida	Portante
13	MERCADO	1	25	Reforz.	Portico
14	Caseta de Bombeo	1	10	Corrida	Portante
15	Lopez y Nates 360	1	40	Corrida	Portante
16	Lopez y Nates 401	1	15	Corrida	Portante
17	30 de Agosto 437	1	19	Corrida	Portante
18	Vizcardo y G. s/n	1	5	Corrida	Portante
19	Lopez y Nates 562	1	100	Corrida	Portante
20	Lopez y Nates 519	1	15	Corrida	Portante
21	Lopez y Nates 529	1	30	Corrida	Portante
22	7 de Junio 530	1	18	Corrida	Portante
23	esq. 30 de Ag y S.M.	1	2	Corrida	Portante
24	P. Vizcardo 216	1	20	Corrida	Portante
25	ESCUELA PRIMARIA	1	15	Reforz.	Reforz.
26	Lopez y Nates 762	1	20	Corrida	Portante
27	MUNICIPALIDAD	1	10	Corrida	Portante
28	30 de Agosto 703	1	25	Corrida	Portante
29	IGLESIA	1	13	Zapatas	Portico
30	Lopez y Nates 864	1	20	Corrida	Portante
31	Lopez y Nates 845	1	4	Corrida	Portante



# VIVIENDAS EN HUANCARQUI

PROS	Material	h m	e m	TECHO	DAÑO
	Adobe	2.3	0.6	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	3.3	0.6	Huarango, caña y torta de barro	3
	Adobe	3.3	0.45	Huarango, caña y torta de barro	0
	Adobe	3.0	0.9	Huarango, caña y torta de barro	1
	Quincha	2.6	0.1	Madera de huarango y caña	0
	Adobe	2.8	0.4	Huarango, caña y torta de barro	1
	Ladrillo	2.6	0.25	Aligerado	0
	Adobe	2.8	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	2.4	0.45	Huarango, caña y torta de barro	2
	Adobe	2.5	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	3.0	0.9	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	2.8	0.4	Huarango, caña y torta de barro	1
	Ladrillo	6.0	0.4	Madera y calamina	1
	Ladrillo	2.5	0.2	Aligerado	2
	Adobe	4.5	0.5	Huarango, caña y torta de barro	
	Adobe	2.5	0.9	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	2.5	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	2.7	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	4.2	0.7	Huarango, caña y torta de barro	4
	Adobe	6.0	0.6	Huarango, caña y torta de barro	2
	Adobe	3.5	0.4	Huarango, caña y torta de barro	3
	Adobe	3.5	0.6	Huarango, caña y torta de barro	2
	Adobe	2.7	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	3.0	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Ladrillo	2.7	0.25	Aligerado	0
	Adobe	3.0	0.55	Madera, caña y torta de barro	4
	Adobe	2.7	0.5	Huarango, caña y torta de barro	1
	Adobe	2.8	0.4	Huarango, caña y torta de barro	2
	Ladrillo	4.5	0.25	Madera con calamina	0
	Adobe	4.0	0.5	Huarango, caña y torta de barro	4
	Quincha	2.1	0.1	Troncos de sauce y caña	0

0.40 x 0.40 m. con techo de arco de madera y cobertura de calamina; en general estas construcciones no han sufrido un daño apreciable a no ser por la caseta de bombeo el que ; presenta pequeñas fisuras en los muros caída del revoque, grietas que salen de los vertices superiores de las ventanas, esta grieta llega hasta romper un ladrillo y las fisuras siguen la dirección del mortero; la caseta de bombeo se encuentra ubicado en la parte baja de Huancarqui y a 2 metros de ella pasa una acequia con un caudal apreciable de agua, además están cerca las chacras que se hallan regadas, habiéndose encontrado cerca lentes de yeso; estas grietas en la caseta de bombero pueden deberse al hinchamiento del yeso al humedecerse produciendo tensiones en la cimentación otra construcción de este tipo con daños apreciables es la del Mercado, el que presenta fisuras en forma perpendiculares al suelo este Mercado se encuentra parte de el cimentado sobre relleno, siendo aquí donde se ha asentado, pero es de poca consideración, las demás construcciones de ladrillo no tienen daño.

Son pocas las viviendas hechas con Quincha, la forma como esta construida es la de tener unos parantes que son de Huarango clavados directamente al suelo y llevan entrelazados carrizos, el techo es de troncos de huarango o sauces entretejido con cana y torta de barro. Este tipo de construcciones no han sufrido ningún daño por el sismo del 16 de Febrero .

### 6.2.3 CORIRE

En la ciudad de Corire existen un total de 209 viviendas unifamiliares; de las cuales 14 se encuentran construidas de ladrillo con columnas y vigas de amarre, 142 de Quincha o caña, 6 de adobe con columnas de concreto como refuerzo y 47 de adobe. Los daños observados en estos tipos constructivos así como sus principales características se muestran en el cuadro VI.3 .

### 6.2.3.1 TIPO A .- ( Adobe con mortero de barro )

La mayoría de estas construcciones constan de cimientos corridos de piedras grandes con una matriz de barro o concreto, parecidas a las de las otras ciudades.

Es en este tipo de construcción de viviendas donde se aprecia la mayor incidencia de danos ocasionado , por el sismo del 16 de Febrero, todas las construcciones, de adobe en la ciudad de Corire han sufrido danos; que van desde caída del revestimiento hasta colapso de muros, de los cuales el 44% presentan danos severos.

Entre las fallas mas comunes en este tipo de construcciones, está el de desprendimiento del revestimiento cerca del vano de las puertas, agrietamiento en las esquinas o uniones de muro grietas que siguen la dirección, del mortero; se puede atribuir como causas de estas fallas al hundimiento de la cimentación; poco ancho de los muros; mala calidad en la elaboración de los adobes, muros demasiados largos, etc.; en las fotos N<sup>o</sup> 16 , 17 y 18 se pueden apreciar diversas fallas en este tipo constructivo en la ciudad de Corire.

### 6.2.3.2 TIPO C .-

Este tipo de construcciones han sido poco afectadas por el sismo del 16.02.79; los danos que se observan en las viviendas de ladrillo con columnas y vigas de refuerzo son las de pequeñas fisuras ( 2 mm. de espesor ) en el revestimiento de la fachada y cerca de las esquinas, estas fisuras son perpendiculares al piso. El CE Corire es el mas afectado de este tipo de construcción, en el cual se observa que los porticos no han sufrido ningún dano, ni se ven fallas por columna corta pero si que toda la tabiquería ha sido afectada con fisuras de 3mm. de espesor en forma ,

CUADRO 6.3 EVALUACION DE VIVIENDAS EN CORIRE

Nº	DIRECCION	Nº	Ant.	Cimentación	MURO		h m	e m	TECHO	DAÑOS
		Piso			Tipa	Material				
01	P. Vizcarde s/n	1	15	Corrida	Portante	Quincha	2.8	0.10	Caña de Guayaquil y carrizo	0
02	P. Vizcarde 443	1	30	Corrida	Portante	Adobe	2.7	0.40	Madera, caña y torta de barro	1
03	P. Vizcarde s/n	1	4	Corrida	Portante	Bloqueta	2.5	0.25	Aligerado	1
04	P. Vizcarde 442	1	30	Corrida	Portante	Adobe	2.7	0.4	Madera, caña y torta de barro	1
05	P. Vizcarde 413	1	25	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.5	Tijerales de nadera	2
06	IGLESIA	1	15	Corrida	Portante	Ladrillo	4.3	0.25	Aligerado	1
07	P. Vizcarde s/n	1	30	Corrida	Portante	Quincha	3.0	0.10	Caña, carrizo y esteras	0
08	P. Vizcarde 311	1	45	Corrida	Portante	Adobe	4.5	0.5	Tijerales de nadera	3
09	R. Castilla s/n	1	50	Corrida	Portante	Adobe	3.1	0.5	Madera, caña y torta de barro	3
10	Progreso 208	2	3	Corrida	Portante	Ladrillo	2.6	0.25	Madera	1
11	M. Grau 205	1	10	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.55	Madera, caña y torta de barro	2
12	Pza. 28 de Julio	1	50	Corrida	Portante	Adobe	2.5	0.4	Madera, caña y torta de barro	3
13	Progreso 206	1	10	Corrida	Portante	Adobe	2.8	0.4	Madera, caña y torta de barro	1
14	P. Vizcarde 204	1	30	Corrida	Portante	Adobe	2.6	0.4	Madera, caña y torta de barro	3
15	P. Vizcarde 209	1	4	Corrida	Portante	Ladrillo	2.6	0.25	Madera	1
16	Pza. 28 de Julio s/n	1	50	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.5	Madera, caña y torta de barro	3
17	Pasaje Olaya s/n	1	40	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.5	Madera, caña y torta de barro	1
18	P. Vizcarde 114	1	5	Corrida	Portante	Ladrillo	2.4	0.15	Caña y torta de barro	1
19	Plza. 28 de Julio 100	1	40	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.4	Madera, caña y torta de barro	2
20	P. Vizcarde 103	1	10	Corrida	Portante	Adobe	2.6	0.4	Madera, caña y torta de barro	3
21	M. Grau 105	1	30	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.4	Madera, caña y torta de barro	3
22	Mrcal. Caceres s/n	1	4	Corrida	Portante	Bloqueta	2.5	0.2	Aligerado	2
23	Mrcal. Caceres s/n	1	20	Corrida	Portante	Quincha	2.8	0.1	Caña, torta de barro	4
24	Mrcal. Caceres 313	1	50	Corrida	Portante	Adobe	3.0	0.4	Madera, caña y torta de barro	3
25	Mrcal. Caceres s/n	1	50	Corrida	Portante	Adobe	2.9	0.4	Madera, caña y torta de barro	3
27	Mrcal. Caceres s/n	1	50	Corrida	Portante	Quincha	2.7	0.1	Caña, carrizo y esteras	3
28	Mrcal. Caceres s/n	1	20	Corrida	Portante	Quincha	2.8	0.1	Madera, caña y torta de barro	3
29	P. Vizcarde s/n	1	15	Corrida	Portante	Quincha	2.5	0.1	Caña, carrizo y esteras	2
30	P. Vizcarde s/n	1	20	Corrida	Portante	Quincha	2.5	0.1	Caña, carrizo y esteras	2
31	P. Vizcarde 403	1	15	Corrida	Portante	Quincha	3.0	0.1	Caña, carrizo y estera	2
32	P. Vizcarde s/n	1	10	Corrida	Portante	Quincha	2.6	0.1	Caña, carrizo y esteras	1
33	Plza. 28 de Julio	1	10	Corrida	Portante	Quincha	2.9	0.1	Madera, caña y torta de barro	2
34	Mrcal. Caceres s/n	1	5	Corrida	Portante	Quincha	2.8	0.1	Madera, caña y torta de barro	2
35	Mrcal. Caceres s/n	1	15	Corrida	Portante	Quincha	2.9	0.1	Madera, caña y torta de barro	1
36	Plza. 28 de Julio	1	15	Corrida	Portante	Quincha	2.9	0.1	Madera, caña y torta de barro	2
37	M. Grau s/n	1	15	Corrida	Portante	Quincha	2.7	0.1	Madera, caña y torta de barro	1
38	M. Grau s/n	1	20	Corrida	Portante	Quincha	2.8	0.1	Madera, caña y torta de barro	1

perpendicular al piso; estas fisuras han ocurrido en el pabellón de dos pisos, más no en el de un piso, que no tiene ningún dano.

Las construcciones de quincha que son las más numerosas en la ciudad de Corire, han sido poco afectados, por el sismo del 16.02.79; en la Figura N.º 00 se puede apreciar los danos que han sufrido, donde la mayoría de estas viviendas presentan la caída del revoque ó pequeñas fisuras en el revestimiento; a estas se las ha considerado como tipo C y para realizar la evaluación de danos se ha modificado la escala de clasificación de danos MSK ya que esta no podría aplicarse a este tipo de construcción que es la quincha. Se ha optado por tomar una escala adaptada a las circunstancias encontradas.

#### ESCALA SISMICA MSK ADAPTADA PARA CONSTRUCCIONES DE QUINCHA

- |         |   |  |
|---------|---|--|
| CLASE 0 | - | <u>SIN DANOS</u>   |
|         |   | No hay danos   |
| CLASE 1 | - | <u>DANOS LEVES</u>   |
|         |   | Fisuras en el revestimiento y caída de pequeños trozos de revoque.   |
| CLASE 2 | - | <u>DANOS MODERADOS</u>   |
|         |   | Grietas pequeñas en el recubrimiento que cuoren a la caña y a los parantes verticales                          |
| CLASE 3 | - | <u>DANOS SEVEROS</u>   |
|         |   | Grietas parciales en el recubrimiento y en las uniones en esquinas. Caída de grandes trozos del recubrimiento. |

CLASE 4 - DANOS DESTRUCTORES

Inclinación de los muros interiores, grandes grietas en las esquinas.

CLASE 5 - COLAPSO

Destrucción total de la construcción o de sus partes vitales.

Estas viviendas de quincha son construidas de ; dos diferentes formas como se señalan en las figura 7; en el primer caso ( Casa dañada por el sismo ) esta cimentada, directamente al suelo en una profundidad de 0.30 metros de profundidad, los parantes y sus vigas son de huarango las uniones se encuentran amarradas con alambre o cuero y presentan un revestimiento de barro, con techo de carrizo y torta de barro; el que los parantes hallan sido clavados , directamente al suelo ha traído como consecuencia que la excesiva humedad del suelo se la transmitiera a la caña bajando considerablemente su resistencia a la flexión de la caña, ya que se encontraba podrida esta, cuando se produce el sísmo lo que genera la inclinación del muro.

En el segundo caso la vivienda se encuentra construida sobre un terraplen de 60 cm. ; la que lo protege de la humedad del suelo, los parantes así como las vigas son de huarango de ( 4" x 4" ) a diferencia de la anterior, su techo es de carrizo y caña de guayaquil con esteras como cobertura, esta vivienda no ha sufrido ningún daño, se la describe en la figura 7 .

Algunas construcciones de adobe son reforzadas , las construcciones de adobe con columna y vigas de amarre , no han sufrido mayor daño en la ciudad de Corire, a no ser por unos pequeños daños en la tabiquería de adobe; general\_



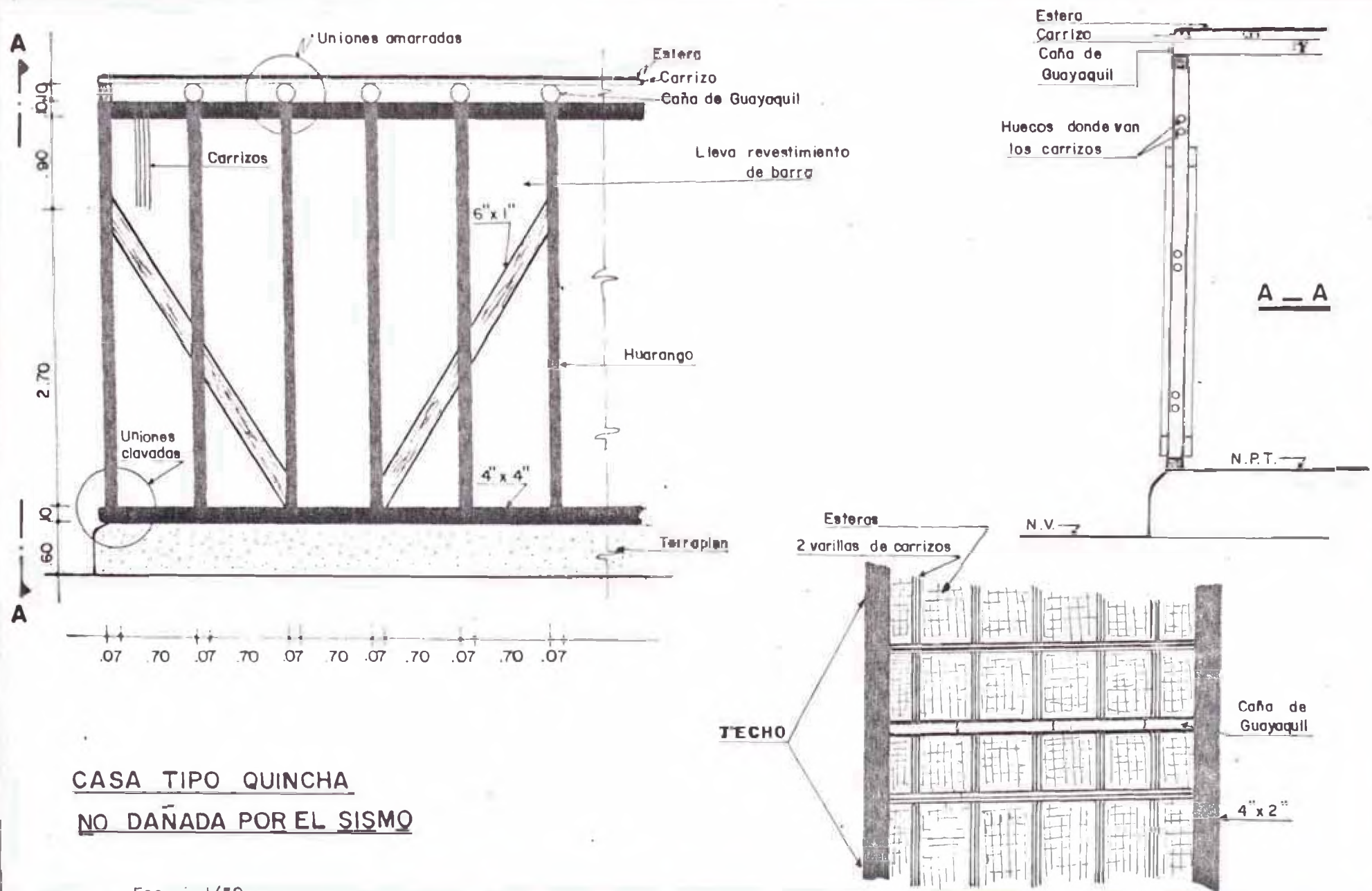


FIGURA 7a



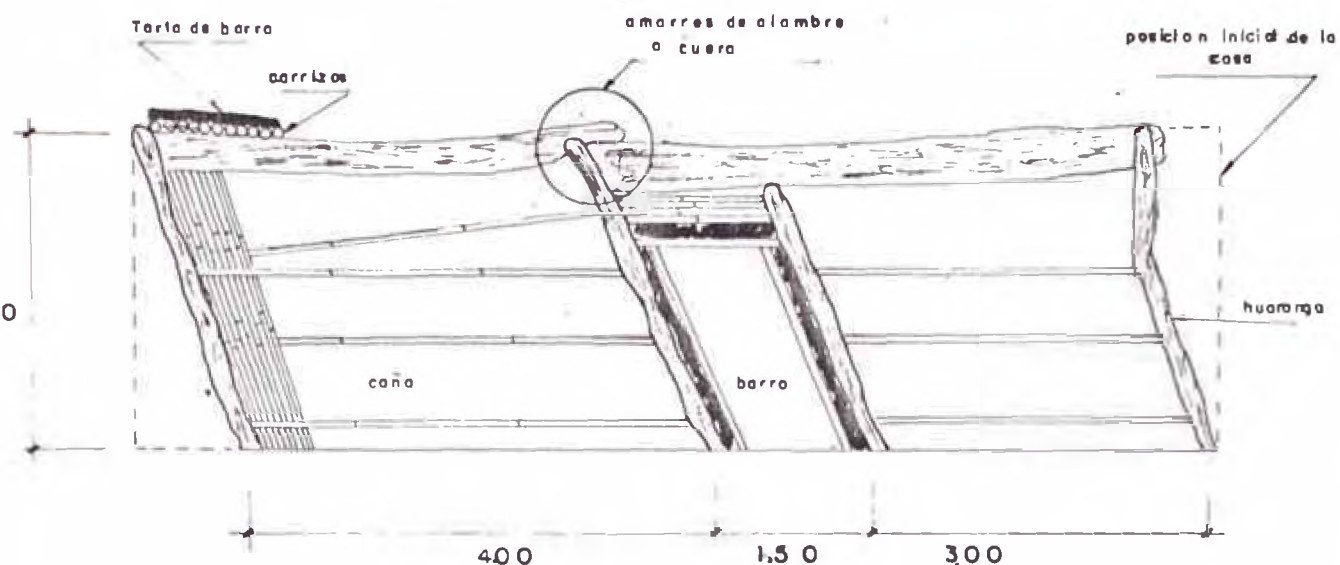
## CARACTERISTICA DE LA CONSTRUCCION

- cimentación de 0.30m de profundidad y en forma directa sobre el suelo
- Techo de carrizo con tarfa de barro
- Las parantes y vigas son de huaranga
- Uniones están amarradas con alambre o cuero
- Revestimiento de barro

2.90

## FALLAS ENCONTRADAS

- Humedad en toda la base, hasta una altura de 70 cm
- Las parantes verticales son mucha menos pesadas que las horizontales
- Las parantes y cana no tienen impermeabilizante
- Las uniones entre el parante vertical y horizontal no son rígidas
- Las parantes verticales tienen una inclinación de 30°



CASA TIPO QUINCHA  
DAÑADA POR EL SISMO

FIGURA 7b

mente este tipo de construcción se ha comportado satisfactoriamente.

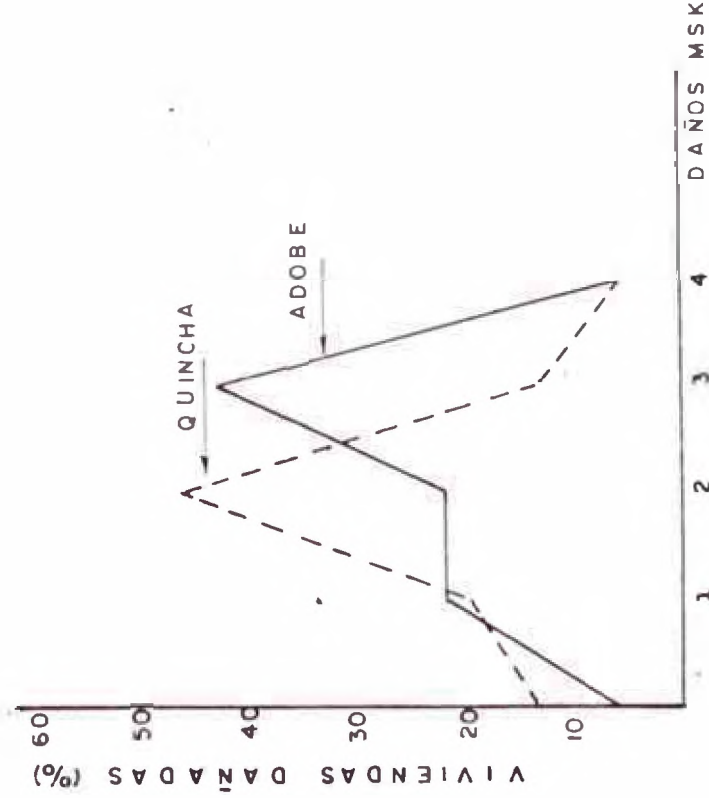
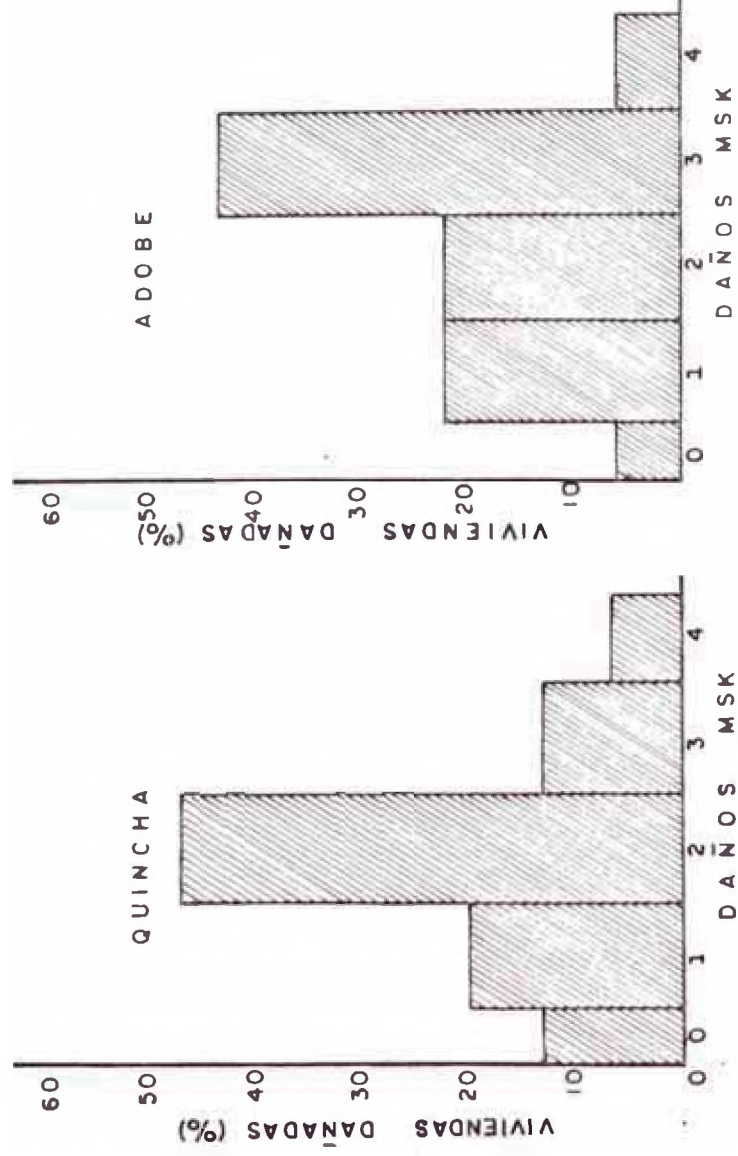
### 6.3 ANALISIS DE LOS DAÑOS EN LAS VIVIENDAS DE ADOBE

Como se ha podido apreciar por lo expuesto anteriormente, los daños más severos de los diversos tipos constructivos de la zona estudiada, se encuentran en las viviendas construidas de adobe, por eso se hace necesario, un análisis específico de este tipo de viviendas; siendo en estas, donde se aprecia mejor el daño ocasionado por el sismo del 16 de febrero de 1979.

Siempre en los sismos se ha tenido la mayor incidencia de daños en las viviendas construidas con adobe; observandose que viviendas situadas en lugares cercanos, la respuesta sísmica de la estructura son diferentes, eso nos lleva a pensar que hay condiciones que hacen que una vivienda del mismo tipo tenga diferente respuesta sísmica, para ahondar esto, realizamos el estudio de las construcciones de adobe encontrandose que estas presentan fallas que se repiten en casi todas las viviendas construidas con ese material, los que se pueden atribuir principalmente a su poca resistencia a la tracción y reducida adherencia entre el adobe y el mortero.

#### 6.3.1 TIPOS DE FALLAS MAS COMUNES

Se ha podido observar que las fallas más comunes son: FALLA POR TRACCION EN LOS ENCUNTROS DE MUROS, esto se debe principalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro. FALLA POR FLEXION, este debido a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa, apoyada en su base y en los elementos ver



DANO MSK	TIPO DE DAÑO	% DE VIVIENDA EN CORIRE	
		ADOBE	QUINCHA
0	SIN DANO	6	13
1	LEVE	22	20
2	MODERADOS	22	47
3	SEVEROS	44	13
4	DESTRUCCION PARCIAL	6	6

FIGURA 8

cionales que lo arrastran. FALLA POR CORTE, esto se produce cuando el muro trabaja como muro de corte, se debe principalmente, a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales.

De las características mecánicas que más interesa conocer son la resistencia en tracción, resistencia en flexión y la resistencia al corte; las fallas debidas a la compresión interesa conocerla por ser una medida de la calidad estructural del material.

Las fallas que han sufrido las viviendas construidas con adobe por el sismo del 16 de Febrero de 1979 y se puede atribuir a la poca resistencia a la tracción y flexión de estos materiales, así como en las fallas de corte a la resistencia del mortero. Se puede comprobar también la importancia que tiene el tipo de suelo donde se encuentra cimentada la construcción, ya que si estos se encuentran cimentadas en suelos blandos y con napas freáticas alta sufren una amplificación como ha sucedido en Corire, y no sucede esto en Aplao ni Puancarqui donde sus suelos son más densos y de poco contenido de humedad, siendo poco dañadas las construcciones de adobe de estas ciudades.

### 6.3.2 ANÁLISIS DE TRES VIVIENDAS TÍPICAS DE LA ZONA

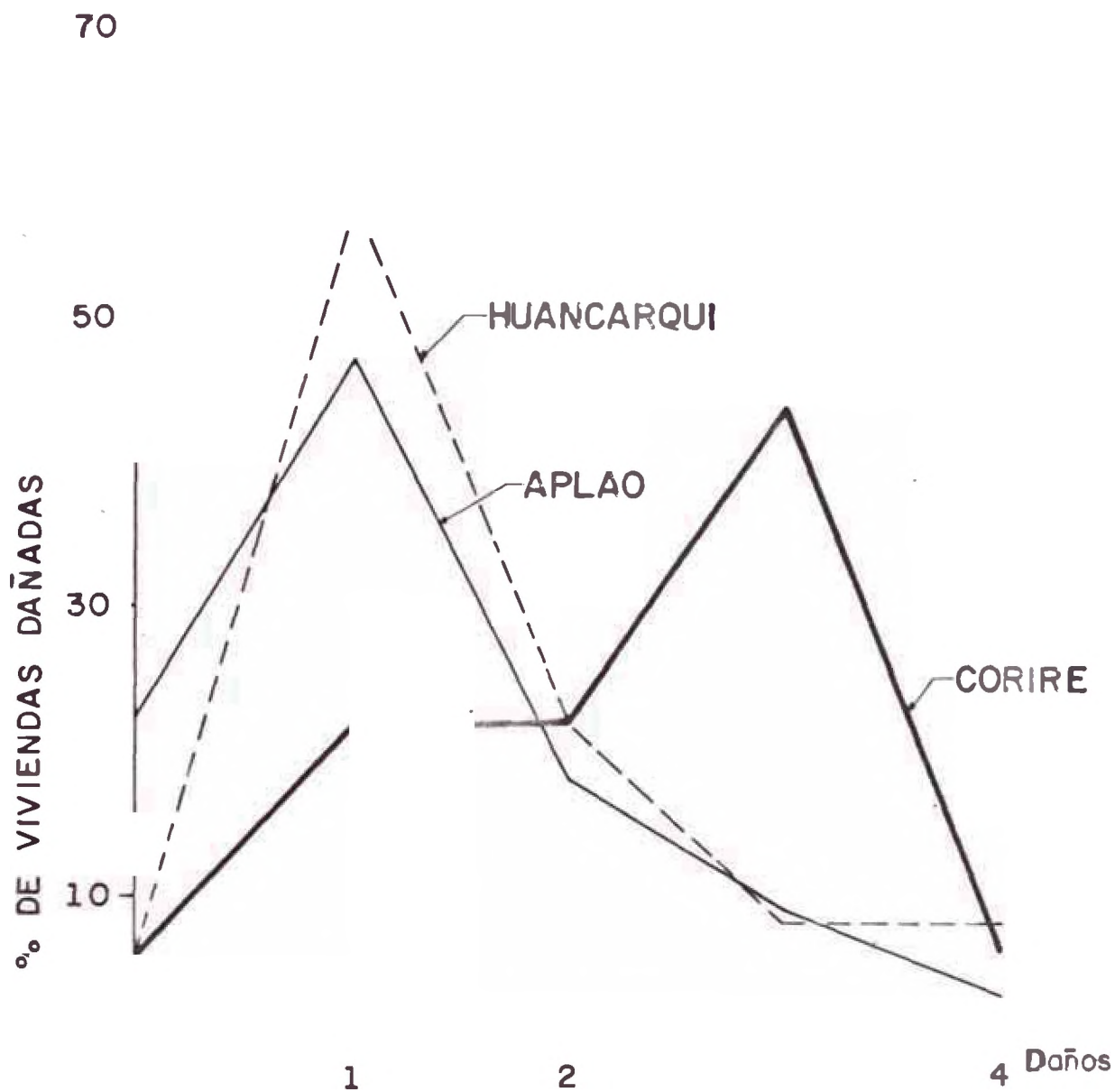
En las viviendas construidas de adobe la falla que más se repite son las debidas al corte horizontal del muro; para saber el comportamiento de estas viviendas ante la sollicitación sísmica del sismo del 16.02.79, se tomaron 3 viviendas de adobe una de cada ciudad estudiada calculandose su corte horizontal de muro, comparandola con la que dan los estudios realizados por la UMI para esfuerzos admisibles sin ensayo que es  $0.07 \text{ k/cm}^2$ ; teniendo presente que este valor es mucho menor del real, pero se ha

tomado este valor como comparativo al no realizarse pruebas de Laboratorio.

Para conocer el comportamiento estructural de las viviendas de adobe de la zona se realizó un estudio analítico de una vivienda en cada ciudad. Los cálculos efectuados así como sus resultados se muestran en el anexo 4. De los resultados obtenidos sacamos la conclusión que la vivienda de Aplao tiene una resistencia al corte horizontal de muro aceptable, a la vez que el centro de rigidez y el centro de gravedad coinciden lo que le da una buena simetría no produciéndose fuerzas debidas a la torsión; igualmente hay que acotar que el adobe usado para la construcción de esta vivienda es de buena calidad como su mortero esto nos da a entender que el ancho de los muros en las viviendas de Aplao así como su adobe de buena calidad, sumado a la calidad de su suelo son factores que han incidido en un buen comportamiento ante el sismo del 16.02.79.

En la ciudad de Huancarqui la vivienda estudiada presenta un corte horizontal de muro menor al valor permitido; considerandose por este motivo que se encuentra bien estructurada: esto sumado a su tipo de suelo hizo posible su buen comportamiento. Aquí el adobe es de mala calidad pero al parecer no ha influido mayormente en el comportamiento de esta vivienda.

Igualmente se analizó una vivienda en la ciudad de Corire las que tienen resultados mayores a lo establecido, lo que representa un valor bastante bajo, esto sumado al tipo de suelo ( Humedad presentado en los cimientos, material fino ) ha hecho que sufra mayores daños; esta vivienda que presenta caída parcial de muro.



DAÑO MSK	TIPO DE DAÑO	% DE VIVIENDA DE ADOBE		
		APLAO	HUANCARQUI	CORIRE
	SIN DANO	23	4	6
1	LEVES	47	58	22
2	MODERADOS	18	22	22
3	SEVEROS	9	8	44
4	DESTRUCCION PARCIAL	3	8	6

FIGURA 9



### 6.3.3 COMPORTAMIENTO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE

El comportamiento de las viviendas de adobe en la zona en estudio, ha sido variado así tenemos que en Aplao ha sufrido poco daño en las ciudades de Aplao y Huancacari en cambio en la ciudad de Corire los daños en este tipo de vivienda han sido severos; estos daños dependen de su estructura y de las condiciones locales; en el siguiente cuadro se ven los porcentajes de daños en las tres ciudades antes dichas.

CUADRO 6.4

DAÑO	TIPO DE DAÑO	% de Vivienda de adobe		
		APLAO	HUANCACARI	CORIRE
0	Sin daño	23	4	6
1	Leves	47	58	22
2	Moderados	18	22	22
3	Severos	9	8	44
4	Destrucción parcial	3	8	6

En el cuadro 6.4 y en la figura N- 09 que se presenta nos dan una cabal idea de como han respondido las construcciones de adobe en estas tres ciudades evaluadas podemos comprobar como los daños en Aplao y Huancacari tienen mayor incidencia de da \_ 1 ( fisuras en los revestimientos, caída de pequeños trozos de revoque ) , mientras que en Corire que se encuentra a pocos Kilometros de estas ciudades ha sufrido daños considerables incidiendo en mayor proporción alrededor del daño 3 ( Grietas grandes , profundas en los muros ) : esto nos hace entender la importancia de las condiciones locales, ya que en este caso ha sido un factor para que en una ciudad tenga una respuesta



diferente a las otras que se encuentran cercanas.

## CONCLUSIONES .-

En este capítulo se ha dado a conocer el comportamiento de los diversos tipos de viviendas construidas en las 3 ciudades estudiadas; estos se evaluaron con la Escala de clasificación de daños M S K y una adaptación empírica de daños por medio de longitud y ancho de las grietas.

Sobre el comportamiento de los tipos constructivos, esta fue variado observándose que el Tipo A fue el más afectado, como es el caso de Corire donde hay caída de muros. El tipo A al ser el más abundante en la zona estudiada se optó por analizarlo, encontrándose que un factor importante para que no sea afectada en Aplao ha sido su ancho de muros de 0.90 mt. como la buena calidad del adobe utilizado; en Huancarqui viviendas mal diseñadas no llegan a sufrir daños haciendo ver la influencia de las condiciones locales para atenuar estos daños. Esto se aprecia más claramente en la figura N° 09 en la que ciudades con condiciones locales favorables con buen tipo de suelo, seco compacto etc. como es el caso de Aplao y Huancarqui sus mayores daños se presentan para el valor de 2 en la escala M S K ; por el contrario para la ciudad de Corire con un suelo blando napa, freática alta ha sufrido una ampliación, siendo sus mayores daños de 3 en la escala M S K .

Como se puede ver en los cuadros respectivos el tipo B no es muy abundante en la Región, en este se ha observado que ha tenido un buen comportamiento presentando, solo pequeñas fisuras en el revestimiento.

En el tipo C se considera las viviendas cons -

truidas con quincha que abunda en la ciudad de Corire, en la figura N° 08 se puede apreciar como ha respondido esto ; a la solicitación sísmica, acotando que para este caso se modifico la escala de daños por no adaptarse a las construcciones de quincha; estas viviendas presentan una mayor proporción de daños, como grietas pequeñas en el recubrimiento que cubren a la caña y a los parantes verticales ; ( Daño 2 ), a la vez se hizo una comparación entre los comportamientos de la Quincha y adobe, observandose que la quincha tiene un comportamiento superior como se puede ver en la figura N° 08 siendo este un material económico y resistente a las solicitaciones sísmicas pudiendo ser una solución a la falta de viviendas en la zona. Las otras construcciones del Tipo C no han tenido dano apreciable.

## C A P I T U L O    V I I

### ZONIFICACION DE LAS CIUDADES ESTUDIADAS

#### 7.1 GENERALIDADES

Existe un gran déficit de viviendas en nuestro país, que se acrecienta de año a año, debido a que en la problemática habitacional están inmersos y en forma significativa, aspectos de orden social como producto de un desajuste motivado por la estructura de la sociedad peruana

El colapso urbano que se da ahora en el Perú se debe, por un lado a la crisis del aparato productivo del campo que, incapaz de producir empleos, expulsa al campesinado de su medio; en segundo lugar el atractivo psico social que ejerce la ciudad sobre la población campesina; y finalmente, al insuficiente desarrollo industrial del sistema urbano Nacional que le impide ofrecer empleo permanente a su población.

Si tenemos en cuenta que la mayor inversión se realiza en proyectos para las grandes ciudades, vemos que el problema en las pequeñas ciudades como las estudiadas en la zona, es mas complejo y , resulta que son los mismos pobladores, los que tienen que hacer su vivienda; donde la población económicamente mas débil es la que evidentemente padece en mayor grado por la imposibilidad de tener una vivienda adecuada.

Las ciudades crecen instintivamente en una forma desorganizada, aniquilando por esta razon, las funciones ; básicas que producen el desarrollo normal de la actividad , del hombre. Estas ciudades necesitan un plan regulador, en el que se proveen y encauzan los principales factores de su desintegración y anarquía. El estudio del plan Regulador de una ciudad, dara a conocer tanto al urbanista, como al arquitecto, ingeniero, sociologo, etnólogo, filosofo, etc; la magnitud de las necesidades de la misma y sus posibles soluciones, aunando en este esfuerzo las diversas ramas de la inteligencia que puestas al servicio de la vivienda, darán al hombre lo que ansia; una alegría de vivir.

Para realizar una planificación de una ciudad se hace necesario la confluencia de varias ramas; pero vemos como en las planificaciones realizadas en las pequeñas ciudades no se toman en cuenta los estudios de suelos , geología, estudios sísmicos etc. que resultan ser fundamentales por encontrarse nuestro país en una zona sísmica.

En este capítulo se trata de realizar una microzonificación de las ciudades partiendo de estudios de suelos, geología, etc. para luego dar alternativas de viviendas económicas apropiadas para la zona.

## 7.2 DISTRIBUCION DE DANOS

### 7.2.1 METODOLOGIA

Para realizar esta distribución de daños, lo primero que se realizó fue el de hacer una evaluación de daños valiendonos del formato que se indica en el anexo 1 con este formato, en las tres ciudades de la zona se evaluaron los diversos tipos constructivos. De estas viviendas evaluadas se tomaron para realizar la distribución de daños en las diversas ciudades las referentes a viviendas ; de adobe con características similares, como son la de ser de 1 piso, con cimentación corrida de concreto ciclopeo con piedras grandes de río, el adobe que se utiliza es variable tanto en calidad como en sus dimensiones y colocado de cabeza, formando muros de espesores variables de 0.40 m. a 1.0 m. , con alturas de 2.5 m. a 3.0 m. , dinteles de madera; techo plano de madera ó caña y cobertura de barro.

Se agruparon los daños ocurridos en estos tipos de viviendas utilizando la escala de daños MSK la que se señala en el cuadro 7.1 , con estos valores se ha agrupado, a las viviendas que presentan daños semejantes y de esta forma distribuir los daños que se aprecian en las ciudades

CUADRO 7.1 ESCALA DE DANOS MSK

<u>DANOS</u>	<u>TIPO DE DANO</u>	<u>DANO EN LA VIVIENDA</u>
MSK		
0 - 1	Leve	Revestimiento
1- 2	Ligero	Fisuras leves
2 - 3	Parcial	Grietas parciales
3 - 4	Total	Grietas que pasan el muro y derrumbe parcial.

Con esta distribución de daños realizamos una zonificación de las ciudades. Se encontro que la distribución de daños en Aplao y Huancarqui eran semejantes, las que se diferenciaban de Corire que se encuentra a pocos kilometros, que ha sufrido daños de mayor consideración; encontrandose una diferencia grande entre estas 2 ciudades y Corire en la distribución realizada.

Con los datos obtenidos se realizo la figura N°29 en la que se señala el porcentaje de viviendas en las tres ciudades evaluadas, y observamos como existe una semejanza entre el porcentaje de daños en las viviendas de Aplao y Huancarqui, siendo su mayor incidencia la de 1 en la escala MSK; el mayor porcentaje de daño en la ciudad de Corire fue de 3; esto nos indica una atenuación en las ciudades de Aplao y Huancarqui con una amplificación en Corire. A continuación se da una descripción de la distribución de daños encontrada en las ciudades de Aplao, Huancarqui y Corire.

## 7.2.2 DISTRIBUCION DE DAÑOS EN LAS CIUDADES ESTUDIADAS

### 7.2.2.1 AFLAO

El cuadro 7.2 se ha obtenido al analizar las viviendas de adobe con características constructivas similares; en ella podemos observar como en esta ciudad un 47% de las viviendas encuestadas presentan un daño de 1 en la escala MSK; siendo pocas las que presentan un daño mayor.

CUADRO 7.2	<u>PORCENTAJE DE DAÑOS EN APLAO</u>				
	0	1	2	3	4
DANO					
MSK					
% VIVIENDA	23	47	18	9	3

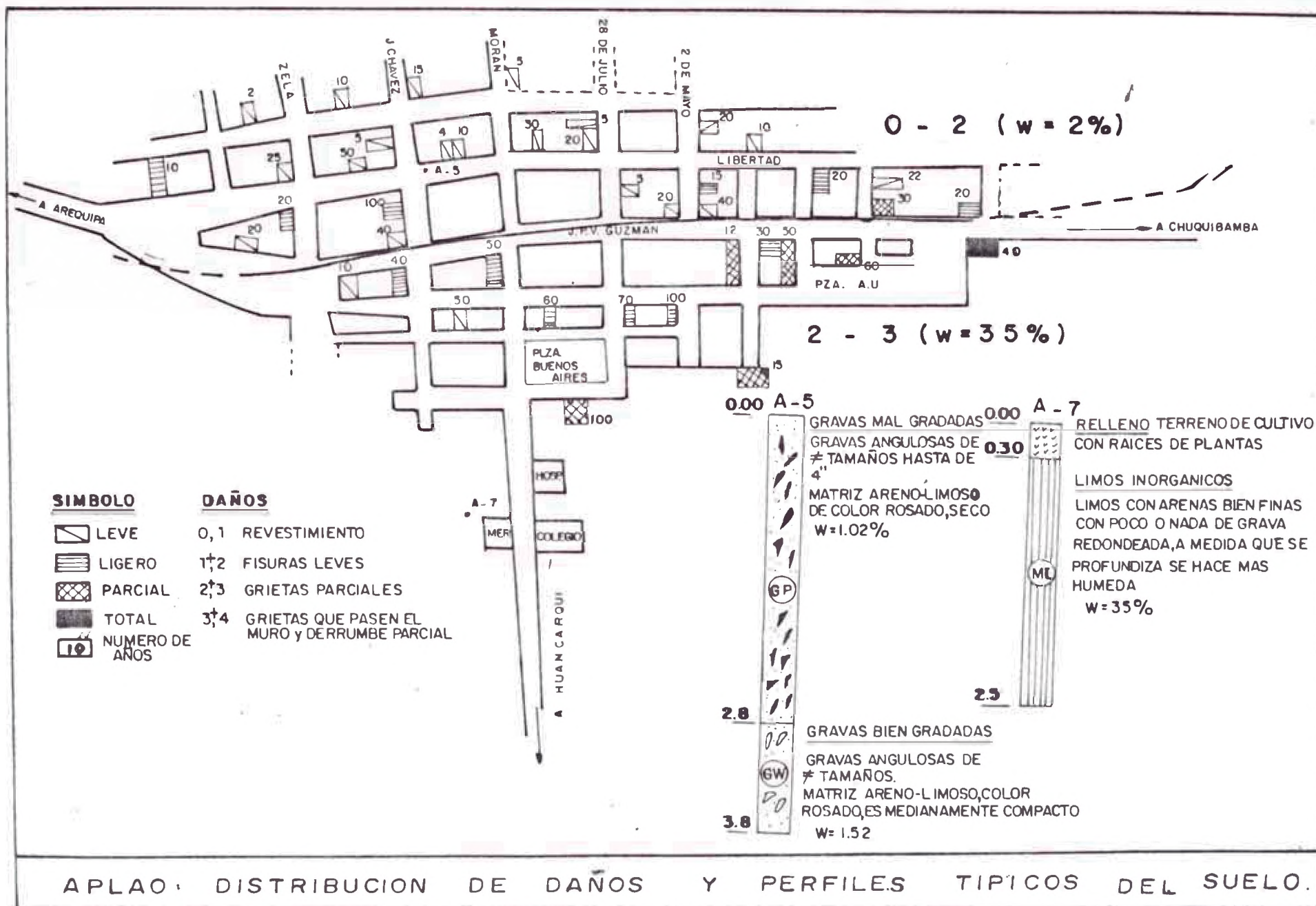
La distribución de daños realizada en la ciudad de Aplao se puede ver en la figura N<sup>o</sup> 09, en esta se puede observar que las viviendas han sufrido poco daño en esta ciudad, pero estos se pueden agrupar por su similitud en dos zonas en la ciudad de Aplao que han respondido en forma diferente ante la solicitación sísmica.

La parte alta que es la comprendida del Jr. Vizcardo y Guzman hacia arriba presenta daños que van de 0 a 2 en la escala MSK siendo esta zona poco afectada; y la otra zona; en la parte baja de la ciudad con daños de 2 a 3. Habría que agregar que estas zonas coinciden con tipos de suelo como se señala en la figura N<sup>o</sup> 10.

#### 7.2.2.2 HUANCABUT

Esta ciudad que se encuentra ubicada frente a la de Aplao, tiene una gran similitud a esta, en su porcentaje de daños así como en la distribución de daños que presenta. En el porcentaje de daños encontrado y que se presenta en el cuadro 7.3 podemos observar como el mayor porcentaje un 58% de las viviendas, es el que corresponde a 1 en la escala MSK siendo solo un 8% las que presentan daño 3 y 4.





APLAO: DISTRIBUCION DE DAÑOS Y PERFILES TIPICOS DEL SUELO.

FIGURA 10



CUADRO 7.3

PORCENTAJE DE DAÑOS EN HUANCARQUI

DAÑO	MSK	0	1	2	3	4
% VIVIENDA DE ADOBE		4	58	22	8	8

Con respecto a la distribución de daños, es algo semejante a lo ocurrido con Arellano, apreciándose también dos zonas, como se señala en la lamina N° 05, una de estas zonas es la que se encuentra en la parte alta de la ciudad presentando daños que van de 0 a 2 y la otra en la parte baja donde se observa los mayores daños de 2 - acotando que la diferencia se da por ser la parte más baja de mayor antigüedad.

7.2.2.3 CORIRE

La ciudad de Corire presenta una gran diferencia con respecto al porcentaje y su distribución de daños que tienen las ciudades de Arellano y Huancarqui. En Corire como se puede apreciar en el cuadro 7.4 la mayor incidencia de daño se observa para el de 3 en la escala MSK, alcanzando a un 44% de las viviendas evaluadas.

En esta ciudad la distribución de daños es casi igual en la ciudad como se puede apreciar en la Lamina N° 06 siendo también coincidente a su tipo de suelo.

CUADRO 7.4 -

PORCENTAJE DE DAÑOS EN CORIRE

DAÑO	MSK	0	1	2	3	4
VIVIENDA DE ADOBE		6	22	22	44	6

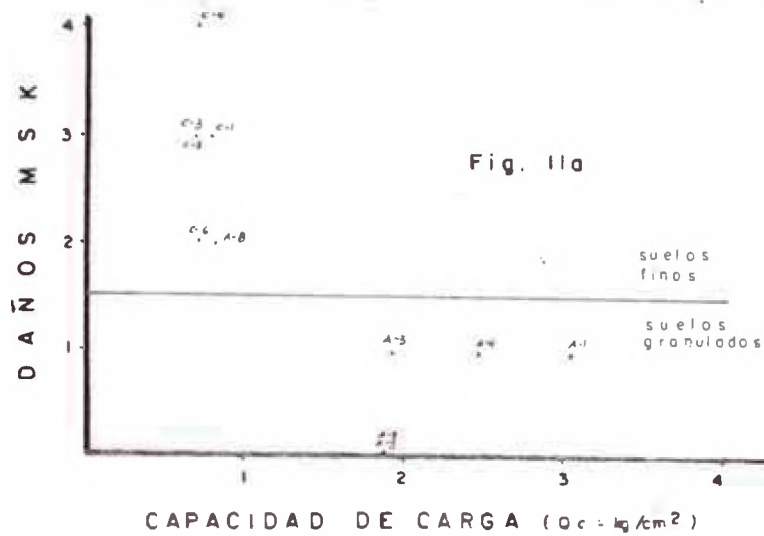
### 7.2.3 RELACION ENTRE LOS DAÑOS Y LAS CONDICIONES LOCALES

De la anteriormente expresado se ha podido comprobar como existen diferencias de comportamiento ante una sollicitación sísmica en las ciudades estudiadas, pesar de que las distancias que las separan no es grande; esto mismo se ha podido observar en áreas más pequeñas como es el caso de la ciudad de Aylo, donde la parte más cercana al cerro presenta mayores daños.

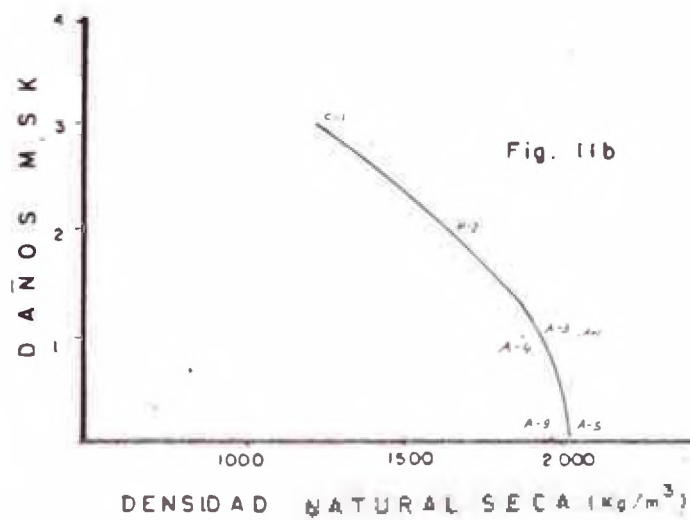
En la figura 4.33 donde se señalan las intensidades del sismo podemos ver como la ciudad de Corire ha sido afectada en mayor proporción presentando esta una intensidad de  $6^+$  contra 6 que tienen Aylo y Huancarqui, presumiéndose una atenuación en las ciudades de Aylo y Huancarqui debido a sus condiciones locales ya que estas no distan mucho entre si.

Se puede apreciar que las condiciones locales que presentan cada ciudad estudiada y el comportamiento de sus viviendas, se haya relacionado con la amplificación o atenuación que sufren estas ciudades. De estas condiciones, locales las que influyen con mayor énfasis en el comportamiento sísmico son las características del suelo en relación estrecha a las condiciones de geología local igualmente en la zona estudiada no ha intervenido como un factor importante la topografía; ya que esta no difiere mayormente entre estas ciudades.

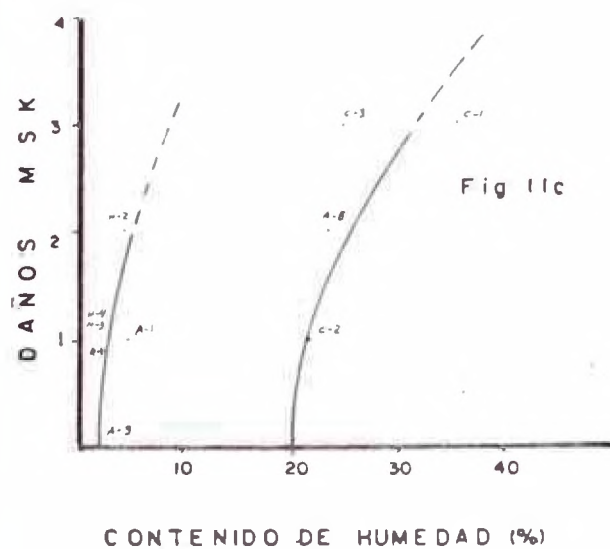
La mayor distinción se da dentro de las propiedades de suelos, es aquí donde se diferencian más las condiciones locales. Así tenemos que en la ciudad de Corire que posee un tipo de suelo bien humedo, fino, blando, con napa freática alta a solo 0.10 m. de la superficie; es la que presenta mayor incidencia de daños; sucediendo lo contrario con Aylo y Huancarqui que se encuentran situados sobre



POZO	DAÑO	Qc
A - 1	1	3.06
A - 3	1	1.94
A - 4	1	2.47
A - 5	0	1.85
A - 8	2	0.80
A - 9	0	1.86
C - 1	3	0.80
C - 2	3	0.70
C - 3	3	0.70
C - 4	4	0.70
C - 6	2	0.70



POZO	DAÑO	Dns
A - 1	1	2050
A - 3	1	1970
A - 4	1	1880
A - 5	0	2020
A - 9	0	1990
H - 2	2	1650
C - 1	3	1224



POZO	DAÑO	W (%)
A - 1	1	4.6
A - 4	1	2.1
A - 5	0	1.1
A - 8	2	23.0
A - 9	0	2.6
H - 2	2	4.0
H - 3	1	2.5
H - 4	1	2.1
C - 1	3	35.0
C - 2	1	22.0
C - 3	3	24.0

FIGURA II

terreno seco, gravo - arenoso, bien denso y compacto, poseyendo una densidad alta.

Esta diferenciación se aprecia también en áreas más pequeñas, como es el caso de la ciudad de Apleo, la que se compone de una parte pegada al cerro compuesta de derrubios provenientes del Grupo Yura ( Cuarcita ) apreciándose que en esta parte de la ciudad es menor el daño que en la parte baja compuesta de material fino y blando provenientes de aluviones y arrastres del río.

En la figura N<sup>o</sup> 11 hemos graficado se pueden observar hallados algunas relaciones entre características; de los suelos encontrados Vs. los daños. Así tenemos que en la figura N<sup>o</sup> 11a graficar, la capacidad de carga Vs. los daños encontramos, que para suelos granulares los daños hallados son menores a 2 ( Daños en la escala MSK ) , sin embargo en los suelos finos son superiores a 2; por otro lado podemos observar que los suelos finos tienen un máximo de capacidad de carga de  $1 \text{ kg/cm}^2$  en cambio los suelos granulares llegan hasta una capacidad de carga de  $4 \text{ kg/cm}^2$ . Hay que acotar que los suelos finos tomados, en su mayoría; se encontraban con un alto porcentaje de humedad.

Se a podido observar que cuanto más denso son los suelos granulares poseen un mejor comportamiento sísmico. Esto lo podemos ver en la figura 11b donde se han gráficado los suelos de Aplac y Huancarqui en esta curva se observa que cuanto mayor es la densidad natural menor es el daño es decir hay una relación inversa entre estos.

Otro factor importante en la amplificación o atenuación es el contenido de humedad sobre todo en los suelos finos; en la figura 11c se han gráficado los daños Vs. el contenido de humedad, observándose una mayor incidencia cuanto mayor es el contenido de humedad.

### 7.3 ZONIFICACION DE LAS CIUDADES EN ESTUDIO

#### 7.3.1 INTRODUCCION

El estudio realizado en las ciudades del Valle de Majes tienen el fin de analizar la forma como de realizar una microzonificación sísmica en forma sencilla y contando con pocos recursos económicos.

Sabemos que las ciudades mas pequeñas como las estudiadas no cuentan con recursos económicos para poder realizar un estudio minucioso de microzonificación, creciendo estas a la deriva, algunas de ellas poseen plan regulador pero estos no han sido instrumentos suficientemente operativos para guiar el desarrollo urbano, lo cual ha significado su escasa implementación, su contravención y frecuentes cambios de zonificación de manera puntual, desvirtuando los planteamientos originalmente propuestos de otra manera se han considerado instrumentos estáticos frente a la dinámica del crecimiento poblacional.

Los centros urbanos más dinámicos se han extendido exageradamente hacia nuevas áreas reduciendo las tierras de uso agrícola, disminuyendo la densidad del suelo urbano y aumentando los costos de infraestructura y servicios comunales; otro factor importantes a tomarse en cuenta en la zonificación es la de reducir los riesgos de desastres localizando adecuadamente los nuevos asentamientos o reubicando y protegiendo los asentamientos que se encuentran en peligro y previendo áreas de emergencia para reubicar a los damnificados ó zonas de refugio.

En nuestro caso de las 3 ciudades estudiadas, se puede sintetizar, planteando que entre estas por su cercanía existe una interacción entre ellas en todas sus actividades, siendo la ciudad de Aplaio la que presenta mayor influencia, por encontrarse en ella centrada la activi





dad Pública ( Municipio, Hospital, Comisarias, Correos, etc) así como la mayor concentración de población; por otro lado habría que acotar que el proposito de esta Tesis no es el de ahondar en la planificación de la ciudad sino la de hacer una critica a estos planes Reguladores que no han tomado en cuenta factores indispensables para la conformación de un asentamiento humano como son las condiciones locales para desde ahí realizar los planeamientos respectivos

Cuando se realiza un planeamiento urbano , participan en este diversos profesionales de las diferentes ramas del saber humano, tomando en consideración para realizar esta, los datos que se señalan en el cuadro 7.6 , así como los requisitos minimos de equipamiento social y en ella apreciamos como no se toma en cuenta las características de suelo, Geología, Topografía etc. ; debiendo de ser estas el punto de partida para realizar una zonificación ; Urbana.

### 7.3.2 PLANEAMIENTO URBANO DE LAS CIUDADES ESTUDIADAS

Cuando se estudian las ciudades de Aplao , Huancarqui y Corire, se observa que entre ellas existe una interacción en sus actividades comerciales, públicas, administrativas, etc. ; en la cual Aplao es el centro de toda la actividad del Valle del Río Majes, poseyendo los centros de Administración Pública y poder local, como la Municipalidad, Hospital, etc. ; es así como la mayor población del Valle se encuentra concentrada en Aplao, existiendo en la actualidad un crecimiento poblacional a lo largo de la carretera Aplao - Corire . En la figura N° 12 podemos ver tanto la influencia de Aplao en el Valle como cual es la tendencia poblacional de los habitantes en estas ciudades.

## CUADRO 7.6 .- EXPEDIENTE PARA UN PLANEAMIENTO URBANO

### 1.- LA POBLACION .-

- Número de personas por familia.
- Volumen poblacional.
- Índice de crecimiento.
- Balance migratorio.
- Composición por edad, sexo.
- Población económicamente activa.
- Desocupados (abierta y disfrazada).
- Pirámide de edades y expectativa de vida.

### 2.- EL MEDIO FISICO .-

- Hectariaje de suelos agrícolas.
- Régimen de lluvias y del río.
- Clima (horas de sol, vientos, lluvias, etc)
- Recursos mineros.
- Fauna y flora.

### 3.- EL MEDIO RACIONALIZADO .-

- Actividad agropecuaria.
- Actividad Industrial y artesanal, turismo.
- Actividad minera y pesquera.
- Red vial (tráfico).
- Equipamiento social.
- Actividad comercial.
- Actividad recreativa y deportiva.
- Seguridad y orden público.
- Instituciones.

### 4.- NIVEL ALCANZADO .-

- Ingreso promedio per-capita.
- Balance comercial exportación-importación.
- Producto bruto.
- Disponibilidad de viviendas, agua potable y desagüe.

### EQUIPAMIENTO SOCIAL

- Mercado.
- Iglesia.
- Escuelas.
- Canchas deportivas.
- Cine y club social.
- Posta médica (hospital) y puesto policial.
- Agua potable y desagüe.
- Disposición de basuras.



El crecimiento urbano que presentan estas 3 ciudades es una tendencia a unirse entre si, esto se amacia al transitar los caminos que los unen y en las ciudades como las de Aplao se da en dos formas, una por medio de invasiones en las partes altas y la otra por medio de urbanizaciones en las partes bajas de la ciudad. En Huancarqui no se observa una mayor ampliación debido a que en esta no es grande la tasa de crecimiento habitacional; lo que contrasta con Corire en la cual es apremiante la falta de vivienda y necesidad urgente de Plan Regulador.

#### 7.3.2.1 CRITICA A PLAN REGULADOR DE APLAO

La ciudad de Aplao tiene como característica principal al ser un centro comercial de gran intensidad es donde se encuentra concentrada la actividad pública del Valle de Majes.

En la Lamina N° 07 se tiene el Plano Regulador de Aplao realizado por el Ministerio de Vivienda y Construcción y en la figura N° 10 se da a conocer los tipos más característicos del suelo de esta ciudad.

Partiendo de la importancia que poseen las condiciones locales, como se ha visto en los capítulos anteriores, destacando dentro de estos el tipo de suelo y la geología local; según esto podemos discrepar con el Plano Regulador de Aplao en lo siguiente:

- 1.- En los estudios realizados se ha observado que los suelos más cercanos a los cerros son los que presentan una atenuación ante una solicitud sísica comparados con los de las parte baja; sín embargo en el Plano Regulador se plantea un crecimiento de la ciudad a lo largo del camino a Huancarqui, invadiendo zonas de cultivo, siendo más apropiado para utilizar

un crecimiento de la ciudad a lo largo de la carretera a Corire.

- 2.- En el Plano Regulador de Arlao se puede observar como son ubicadas en algunas zonas estructuras pesadas como algunos Colegios, siendo el suelo donde se cimentaran estas, apropiados para estructuras menos pesados
- 3.- Se ha podido comprobar que las diversas viviendas construidos ultimamente, así como la ampliación de la ciudad contravienen dispuesto en el Plano Regulador, haciendose necesario un mayor control para su implementación.

A lo ya expuesto habria que acotar que las ciudades de Huancarqui y Corire no poseen un Plano Regulador, haciendose necesario la implementación de uno para Corire, ya que este crece en forma acelerada debido a que ultimamente hay un gran incremento en su población por el auge en el cultivo del Arroz, planteandose como recomendación y debido a lo encontrado en el estudio de suelos, las construcciones más pesadas, como los molinos, deberan ser colocados en partes más alejados al río y las zonas de cultivo de Arroz deben encontrarse alejados de estas estructuras.

En Huancarqui es algo parecido a Arlao, en la actualidad no es prioritario las necesidades de viviendas, pero se hace necesario un Plano que Regule las nuevas viviendas, tratando de colocar en las zonas más alta las estructuras de mayor peso.

#### 7.4 VIVIENDAS ECONOMICAS PARA LA ZONA

Como se ha expresado en el país existe un gran déficit de viviendas que se incrementa cada año llegando en estos momentos a ser alarmante la falta de viviendas. Así

mismo vemos como las grandes inversiones del estado se realizan hacia ciertos sectores sociales y centrados en las grandes ciudades, siendo poco lo que se aporta a los poblados rurales.

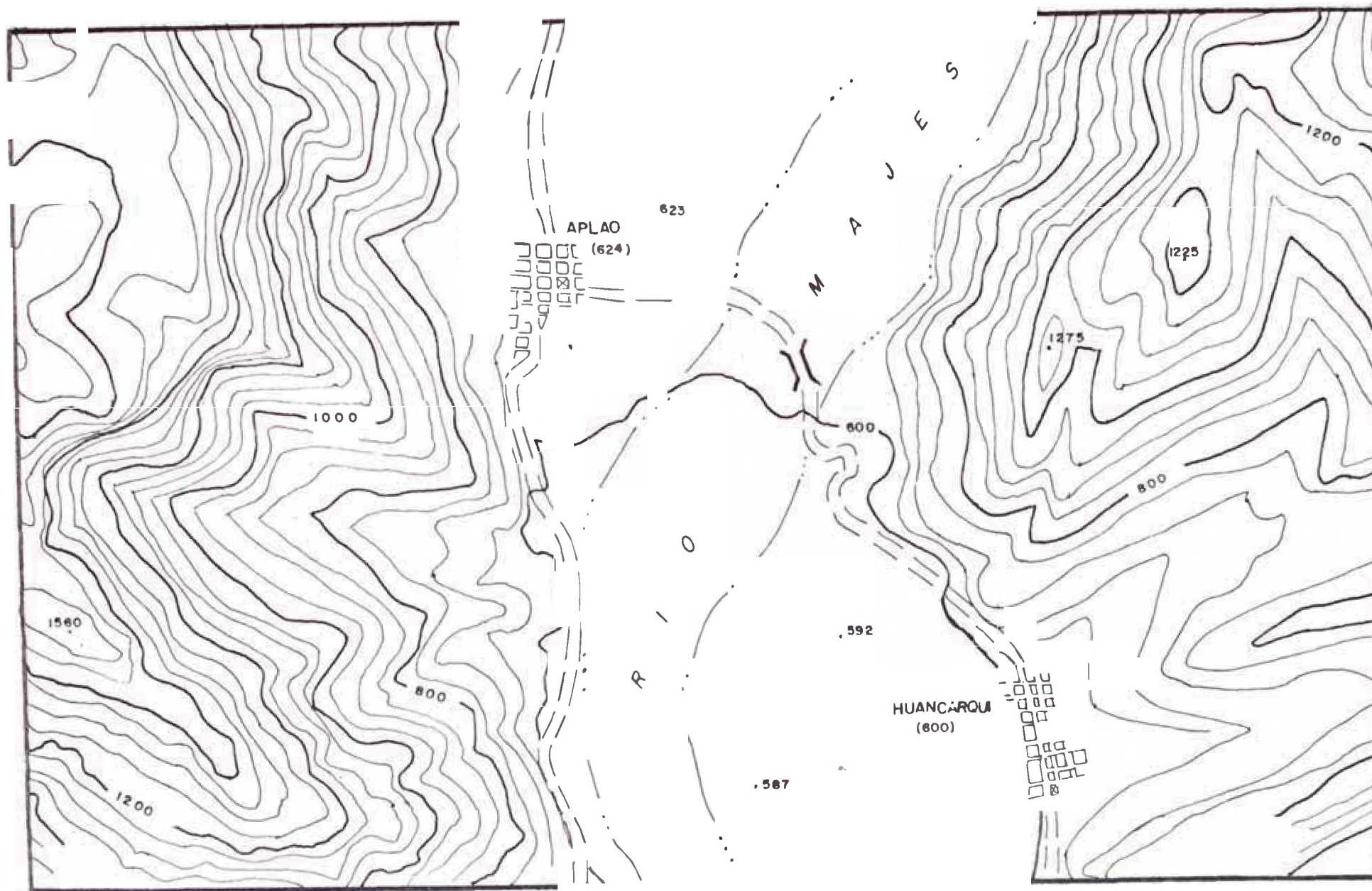
En la zona en estudio se ha podido observar como; la falta de vivienda se hace alarmante agravando esta situación la forma precaria y antinigienicas de estas, agregando que se encuentran en mal estado de conservación. Hay que acotar que la mayor parte de las viviendas son hechas por los pobladores de estas ciudades, haciendose necesario por esto un tratamiento especial para poder resolver este problema.

#### 7.4.1 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS VIVIENDAS

El comportamiento de los diversos tipos constructivos ante la sollicitación sísmica ha sido diferente; en las ciudades estudiadas como se puede apreciar en los cuadros 7.7 y 7.8; en ellos se puede observar que en las ciudades de Aplao y Huancarqui el adobe se ha comportado aceptablemente presentando daños leves, sin embargo este material en Corire ha sido fuertemente afectado. Las viviendas de quincha que existe en gran proporción en la ciudad de Corire no presenta mayores daños, a no ser en algunas viviendas en las que hay caída de muros debido a que la humedad del suelo ha sido transmitida a la base de la caña pudriendo esta.

#### CUADRO 7.7 .- PORCENTAJE DE VIVIENDAS DAFADAS

A P L A O			H U A N C A R Q U I			C O R I R E		
ad	Ld	Qu	ad	Ld	Qu	ad	Ld	Qu
35	10	X	30	10	X	100	40	10



APLAO Y HUANCARQUI A LOS COSTADOS DEL VALLE DE MAJES.

FIGURA 13



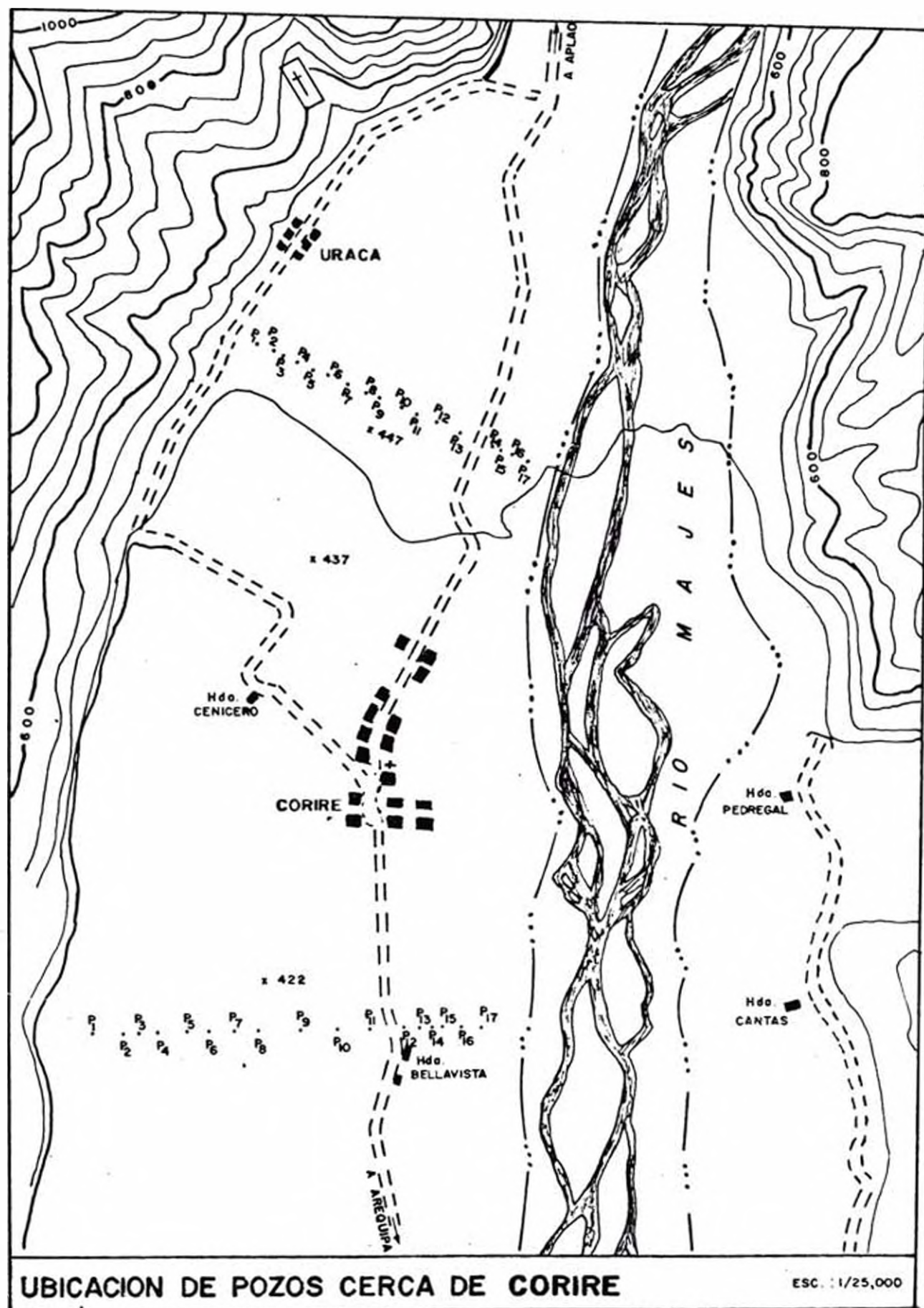


FIGURA 14

Existen pocas viviendas construidas con Quincha

ad = adobe ; Ld = Ladrillo ; Qu = Quincha

CUADRO 7.8 .- PORCENTAJE DE DAÑOS EN LAS  
CONSTRUCCIONES EVALUADAS

DAÑO	APLAO	HUANCARQUI	CORIRE
MSR	ad	ad	ad
0	23	4	6
1	47	58	22
2	18	22	22
3	9	8	44
4	3	8	6

Se podría concluir planteando que en suelos como los de Aplao y Huancarqui, secos y compactos se pueden construir viviendas de adobe; en cambio en sitios como Corire con Napa freática alta, suelo blando, es aconsejable la construcción con Quincha.

### CONCLUSIONES .-

En la distribución de daños realizados en las ciudades de Aplao y Huancarqui se observa al comparar estos que entre Aplao y Huancarqui existe una semejanza; diferenciándose ambos de Corire; en la figura 13 y 14 podemos observar la ubicación que presentan estos en el Valle de Majes, estando Aplao y Huancarqui al costado y Corire en el medio de este, lo que ha influido en la respuesta sísmica como se ha señalado. Así tenemos que en Aplao y Huancarqui, se aprecian dos zonas de distribución de daños coincidentes

con los tipos de suelo encontrados; en la parte alta se halla suelo gravoso con matriz Areno - Limoso, bien seco, compacto con una capacidad de carga de un promedio de  $2 \text{ K/cm}^2$ , cuyas gravas son de cuarcita o arenisca, encontrándose un daño leve; en cambio en la parte baja cercana al río con suelo fino Limo - Arcilloso con poca Grava, con contenido de humedad de 25% y capacidad de carga de  $0.7 \text{ K/cm}$ . el daño encontrado ha sido mayor. En la ciudad de [redacted] con suelo fino, con una capa freática que en algunas partes se hace superficial, el daño en toda la ciudad ha sido mucho mayor a lo observado en las otras ciudades.

De lo expuesto anteriormente se desprende la influencia de las condiciones locales en la atenuación y amplificación de un evento sísmico; ya que al no distanciar mucho entre si estas ciudades han tenido un comportamiento diferente, debido a su gran diferencia en los tipos de suelo encontrados.

Se analizo las características de los suelos, encontrándose que tanto para suelos granulares y finos, cuanto mayor es la humedad que poseen, mayor es el daño que presentan; los suelos blandos y humedos presentan un daño mayor a los secos y granulares; en los suelos granulares se halla que cuanto mayor es la densidad natural menor es el daño.

Al comparar los resultados de los suelos encontrados con el Plan Regulador de la ciudad de Apla, se puede comprobar como en pequeñas ciudades como la estudiada, no se toman en cuenta factores necesarios como las condiciones locales, siendo esta primordial en nuestro país por encontrarse en una zona sísmica.

Se observo que viviendas construidas de adobe,



inclusive mal diseñadas, han tenido un buen comportamiento ; ante la sollicitación sísmica en suelos secos, gravoso y compactos; fallando en suelos humedos y blandos. Igualmente se pudo comprobar el buen comportamiento de las construcciones de Quincha.

## CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las ciudades en las que se han efectuado este estudio, se hallan en la Provincia de Castilla, aproximadamente; a 180 kilómetros de la ciudad de Arequipa, estas poblaciones deben su importancia a su agricultura y al ser Centros Comerciales para las partes altas del Valle del Río Ríjales, presentando un incremento de 2.5% anual en su crecimiento poblacional, siendo evidente la falta de viviendas.
- A las 05<sup>h</sup> 08<sup>m</sup> 53.4 seg. del día 16 de Febrero de 1979, en las coordenadas geográficas 16.39 lat. S - 72.05° long. W se produce un sismo de intensidad  $M_L = 6.2$  :  $M_S = 6.9$  con una profundidad de 53 Km. siendo esta una región con una gran actividad sísmica debiéndose a la profunda estructura denominada de San Agustín, toda la extensión de la placa Oceánica infradeslizante y a las estructuras menores existentes en o cerca de la superficie.

- Al graficar las isosistas observamos que estas presentan una atenuación en las ciudades de Aplao y Huancarqui, en comparación a las otras ciudades; las que pueden ser debidas a las condiciones locales que presentan estas ciudades dentro de las que destacan la geología local y las características de suelo.
- Las rocas de las formaciones geológicas, en las que se encuentran Aplao y Huancarqui se hallan conformados por Cuarcita y Arenisca presentando estas características que las hacen apropiados para una buena cimentación, en cambio los de la ciudad de Corire son las debidas a los arrastres del Río Majes.
- Se ha observado diferente comportamiento de los suelos coincidente con sus características; así los suelos granulares, compactos y secos presentan una atenuación, en cambio los suelos finos, con Nivel Freatico alto tienen una amplificación sísmica.
- Las viviendas de estas ciudades son del tipo Unifamiliar, los que por su constitución no transmiten al suelo grandes cargas, igualmente estas poseen una economía precaria por lo que los métodos desarrollados, pueden ser de aplicación para realizar una zonificación de suelos en forma preliminar.
- Al realizar la distribución de daños tomados de las construcciones de Tipo A se pudo observar, buen comportamiento de las viviendas de adobe, incluso las estructuradas pero en suelos secos, compactos; sucediendo lo contrario cuando se encuentran cimentadas sobre suelos finos.
- Es evidente la influencia de la Mapa Freatica en la amplificación sísmica que tiene una ciudad; esto se ha

con las de Alao y Huancabamba donde los daños han sido menores.

Cuando se realizan Planos Replanteos o de zonificación, deben tenerse en cuenta particularmente los factores de esta los estudios de suelos, ya que cuando se ha evaluado el comportamiento de las viviendas ante la sismicidad sísmica, se pudo observar que los daños presentados coinciden con los suelos obtenidos.

- Debido a que en las cercanías a la ciudad de Goyto con da la casa y habiendo presentado un buen comportamiento; se recomienda que esta pueda ser utilizada en construcciones de viviendas económicas ya que las viviendas construidas con este material no han sufrido daño alguno. Por otro lado en sitios como en Huancabamba Alao por sus condiciones locales favorables pueden hacerse construcciones de adobe.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 . KUROIWA J., PEZA E., and JARA H. : Investigation of the peruvian earthquake of october 3, 1974 . DELHI , 1977 .
- 2 .- KUROIWA J., PEZA E., JARA H., and KOGAN J. : Microzonation Methods and techniques used in Perú . California , 1978 .
- 3 - OPIERRE, Inventario, evaluación y uso racional de los recursos Naturales de la Costa, cuenca del Río Camana- Majes. Lima, 1973 .
- 4 .- SERVICIO DE GEOLOGIA Y MINERIA: Geología del Cuadrángulo de Aylao, Boletín N° 20. Lima, 1968 .
- 5 .- SILLGADO E.: "Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú" ( 1513-1974 ). Boletín N° 03. Lima, 1978 .
- 6 .- RIVERA VERA: "Geología del valle de Majes y Camana ". Tesis Doctoral UNCA. Arequipa, 1950 .
- 7 .- HERBERT DELGADO: " Reconocimiento Geológico margen derecha del valle de Majes entre Huancarqui y Perú". Arequipa, 1959 .
- 8 .- ARMAS CIRILO: "Microzonificación sísmica de la ciudad de Arequipa". Tesis UNI. Lima, 1973 .
- 9 .- KARL TERZAGHI, RAJIB L. PECK: " Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica " . Barcelona, 1972 .
- 10 .- J. KUROIWA, S. PEZARAN, P. ORIHUELA, C. RODRIGUEZ, J. SAITO y O. TOVAR: " Microzonificación sísmica aplicada al planeamiento urbano de las zonas afectadas por el sismo de Arequipa del 16.02.79. Forum : Arequipa año 2000. Arequipa , 1980 .
- 11 . J. KUROIWA, S. PEZARAN, P. ORIHUELA, C. RODRIGUEZ, J. SAITO y O. TOVAR: " Diseño de las viviendas económicas en zonas sísmicas. III Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Cuzco, 1980 .
- 12 .- ASOCIACION PERUANA DE INGENIERIA SISMICA. Boletín 01 Lima, 1979 .
- 13 .- MORALES R., SANCHEZ A., YAMASHIRO R. : " Proyecto de bloque estabilizado. Lima, 1976 .
- 14 .- CIRILLO A. : Comentarios sobre el efecto de los terremotos en los suelos del Perú. Primer Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Lima, 1978 .

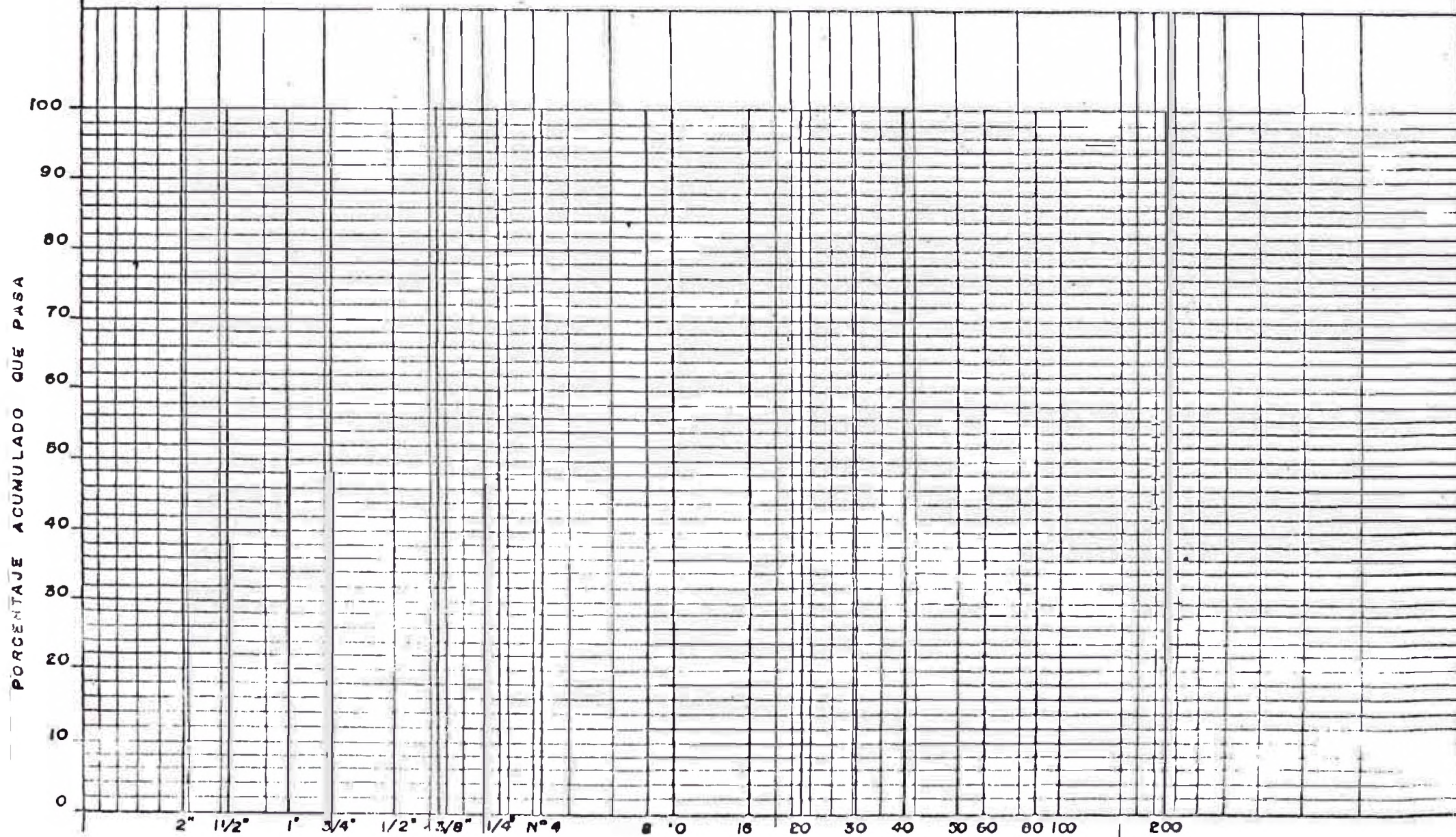
# ANEXO

- ① FORMATOS
- ② PERFILES DE SUELO
- ③ FOTOS
- ④ VIVIENDAS DE ADOBE
- ⑤ LAMINAS



# ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

POZO N° ..... MUESTRA : .....





120 N°..... MUESTRA: ..... PROF: .....  
 50 MUESTRA SECA (.....)(W)grs. LUGAR: .....  
 50 MUESTRA LAVADA Y SECADA (.....)(Wo)grs.  
 W - Wo .....

LAS	Abertura en m m s.	Peso (w) refe- nido	% Parcial retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
"	76.200				
"	50.600				
"	38.100				
"	25.400				
"	19.050				
"	12.700				
"	9.525				
"	6.350				
"	4.760				
"					
"	2000				
"	0.840				
"	0.590				
"	0.420				
"	0.250				
"	0.177				
"	0.149				
"	0.074				
"					
"					
TOTAL					

ERVACIONES: .....

### LIMITES DE CONSISTENCIA

PRUEBA N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
	I	II	I	II	III	IV
FRASCO N°						
N° GOLPES						
PESO FRASCO + SUELO HUMEDO (GRS.)						
PESO FRASCO + SUELO SECO (GRS.)						
PESO DEL AGUA (1-2) (GRS.)						
PESO DEL FRASCO (GRS.)						
PESO SUELO SECO (2-4) (GRS.)						

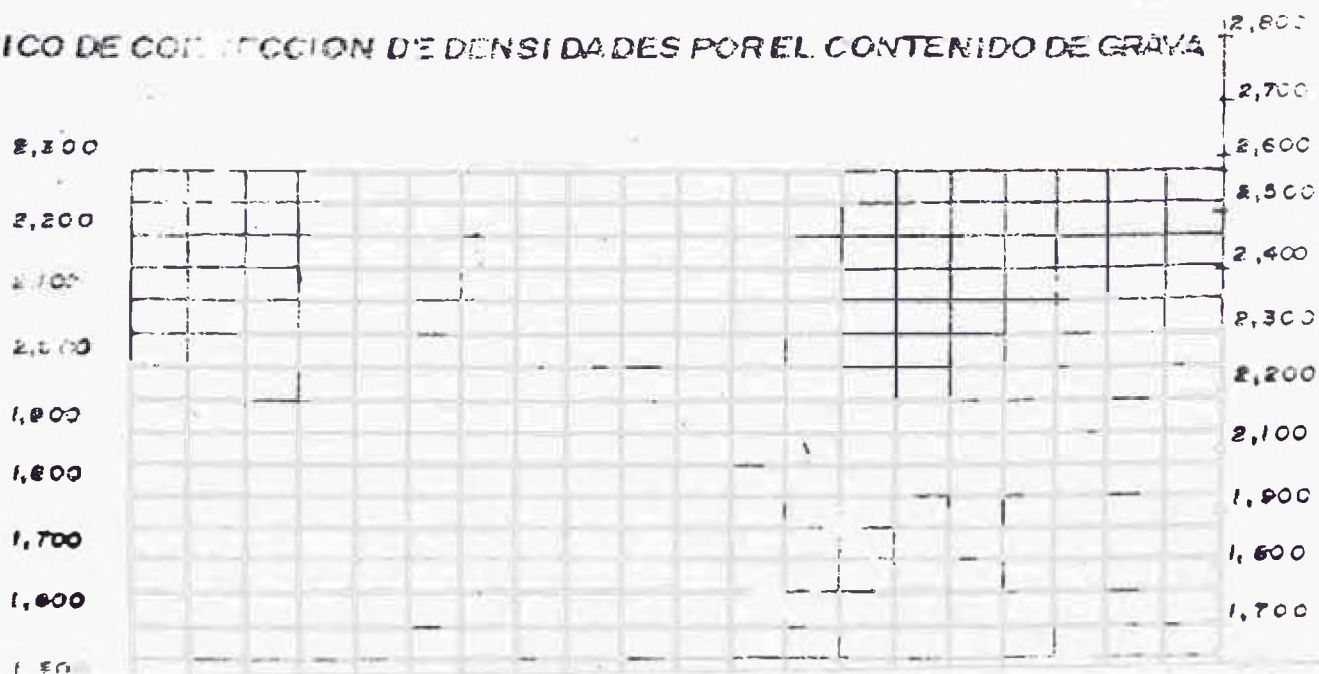
CONTENIDO DE HUMEDAD (3/8 x 100)

# CONTROL DE COMPACTACION

PUNTO N° ..... MUESTRA N° .....  
 PROFUNDIDAD ..... PESO ESPECIFICO .....

UBICACION					
Lote					
N° de prueba					
1.- Peso (arena + frasco)					
2.- Peso (ar. q' queda + frasco)					
3.- Peso arena usada					
4.- Densidad arena					
5.- Volumen de hueco (3) : (4)					
6.- Peso (hueco total húmedo + tarro)					
7.- Peso de tarro					
8.- Peso (hueco total húmedo : (6) : (8)					
9.- Peso de grava					
10.- % de grava : (9) : (8) 100					
11.- Densidad hueco húmedo : (8) : (5)					
TARRO %					
HUMEDAD					
1.- Peso (hueco seco + tarro)					
2.- Peso de agua : (9) - (12)					
3.- Peso hueco seco (12) - (7)					
4.- Contenido de humedad : (13) : (14) 100					
5.- Densidad de hueco seco 100 (11 / 100 + (16)					
6.- Máxima densidad por PROCTOR					
7.- Óptimo % de humedad PROCTOR					
8.- Máxima densidad					
9.- Porcentaje de compactación (15) : (16) 100					

GRAFICO DE CORRELACION DE DENSIDADES POR EL CONTENIDO DE GRAVA



EVALUACION DE EDIFICACIONES DAÑADAS POR EL SISMO DE AREQUIPA (16.02.79)

Nombre del edificio .....  
Ubicación.....Distrito.....Provincia.....  
Propietario.....  
Dirección.....  
Antigüedad.....

2.- Número de pisos.....Orientación(Y).....  
Altura..... mts.  
Area de terreno.....m2      Area construida.....m2  
Area por pisos.....m2

3.- Suelo.- Descripción

.....  
.....  
.....

4.- CIMENTACION

Aislada      Corr.      Amarr.      /      R      SR  
.....

5.- TIPO DE ESTRUCTURA

Aport.      M. Port.      Otros...../      R      SR  
.....  
Material: C. Arm.      Lad.      Sill.      Ad.      Cu      Otros  
.....

6.- TECHO

Avi      Alf      Met.      Mad.      Otros.....  
Cobertura      Pter.      Cal.      Barr.      Otros.....  
.....

7.- Otras características de la estructura.....  
.....

8.- Daños (Tipificación)

Cco      Mfis.      Ase.      Rev.      Otros.....  
Descripción de daños.....  
.....

9.- Fotos N°..... Rollo N°.....

10.-LONGITUD DE MUROS

Perpendiculares a la fachada (Y)  
1er Piso      2do. Piso

e-      e-  
\_\_\_\_\_

Paralelos a la fachada (X)  
1er Piso      2do Piso

e-      e-  
\_\_\_\_\_

11.-ESQUEMAS Y CORTES

Arequipa,      de      1,979

Encuestador









**UBICACION**




 Departamento : Arequipa.  
 Provincia : Castilla.  
 Distrito : Aplao.


**PERFORACION A - 1.**


Fecha : 05.02.80




C O T A	PROFUNDIDAD (Mts.)	SÍMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	1.50		RELLENO: Materiales de desechos, con piedras grandes y materia orgánica.	
	4.50		GRAVAS MAL GRADUADA Gravas angulosas de diferentes tamaños hasta 6", con bloques de roca de 1.5 a 2m. de diáme- tro. La matriz es areno-limosa de color rosado, bien seco.	W = 4.56 (1.5)

<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Aplao.				<b>PERFORACION A - 2</b>  Fecha : 05.02.80
C O T A	PROFUNDIDAD ( Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
			RELLENO: Escombros de construcción y raíces de plantas.	
	2.00		GRAVAS BIEN GRADADAS. Gravas bien angulosos de diversos tamaños que varían de 1" hasta de 4", aumentando de tamaño con la profundidad. Matriz areno limoso nada plástico. Compacto y húmedo; color rosado	W = 10.06 % (2.0m)  - Alto W % por sacar la muestra de un porqué.



<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Aplao.				<b>PERFORACION A - 3</b>  Fecha : 05.02.80
C O T A	PROFUNDIDAD ( Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	1.70		RELLENO: Escombros de construcciones y materia orgánica bien húmeda.	
	2.50		GRAVAS BIEN GRADADAS Gravas angulosos, con tamaños hasta de 4", con matriz areno limoso de color rosado, húmedo.	W = 7.38 % (2.0 m) alto contenido de humedad para el sector, debido a una probable rotura de un tubo de agua.



<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Aplao.				<b>PERFORACION A - 4</b>  Fecha : 05.02.80
COTA	PROFUNDIDAD ( Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
		v v	RELLENO: Tierra de cultivo, con material orgánico	
	2.50		<b>GRABAS LIMOSAS:</b> Material granoso, con gravas angulares de 5cm. a 15cm. La matriz es seca de color blanquesino, poco compacta. El material fino es un poco plástico,	W = 2.09% (1.0m)



<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa Provincia : Castilla Distritos : Aplao				<b>PERFORACION A - 6</b>  Fecha : 05 02. 80
COTA	PROFUNDIDAD ( Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.70	v v	RELLENO: Tierra de cultivo con raíces de plantas, más materia orgánica.	
	2.50		<b>LIMOS INORGANICOS</b> Limos con arenas finas con poco o casi nada de grava (redondeada), cuando se va profundizando se hace más húmedo.	W = 35% (2.5m)




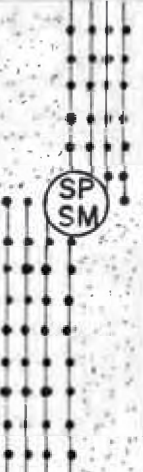
UBICACION			PERFORACION      A - 5	
Departamento : Arequipa				
Provincia : Castilla				
Distrito : Aplao		Fecha : 05.02.80		
COTA	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
			GRAVAS MAL GRADADAS Gravas angulosos de diversos tamaños hasta de 4", hay algunos bloques de 1.0m a 1.5m. Matriz areno-limoso de color rosado seco.	W = 2.02 % (1.0m)
	2.80			
			GRAVAS BIEN GRADADAS Gravas angulosas de diversos tamaños variando uniformemente hasta 4". Matriz areno-limoso de color rosado, es medio compacto.	W = 4.52 % (3.0m)
	3.80			


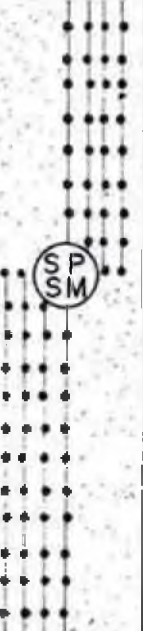




<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa Provincia : Castilla Distrito : Aplao			<b>PERFORACION A - 7</b>  <b>Fecha : 05.02.80</b>	
C O T A	PROFUNDIDAD ( Mts. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.30	vvvvvvvv vvvvvvvv vvvvvvvv	RELLENO: Terreno de cultivo con raíces de plantas.	
	2.50		LÍMOS INORGANICOS Limos con arenas finas, con poco o casi nada de grava redondeada a medida que se profundiza se hace más humedo, es algo compacto.	W = 35.08 % (2.0 m)


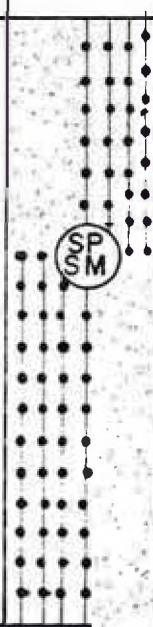
<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Aplao.			<b>PERFORACION A - 8</b>  <b>Fecha : 05.02.80</b>	
C O T A	PROFUNDIDAD ( Mts. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.40	vvvvvvvv vvvvvvvv vvvvvvvv vvvvvvvv	RELLENO: Tierra de cultivo con raíces de plantas.	
	2.00		LIMOS INORGANICOS Limos con arenas finas, con poco o casi nada de grava redondeada de 2", a medida que se profundiza se hace más humedo.	W = 23 % (1.5m)

<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Aplao.			<b>PERFORACION A - 9</b>  Fecha : 05. 02. 80	
COTA	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.20	VVVVVVVV VVVVVVVV	RELLENO : Escombros de material de construcción.	
	2.00		<b>GRAVAS MAL GRADADAS</b> Conglomerado de gravas angulosas de diferente tamaño hasta 6" con matriz areno limoso, seco, blanda compacto, color rosado.	W = 2.59 % (1.3 m)





UBICACION			PERFORACION H - 1	
Departamento	: Arequipa.		Fecha : 05.02.80	
Provincia	: Castilla.			
Distrito	: Huancorqui			
	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.30		RELLENO: Limoso, semi duro y compacto, color blanquecino.	
	0.40		Lente de yeso.	
	2.00		ARENA LIMOSA ARENA POBREMENTE GRADUADA de grano fino, color rosado con poco grvillo, bien seco, es compacto, o medido que va profundizándose hoy más gravo, igualmente la humedad, poco plástico	W= 2.60 % (0.70 m)





UBICACION			PERFORACION H - 2	
Departamento : Arequipa.			Fecha : 05.02.80	
Provincia : Castilla.				
Distrito : Huancorqui				
	PROFUNDIDAD ( Mts. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	2.10		ARENA LIMOSA - Arena pobremente graduado de grano bien fino, seco, con gravas gravas un poco redondeados, es bien compacto, poco plastico.	W = 4.0% (1.0 m)




UBICACION			PERFORACION	
Departamento : Arequipa			H - 3	
Provincia : Castilla				
Distrito : Huancarqui			Fecha : 11.06.80	
	PROFUNDIDAD (Mts. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	2.00		GRAVA POBREMENTE GRADUADA Gravas angulos de diversos tamaños hasta 2" aproximadamente , Matriz areno-limosa seca, bien compacto, color rosado.	W= 2.5 % (1.0 m)




UBICACION			PERFORACION H-4	
Departamento : Arequipa.			Fecha : 11. 06. 80	
Provincia : Castille.				
Distrito : Huancarqui				
	PROFUNDIDAD ( Mt s. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	2.00		ARENO LIMOSO Areno pobremente graduada con breve proporción de finos, es bien compacto de color rosado, poco o nada plastico.	w = 2.05 % (1.5m)




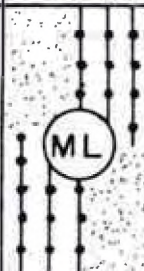

UBICACION		PERFORACION C - 1		
Departamento	Arequipa.			
Provincia	Castilla.			
Distrito	Corire.	Fecha : 5-2-80		
	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.60		LIMO con arena fina y arcilla limo inorgánico de color amarillento y gris, saturado, poca consistencia. El 59% pasa la malla N° 200	W= 35.1% (0.4m) Nivel Freático encontrado 0.40 Hay caliche en este estrato.
	0.90		ARENO LIMOSO, color amarillo y que se encuentra saturado, no posee gravas, es poco consistente.	Muestra sacada el 11-06-80. W= 22.8% (11-06-80) (0.3)
	2.00		GRAVA POBREMENTE GRADADA Gravas redondeadas de tamaño variado desde 0.5 cm. a 10 cm.; con matriz arenosa, limosa saturada, poco porcentaje de finos.	Nivel freático encontrado 1.10 (11.06.80)




UBICACION		PERFORACION C-2		
Departamento	Arequipa.			
Provincia	Castilla.			
Distrito	Corire.	Fecha : 5.2.80		
	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.60		ARCILLO INORGANICO Arcilla de baja plasticidad de color marrón claro, saturada, es poca consistente.	W= 21.5% (5.2.80) (0.5m) Se ha encontrado caliche en este estrato.
	1.10		LIMO ARENOSO Arena bien fina con limo, es de color amarillento verdoso y gris se encuentra saturada y es de poca consistencia.	Nivel freático 0.95 (5.2.80) W= 24% (11.6.80) (0.9m)
	2.50		GRAVA POBREMENTE GRADADA Gravas redondeadas de tamaño variado desde 0.5 cm a 10 cm, con matriz areno limoso, se encuentra saturada, tiene poco porcentaje de finos.	Nivel freático encontrado 1.55 (11.6.80)

<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Corire				<b>PERFORACION C - 3</b>  Fecha : 05.02.80.
	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	1.00		<b>LIMO ARCILLOSO</b> Es de color amarillento a gris tiene un buen porcentaje de arena fina, se encuentra saturada. Pasa 55% la malla N° 200.	W=23.8% (05.02.80) (0.6m) Nivel freatico encontrado 0.70 (05.02.80) En este estrato hay caliche.
	2.00		<b>GRAVA MAL GRADADA</b> Gravas redondeadas de 4 cm. a medida que se profundiza varia los tamaños de grava. Matriz arenoso limoso con poco porcentaje de finos.	Nivel freatico encontrado 1.4. (11.06.80)

<b>UBICACION</b> Departamento : Arequipa. Provincia : Castilla. Distrito : Corire.				<b>PERFORACION C - 4</b>  Fecha : 05.02.80
	PROFUNDIDAD (Mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.80		<b>ARCILLO LIMOSO</b> Es de color amarillento grisáceo tiene un buen porcentaje de arena bien fina, se encuentra saturado. El 56.8% pasa la malla N° 200	W=26.1% (0.7m) En este estrato hay caliche.
			<b>GRAVA MAL GRADADA</b> Gravas redondeadas de 4 cm., a medida que se profundiza varia los tamaños de grava. Matriz arenoso limoso con poco porcentaje de finos.	Nivel freatico encontrado 0.90 (05.02.80) Nivel freatico encontrado 1.60 (11.06.80)
	2.00			



UBICACION				PERFORACION
Departamento : Arequipa.				C-5
Provincia : Castilla.				
Distrito : Corire.				Fecha : 05.02.80
	PROFUNDIDAD ( Mts. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.90		LIMO con arena bien fina y arcilla. Limo inorgánico de color amarillento a gris, esta saturado, es poco compacto. A medida que baja presenta uno que otro grava de 5 cm. redondeada.	W = 47.5 % (0.8 m)
	2.00		GRAVA POBREMENTE GRADADA	Nivel freatico encontrado 1.20 (05.02.80)

UBICACION				PERFORACION
Departamento : Arequipa.				C-6
Provincia : Castilla.				
Distrito : Corire.				Fecha : 05.02.80
	PROFUNDIDAD ( Mts. )	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	1.00		ARCILLA con limo y arena bien fina. Se encuentra un poco suelto, es de color marrón bien húmedo, no hay grava pero si caliche.	W = 41. % (0.8 m)  Nivel freatico encontrado 0.90 (05.02.80)
	2.00		GRAVA POBREMENTE GRADADA	Nivel freatico encontrado 1.60 (11.06.80)

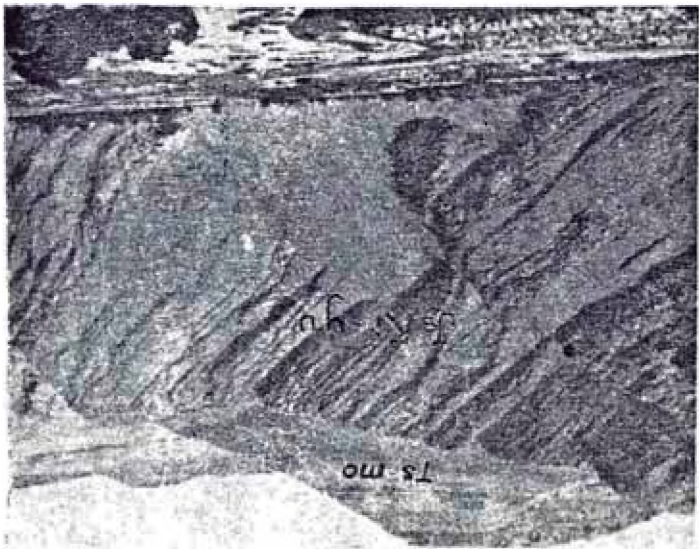


FOTO N° 01.-

DISCORDANCIA ANGULAR ENTRE LAS  
FORMACIONES MOQUEGUA Y EL GRU-  
PO YURA.

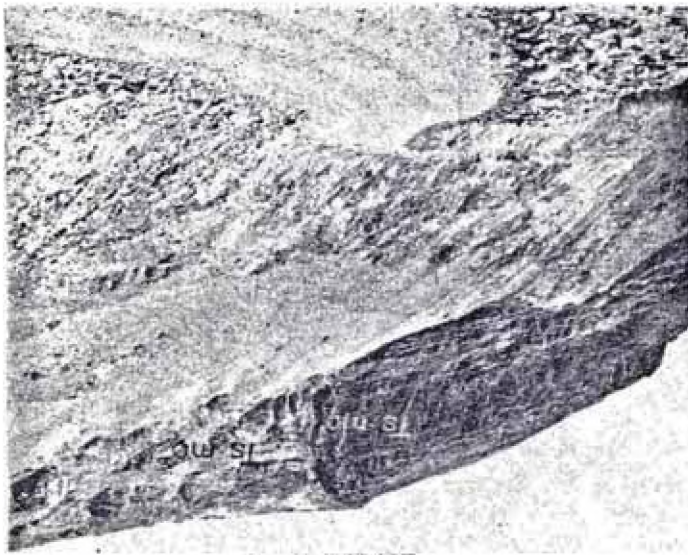


FOTO N° 02.-

FALTA GEOLOGICA EN PUERTA CO-  
LONADA.

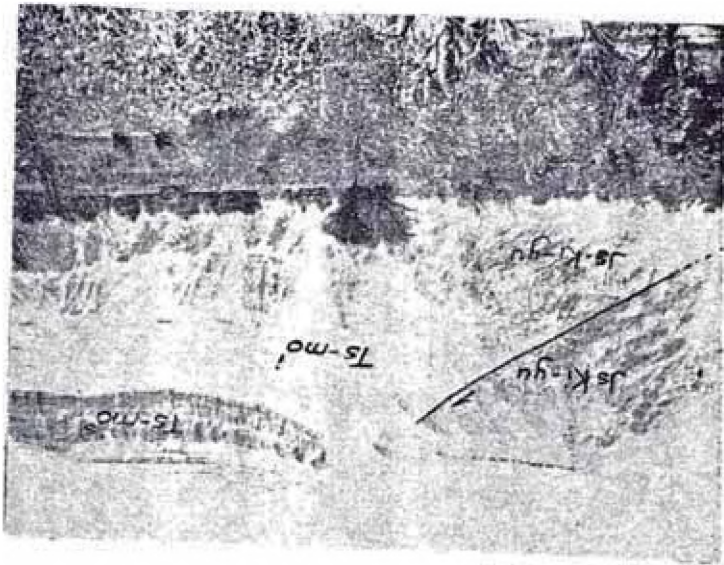


FOTO N° 03.-

FALTA GEOLOGICA HUANCARQUNI



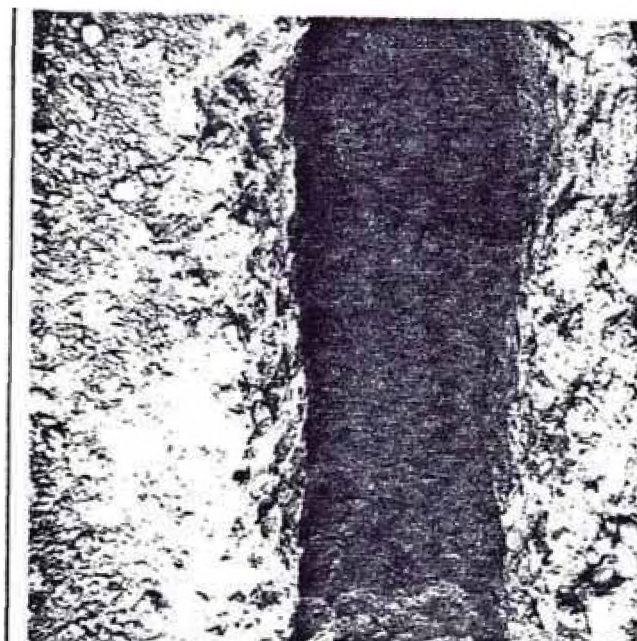
CAJICATA A-9  
MATRIZ ARENO-LIQUIDA, BIEN SECA  
SUELO DE GRAVAS AMORFAS CON

FOTO N° 06. - - APLAO



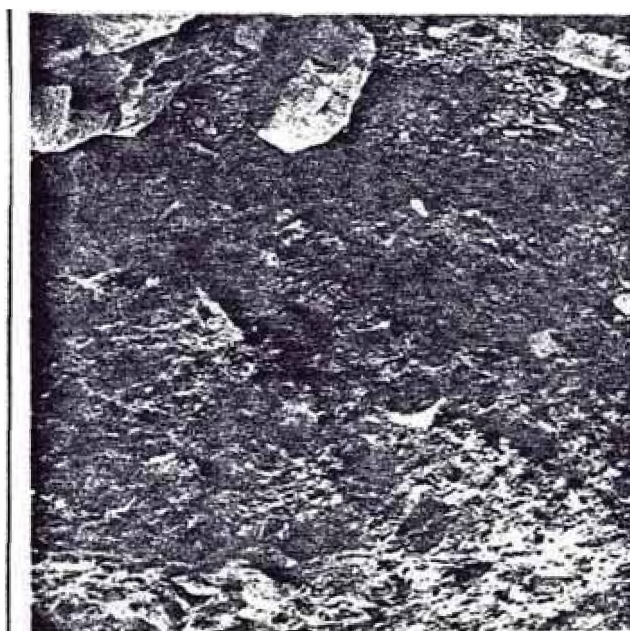
SUELO TIPICO DE LA PARTE BAJA  
DE APLAO; SUELO LIQUIDO CON  
ARENA FINA, CON POCO O CASI  
NADA DE GRAVA REDONDEADA.

FOTO N° 05. - - APLAO



SUELO TIPICO DE LA CIUDAD DE  
APLAO, EN LA PARTE ELEVADA AL  
CURSO (CAJICATA A-5)

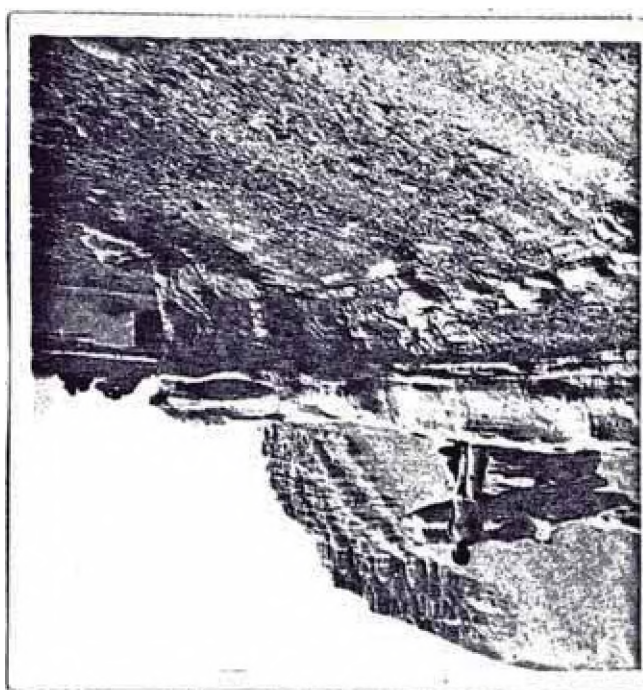
FOTO N° 04. - - APLAO





SUELO DE MATERIAL FINO (LIMO  
O ARCILLOSO) CON MANTA FRACTICA  
A 0.40 M DE LA SUPERFICIE.

FOTO N° 09. -- CORINTI

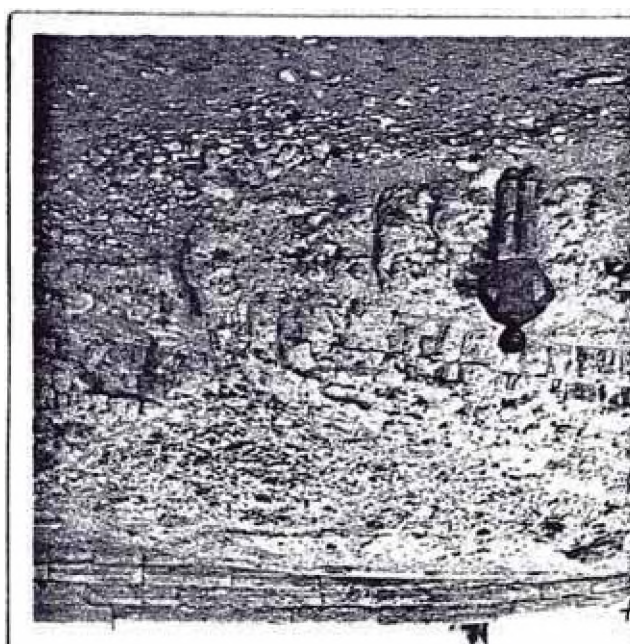


AFLORES DE ARENISCAS,  
EN EL CENTRO DE LA CIUDAD.

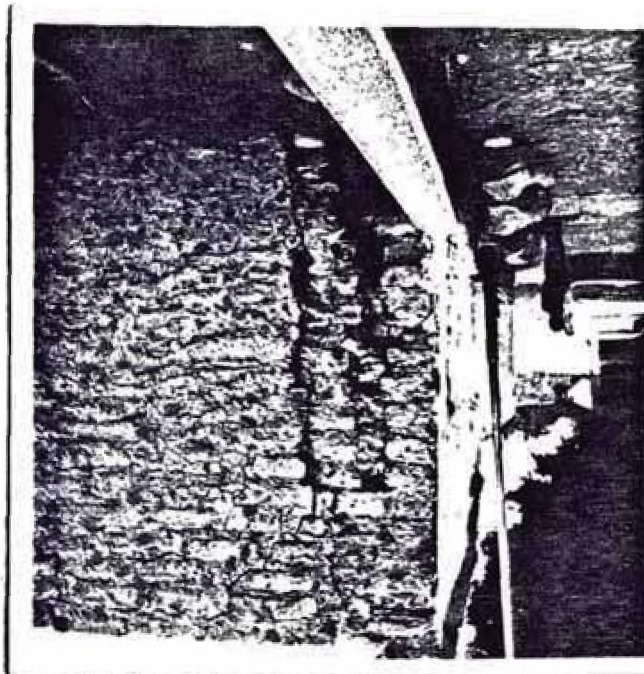
FOTO N° 08.-IMANCARQUI

SUELO TIPICO DE LA PARTE ALTA DE  
IMANCARQUI, ARENO-LIMOSO, SECO,  
COMPACTO CON GRAVAS.

FOTO N° 07.- IMANCARQUI

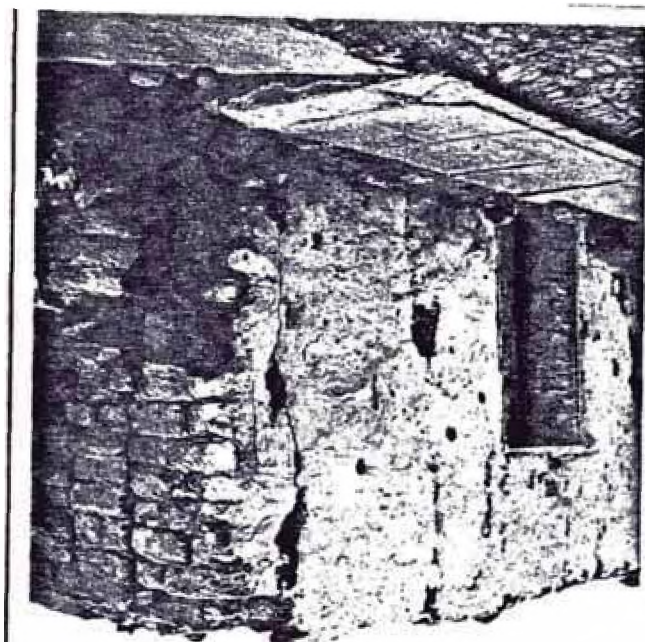






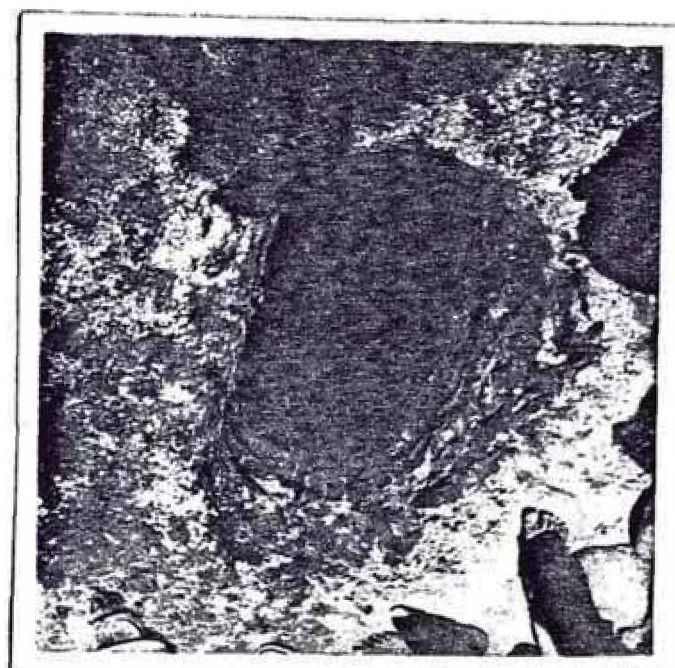
VIVIENDA DE ADOBE CON FISURAS  
QUE SIGUEN LA DIRECCION DEL  
NORTEÑO.

FOTO N° 12.- APIAO



VIVIENDA CON PEQUEÑAS FISURAS  
EN EL REVESTIMIENTO DE ADOBE.

FOTO N° 11.- APIAO



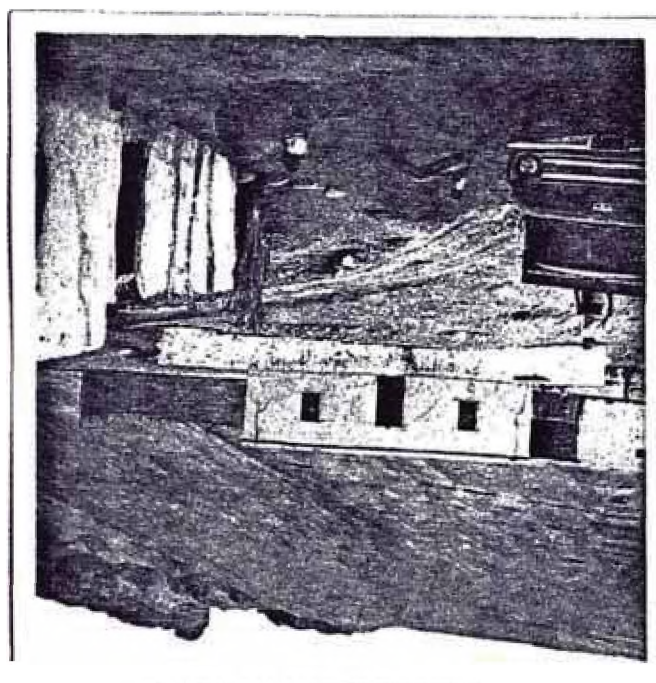
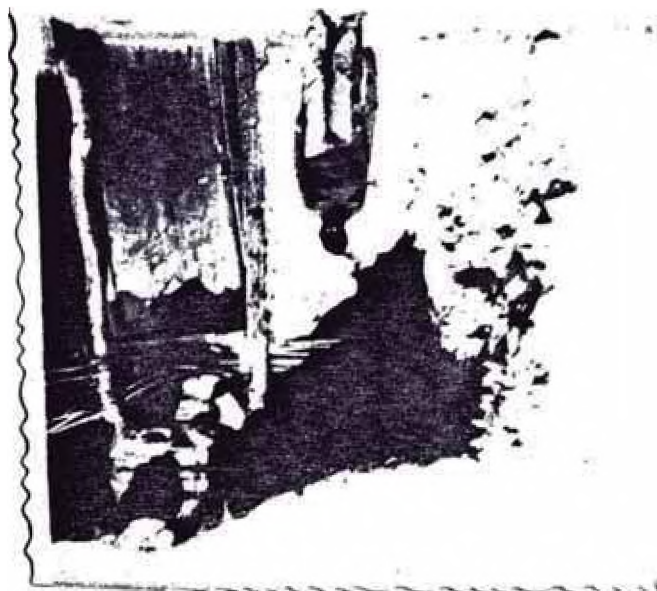
SUELO DE MATERIAL FINO CON NAPA  
RELATIVA A 0.80 M. DE PROFUNDI-  
DAD.

FOTO 10.- CORINT



DEBEMOS PARCIAL DE NUESTRO.  
ORDENARSE EL DIENTE DE CADA  
QUE POSEE.

FOTO N° 15.- HUANCAHUASI

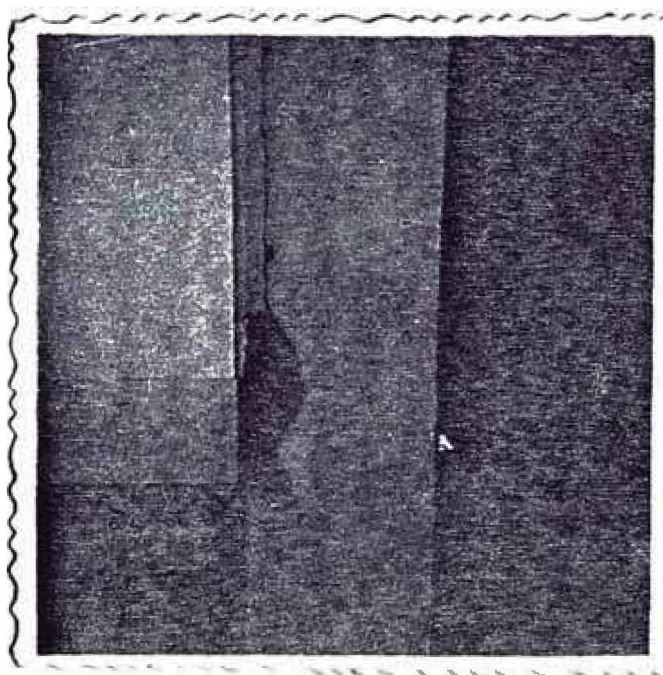


VIVIENDA DE ADOBE QUE PRESENTA  
FIGURAS EN TODA LA FACHADA, SE  
ENCUENTRA SOBRE UN MONTICULO  
DE 15 M. DE ALTURA.

FOTO N° 16.- HUANCAHUASI

DA'DO POR COLUMNA CONTA EN EL  
CE MARISCAL CASTILLA.

FOTO N° 13.- APIAO





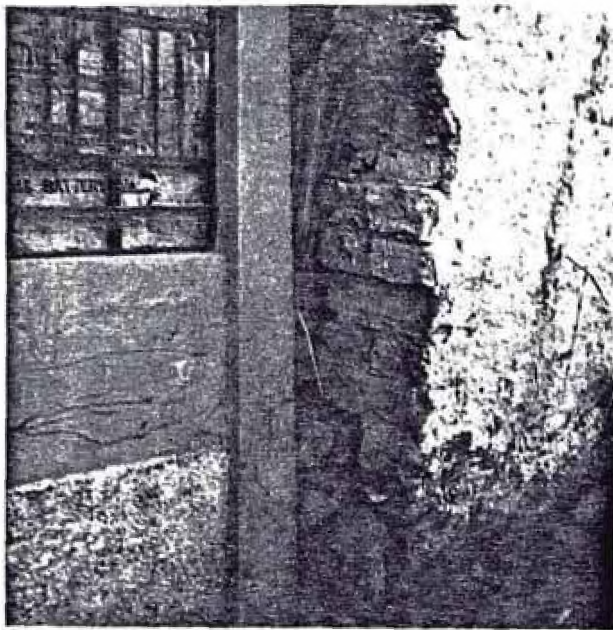


FOTO N° 16 .- CORIRE

MURO DE ADOBE INCLINADO, JUNTO  
A UNA CONSTRUCCION DE LADRILLO  
SIN DAÑO.

FOTO N° 17.- CORIRE

VIVIENDA DE ADOBE CON GRIETAS  
ESTA PRESENTA CAIDA DE LIEBROS.

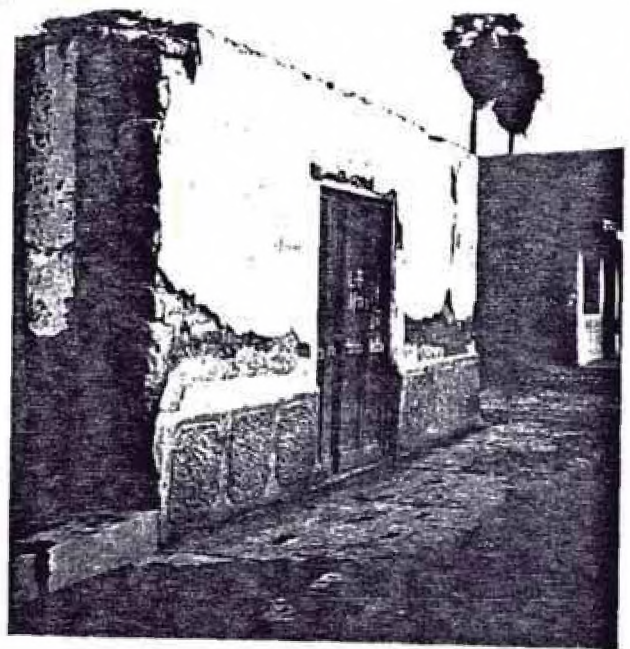
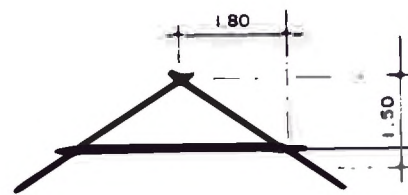
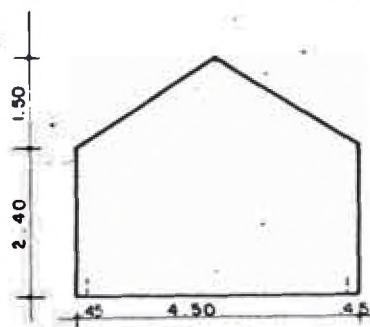
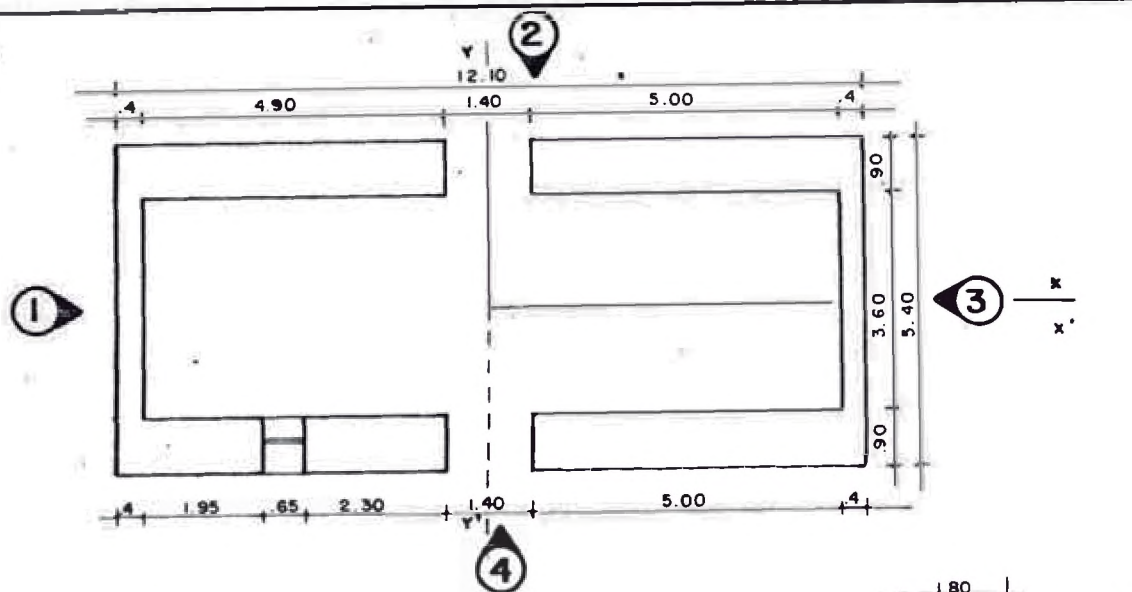


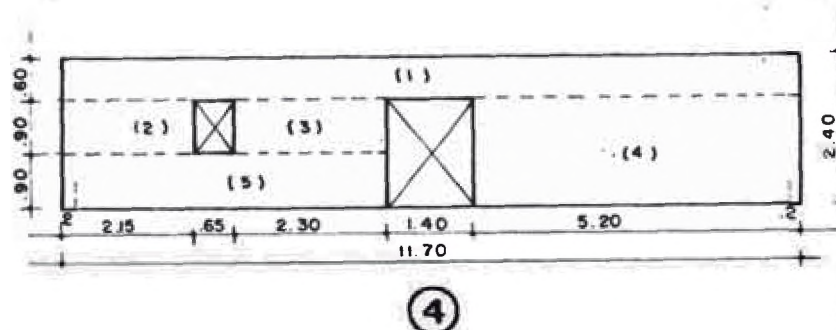
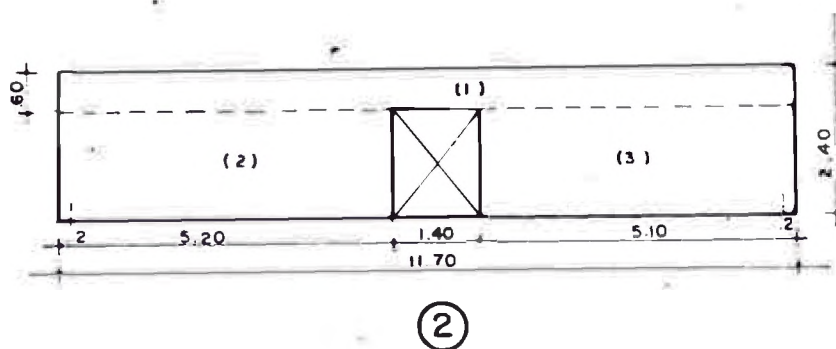
FOTO N° 18.- CORIRE

VIVIENDA DE ADOBE CON GRIETA  
CERCA A UNA DE LAS ESQUINAS,  
CON MUROS DE 3.5 M. DE ALTURA



TIJERALES DE MADERA

① = ③



VIVIENDA DE  
ADOBE EN  
A P L A O

VIVIENDA DE ADOBE EN APLAO

MURO	PESOS	COORDENADAS		NOMBRES RECTIFICOS	
		X	Y	Zx	Zy
1	3.46	-	2.25	-	7.79
2	20.22	5.85	4.5	118.29	90.99
3	-1.81	5.80	4.5	-10.5	-8.15
4	3.46	11.7	2.25	40.5	7.79
	20.22	5.35	-	118.29	-
	-0.42	2.48	-	-1.04	-
	-1.81	5.80	-	-10.5	-
				255.04	98.42
				43.32	

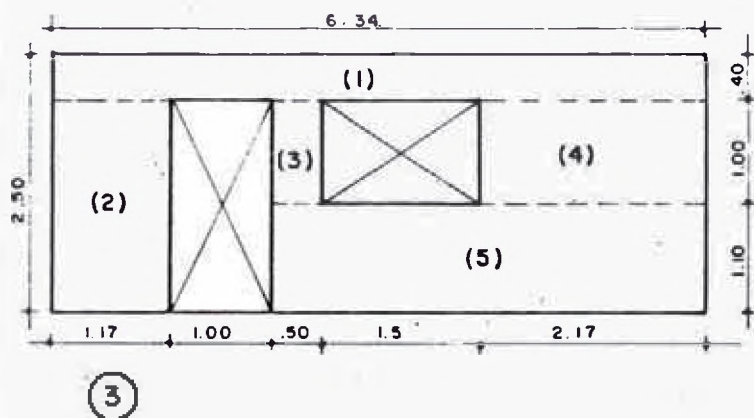
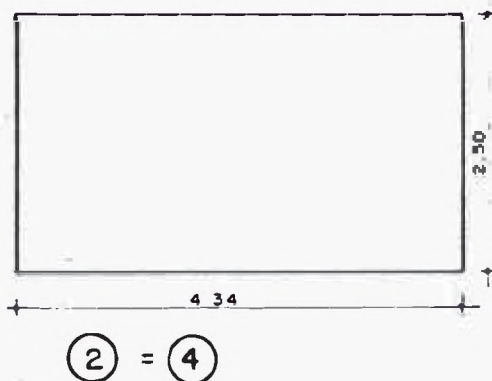
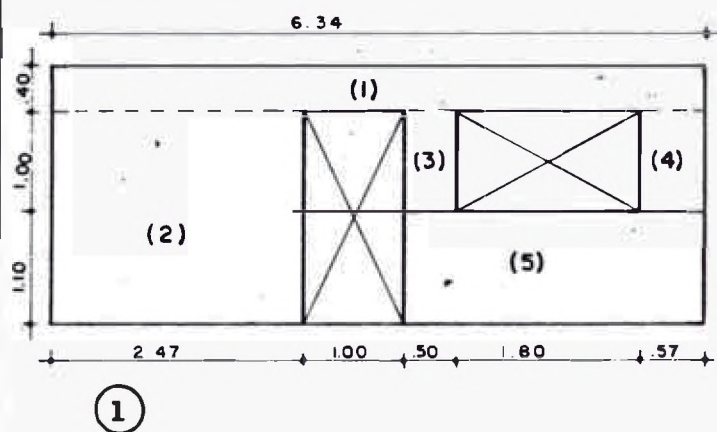
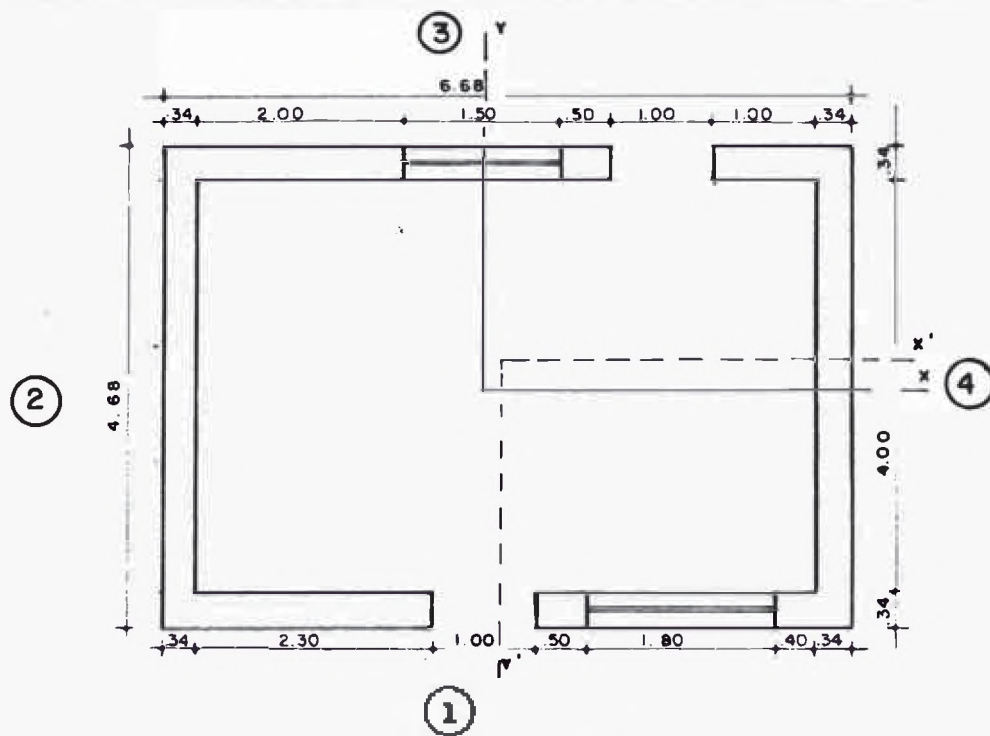
$X = 5.89 \text{ m}$   
 $Y = 2.27 \text{ m}$   
 CENTRO DE GRAVEDAD

MURO	K	X	Y	Kx	Ky
1	0.63	-	-	-	-
3	0.63	11.70	-	7.37	-
1.26					
2	1.47	-	-	-	6.62
4	1.45	-	-	-	-
2.92					
6.62					

$X = 5.85 \text{ m}$   
 $Y = 2.27 \text{ m}$   
 CENTRO DE INERCIA

MURO	CORRIANTE DIRECTO	CORRIANTE TORSION	CORRIANTE TORSION ACCIDENTAL	CORRIANTE TOTAL	AREA	V
1	3.46	-	-0.36	3.1	2.16	0.12
2	3.49	-	-0.13	3.36	10.89	0.03
3	3.47	-	0.06	3.53	2.1	0.16
4	3.44	-	0.13	3.57	10.89	0.03





VIVENDA DE  
ADOBE EN  
HUANCARQUI

# VIVIENDA DE ADOBE EN HUANCARQUI

MURO	PESOS (T)	COORDENADAS		MOMENTOS ESTATICOS	
		X	Y	Fx	Fy
1	4.31	3.17	4.34	13.66	18.71
	-0.57	3.92	4.34	-2.23	-2.47
	-0.49	5.67	4.34	-2.78	-2.13
2	2.95	-	2.17	-	6.40
4	2.95	6.34	2.17	18.70	6.40
3	4.31	3.17	-	13.66	-
	-0.57	2.97	-	-1.69	-
	-0.41	4.87	-	-1.99	-
12.47				37.33	26.91

$$X = 2.99 \text{ m}$$

CENTRO DE GRAVEDAD

$$Y = 2.16 \text{ m}$$

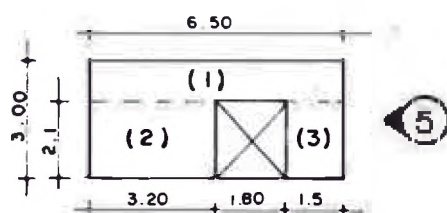
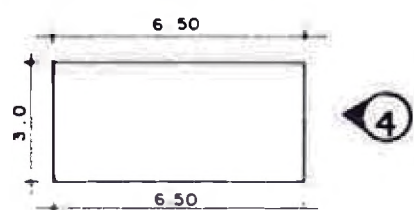
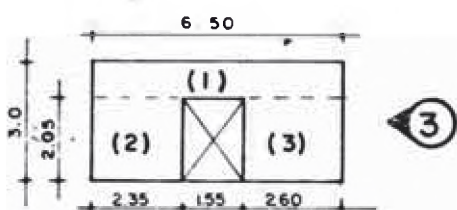
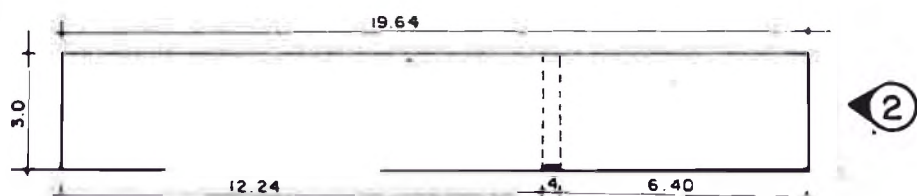
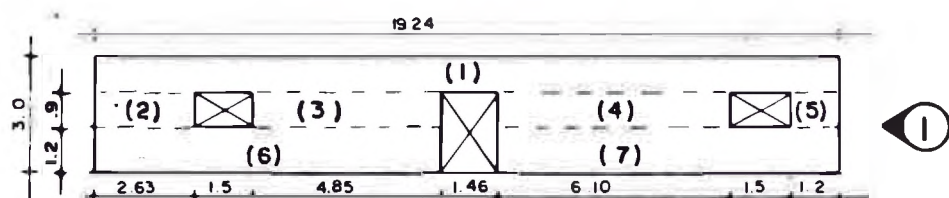
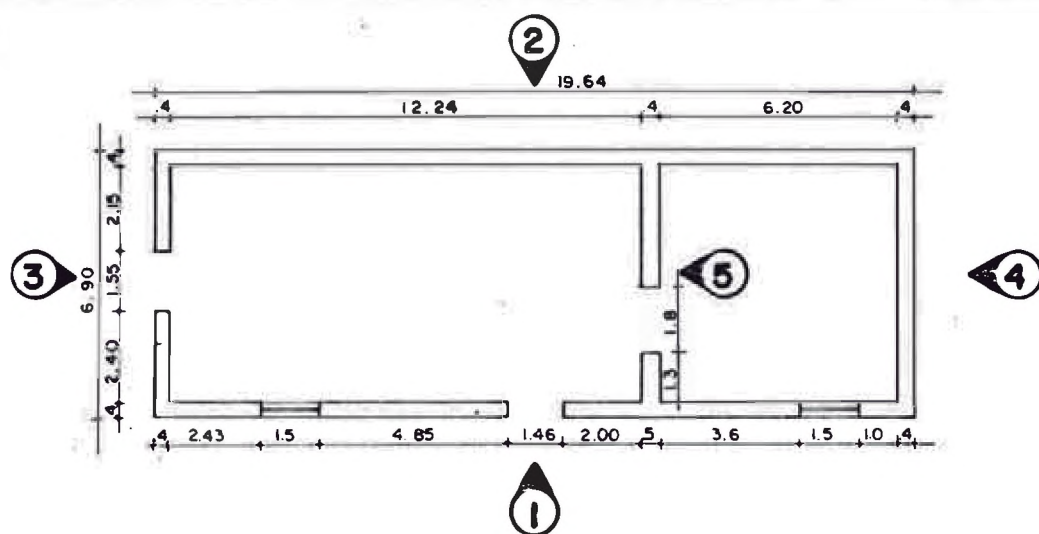
MURO	K	X	Y	Kx	Ky
2	0.58	-	-	-	-
4	0.58	6.34	-	3.68	-
1.16				3.68	
1	0.58	-	-	-	-
3	0.73	-	4.34	-	3.17
1.31					3.17

$$X^1 = 3.17 \text{ m}$$

CENTRO DE RIGIDEZ

$$Y^1 = 2.42 \text{ m}$$

MURO	CORTANTE DIRECTO (T)	CORTANTE TORSION (T)	CORTANTE TORSION ACCIDENTAL (T)	CORTANTE TOTAL (T)	AREA (m <sup>2</sup> )	V k/cm <sup>2</sup>
1	0.88	0.048	0.04	0.97	1.89	0.05
2	0.99	-0.043	0.08	1.04	1.59	0.06
3	1.11	-0.048	0.04	1.10	1.89	0.06
4	0.99	0.043	0.08	1.11	1.59	0.06



VIVIENDA DE  
ADOBE EN  
CORIRE



# VIVIENDA DE ADOBE EN CORIRE

MURO	PESOS (T)	COORDENADAS		MOMENTOS ESTATICOS	
		X	Y	Fx	Fy
1	18.47	9.57	-	176.75	-
	-0.43	3.38	-	- 1.45	-
	-0.98	9.57	-	- 9.52	-
	-0.43	17.29	-	- 7.43	-
2	18.47	9.57	6.5	176.75	120.06
3	6.24	-	3.25	-	20.28
	-1.04	-	3.38	-	- 3.51
4	6.24	19.14	3.25	119.43	20.28
5	6.24	12.64	3.25	78.57	20.28
	-1.21	12.64	2.53	-15.29	-3.05

51.57

518.11

174.34

$\bar{X} = 10.05 \text{ m}$

CENTRO DE GRAVEDAD

$\bar{Y} = 3.38 \text{ m}$

MURO	k	X	Y	Kx	Ky
3	0.58	-	-	-	-
5	0.57	12.64	-	7.2	-
4	0.72	19.24	-	13.85	-
1.87		21.05			
2	2.14	-	6.5	-	13.91
1	1.90	-	-	-	-

4.04

13.91

$\bar{x}^1 = 11.25$

CENTRO DE RIGIDEZ

$\bar{y}^1 = 3.44$

MURO	CORTANTE DIRECTO (T)	CORTANTE TORSION (T)	CORTANTE TORSION ACCIDENTAL (T)	CORTANTE TOTAL (T)	AREA (m <sup>2</sup> )	V K/cm <sup>2</sup>
1	3.88	0.02	0.11	4.01	7.27	0.06
2	4.37	-0.02	0.11	4.46	7.86	0.06
3	2.56	-0.42	0.34	2.48	1.98	0.13
4	3.18	0.06	0.05	3.29	1.88	0.18
5	2.51	0.29	0.24	3.04	2.6	0.12