

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO SISMICO DE LOS DISTRITOS DE
SAN ANTONIO Y MALA (CAÑETE)

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

JUAN MANUEL MANCO CESPEDES

PROMOCION 1974 - 2

LIMA - PERU

1976

DEDICADO

CON TODO AFECTO

A MIS PADRES: MARTIN Y EMPERATRIZ;

A MIS ABUELITOS: LEONCIO Y DELFINA

A aquellos pueblos y familias humildes de mi patria que, como consecuencia de desastres inevitables, han sufrido y sufrirán los embates de la naturaleza con su secuela de muerte, desolación, hambre y miseria; y, a todos los que requieren urgente ayuda para hacer frente a las catástrofes.

RECONOCIMIENTOS

Al Sr. Ing.

Julio Kuroiwa H., gestor principal de la presente tesis;

Al Sr. Ing.

Elmer Evangelista, por su asesoramiento en los aspectos geológicos tratados;

A la Sra. Ing.

Mercedes Dongo de Mendoza, cuya valiosa orientación hizo posible el estudio de algunos aspectos fundamentales de la Mecánica de Suelos;

Al Sr. Ing.

Nemesio Canelo A., por su asesoramiento y contribución inapreciables en el desarrollo de los aspectos de la Planificación Urbana y Regional;

Y a todas aquellas personas que, en una u otra forma, me brindaron su ayuda, para llevar a feliz culminación el presente trabajo.

SUMARIO

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO	I	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	.1
CAPITULO	II	<u>ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS DEL VALLE DE MALA</u>	.5
2.1.0	2.1.0	Aspectos geomorfológicos.....	.5
	2.2.0	Hidrografía e hidrología del río Mala.....	.6
	2.2.1	Hidrografía.....	.6
	2.2.2	Hidrología.....	.8
	2.3.0	Características hidrogeológicas....	.11
	2.3.1	El acuífero.....	.11
	2.3.2	Aguas subterráneas.....	.11
	2.3.3	Problema de la erosión.....	.12
CAPITULO	III	<u>ESTUDIO GEOLOGICO DEL VALLE DE MALA Y ZONAS CIRCUNVECINAS</u>	.13
	3.1.0	Introducción.....	.13
	3.2.0	Geología regional de los valles de Mala, Chilca y Ásia.....	.15
	3.2.1	Generalidades.....	.15
	3.2.2	Estratigrafía y rasgos estructurales.....	.16
	3.3.0	Condiciones geológicas locales.....	.17
	3.3.1	Componente del manto superficial cuaternario.....	.18
	3.3.2	Estructuras geológicas más importantes.....	.20
CAPITULO	IV	<u>ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS DEL DISTRITO DE SAN ANTONIO</u>	.23
	4.1.0	Introducción	
	4.2.0	Características generales de los suelos.....	.26
	4.3.0	Identificación y clasificación de las muestras obtenidas.....	.29
	4.4.0	Perfiles de pozos.....	.31
	4.4.1	Análisis de los perfiles de pozos...	.31
	4.5.0	Estimación de la capacidad portante de un suelo.....	

4.5.1	Capacidad portante de los suelos de San Antonio.....	.35
4.5.1.1	Capacidad portante de los suelos de la Zona I.....	.35
4.5.1.2	Capacidad portante de los suelos de la Zona II.....	.37
4.6.0	Aspectos de Dinámica de Suelos.....	.39
4.6.1	Programa a seguirse en el diseño de una cimentación teniendo en cuenta la influencia del sismo.....	.40
4.6.2	Profundidad del nivel freático y sus efectos.....	.41
4.6.3	Efectos de las vibraciones en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un suelo.....	.43
4.6.4	Determinación de la capacidad portante de los suelos considerando la influencia dinámica del sismo.....	.43
4.6.5	Evaluación del potencial de licuefacción de un suelo.....	.44
4.6.5.1	Factores que influyen en el potencial de licuefacción.....	.45
4.6.5.2	Método de evaluación del potencial de licuefacción.....	.47
4.7.0	Conclusiones y recomendaciones.....	.55

CAPITULO	V	<u>CONSIDERACIONES SISMOLOGICAS Y EL TERREMOTO DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974</u>	.60
5.1.0		La intensidad.....	.60
5.1.1		Escala de Mercalli modificada por Richter.....	.61
5.1.2		Comentarios sobre la escala de Mercalli Modificada.....	.61
5.2.0		La magnitud de los sismos.....	.63
5.2.1		La magnitud unificada.....	.64
5.3.0		Las isosistas.....	.66
5.3.1		Técnicas y criterios para el trazado de isosistas.....	.67
5.3.2		Dibujo de las isosistas.....	.68
5.4.0		Historia sísmica del Área afectada..	.71
5.5.0		El terremoto del 3 de Octubre de 1974	.79
5.6.0		Las isosistas del sismo del 3 de Octubre de 1974.....	.82
5.7.0		Evaluación de daños.....	.83
5.8.0		Análisis de las fallas.....	.86
5.9.0		Prevención de desastres sísmicos....	.93

III

	5.9.1 Análisis de la acción frente a catástrofes.....	.95
	5.9.1.1 Medidas preventivas.....	.95
	5.9.1.2 Medidas de emergencia.....	.98
	5.9.1.3 Medidas de recuperación.....	.101
CAPITULO	VI <u>EXPEDIENTE URBANO Y REGIONAL DE LOS VALLES DE CHILCA, MALA Y ASIA</u>	.108
	Introducción.....	.103
	6.1.0 Medio Físico.....	.105
	6.1.1 Extensión y fisiografía.....	.105
	6.1.2 Clima y meteorología.....	.106
	6.1.2.1 Clima.....	.106
	6.1.2.2 Elementos meteorológicos.....	.106
	6.1.3 Suelos.....	.108
	6.1.3.1 Estudio agrmlógico.....	.108
	6.1.3.2 Estudio de la mecánica de suelos..	.110
	6.1.4 Ecología.....	.110
	6.1.5 Recursos hídricos.....	.111
	6.1.5.1 Generalidades.....	.111
	6.1.5.2 Hidrología del río Mala.....	.112
	6.1.6 Recursos mineros.....	.113
	6.1.7 Apreciación del valor ecológico del medio.....	.114
	6.2.0 El Hombre.....	.115
	6.2.1 Volumen de población.....	.115
	6.2.2 Composición de la población de la microregión.....	.117
	6.2.3 Población económicamente activa.....	.118
	6.2.4 Calificación de la población.....	.118
	6.2.5 Nivel cultural.....	.119
	6.3.0 Medio Racionalizado.....	.120
	6.3.1 Distribución de la población en el territorio.....	.123
	6.3.2 Sistema vial y de comunicaciones....	.123
	6.3.2.1 Transporte terrestre.....	.123
	6.3.2.2 Transporte marítimo y aéreo.....	.124
	6.3.3 Conglomerados urbanos nucleados y estructura regional.....	.125
	6.3.4 Actividades económicas.....	.127
	6.3.4.1 Actividades económicas primarias..	.127
	6.3.4.2 Actividades económicas secundarias	.128
	6.3.4.3 Actividades económicas terciarias.	.129
	6.3.4.3.1 Comercio.....	.129

IV

6.3.4.3.2	Transporte.....	.129
6.3.4.3.3	Energía.....	.130
6.3.4.3.4	Salud.....	.130
6.3.4.3.5	Vivienda.....	.131
6.3.4.3.6	Educación.....	.132
6.4.0	Diagnosis y proyecciones de la situación actual.....	.133
6.4.1	Diagnosis de la situación actual....	.133
6.4.1.1	Diagnóstico del sector transporte y comunicaciones.....	.133
6.4.1.2	Diagnosis del sector salud.....	.134
6.4.1.3	Diagnosis de educación.....	.136
6.4.1.4	Diagnosis del sector vivienda.....	.136
6.4.1.5	Diagnóstico del sector agropecuario.....	.137
6.4.2	Diagnosis de la microregión.....	.138
6.4.3	Proyecciones de la situación actual.	.139
6.4.3.1	Proyecciones del sector transporte y comunicaciones.....	.139
6.4.3.2	Proyecciones del sector salud.....	.139
6.4.3.3	Proyecciones del sector educación.	.140
6.4.3.4	Proyecciones del sector vivienda..	.141
6.4.3.5	Proyecciones del sector energía...	.142
6.4.3.6	Proyecciones del sector construcción.....	.142
6.4.3.7	Proyecciones del sector agropecuario.....	.143
6.4.4	Criterios rectores para el desarrollo del valle de Mala.....	.143
6.5.0	Equipamiento social para la microregión.....	.144
6.5.1	Salud.....	.145
6.5.2	Recreación.....	.145
6.5.3	Educación.....	.146
6.6.0	La planificación urbana y regional para un estudio sísmico.....	.148
6.7.0	Planes reguladores.....	.152
6.7.1	Definición.....	.152
6.7.2	Elementos del plan regulador.....	.152
6.7.3	Requisitos del plan regulador.....	.153
6.7.4	Objetivos del plan regulador.....	.154
6.8.0	Zonificación.....	.155
6.8.1	Definición.....	.155
6.8.2	Objetivos de la zonificación.....	.155
6.8.3	Instrumentos de la zonificación.....	.156
6.9.0	Los planes reguladores en la microregión.....	.156
7.0	Conclusiones.....	.158
8.0	Recomendaciones.....	.168
9.0	Anexos	i-xxv
10.0	Anexos fotográficos	

RESUMEN

Un estudio sísmico realizado a cabalidad requiere de la conjunción de múltiples disciplinas inherentes a los fenómenos sísmicos, tales como la Geología, la Mecánica y Dinámica de Suelos, la Ingeniería Antisísmica, la Planificación Urbana y Regional, etc., lo que exige el concurso de equipos polivalentes de profesionales y técnicos.

El presente trabajo, según estas premisas, es un intento personal que posibilite el conocimiento de la problemática planteada por la ocurrencia del sismo del 3 de octubre de 1974 en diversas poblaciones del denominado Sur Chico del departamento de Lima, específicamente referida a los distritos de San Antonio y Mala.

El estudio ha sido abordado en seis capítulos, tratando, en primer lugar, los aspectos geomorfológicos, hidrográficos, hidrológicos, hidrogeológicos y geológicos del valle de Mala, basados en las informaciones que fue posible obtener. Seguidamente desarrolla algunos aspectos de la Mecánica de Suelos del distrito de San Antonio y analiza sucintamente los daños en las diferentes edificaciones

de la zona afectada. Finalmente, desarrolla el Expediente Urbano y Regional de los valles de Chilca, Mala y Asia.

Los principales rasgos geomorfológicos del área están representados por las estribaciones andinas occidentales y las terrazas aluviales y fluvio-aluviales, en las cuales se asientan las poblaciones.

El río Mala, que surca el valle del mismo nombre, tiene características de torrente, y es la principal fuente de recurso hídrico superficial, siendo conveniente su regulación a fin de conseguir el desarrollo de la agricultura, principal actividad económica de los pobladores afectados. Además, cabe señalar que el río, durante la época de avenidas, plantea el serio problema de las inundaciones por la carencia de obras de defensa ribereña y de encauzamiento.

Las características hidrogeológicas del valle no son conocidas suficientemente; de ellas se conoce que el acuífero tiene una longitud aproximada de 25 kms. y una superficie de 60 km^2 , y que la profundidad del nivel freático, en el área en estudio, varía de 1 a 30 metros.

Geológicamente el valle de Mala y zonas circunvecinas constituye una gran cuenca de orígenes marino y continental transformada por la intrusión batolítica y por los

movimientos epirogenéticos y orogenéticos que originaron a la cordillera de los Andes. Las rocas existentes se encuentran formando parte de las formaciones geológicas denominadas Pamplona, Puente Piedra, Atocongo y Pucusana, y son del tipo ígneo, sedimentario y metamórfico, de edades comprendidas entre las eras Paleozoico y Cenozoico. Las formaciones geológicas se hallan conformando una estructura homoclinal fallada, que forma el núcleo de las estribaciones andinas occidentales, de orientación N 100° - S100°E. El manto superficial cuaternario cubre, por lo general, la zona del litoral y el valle de Mala.

Los suelos del distrito de San Antonio han sido identificados y clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que ha permitido la división de la ciudad en dos zonas de características definidas en cuanto al suelo de cimentación: una de ellas constituida de suelos de tipo gravoso, predominando las gravas arcillosas (GC) y las gravas pobremente graduadas (GP), denominada Zona I; y la otra, conformada por suelos de tipo arenoso, preferentemente de arenas pobremente graduadas (SP), denominada Zona II.

Los efectos del sismo se han hecho sentir con mayor significación en las viviendas de adobe, que constituyen aproximadamente el 90% del total de las viviendas existentes

en los distritos del estudio. En el distrito de San Antonio de las 463 viviendas de adobe, con ocasión del sismo del 3 de octubre de 1974, 27 (5.8%) resultaron con daños mayores del 75% y 102 (22%) con daños importantes comprendidos entre el 50 a 75%. En porcentajes similares resultaron dañadas las viviendas de adobe del distrito de Mala. En general, las viviendas de ladrillo con columnas de amarré o sin ellas, y las estructuras aporricadas de concreto armado (los colegios secundarios de San Antonio y Mala), exhiben estructuraciones no adecuadas para resistir las fuerzas sísmicas. En éstas últimas la presencia de columnas "cortas" provocó la concentración de esfuerzos cortantes en las columnas de menor longitud libre, con los daños consiguientes.

El Expediente Urbano y Regional de la Microregión de los Valles de Chilca, Mala y Asia establece que ésta atraviesa por una situación apremiante que se refleja en el estancamiento y el empobrecimiento progresivo de sus factores fundamentales: el Hombre, la Tierra y el Medio Racionalizado. Los sectores económicos afectados, que fue posible analizar suscintamente, muestran déficits infraestructurales, de tal magnitud, que hacen necesaria la toma de una serie de medidas, consideradas en el contexto de la planificación general, con el fin de superarlos.

De todo lo expuesto se puede llegar a las siguientes conclusiones; las dos primeras deducidas de los estudios ya existentes, y las restantes establecidas por el autor de la presente tesis:

1.- En el valle de Mala resaltan dos rasgos geomorfológicos dominantes, a saber: las terrazas aluviales y fluvio-aluviales y los flancos de valle constituídos por las estribaciones andinas occidentales.

2.- La geología del valle de Mala y zonas circunvecinas guarda similitud con la geología de Lima y alrededores. El manto superficial cuaternario (depósitos aluviales, fluviales, fluvio-aluviales, marinos y eólicos) se encuentra disperso en la franja costanera y en el valle. No se conocen la profundidad, el espesor y la composición de los depósitos.

3.- Para cimentaciones superficiales convencionales, las capacidades portantes admisibles de los suelos del distrito de San Antonio, estimadas por la teoría de Terzaghi, son las siguientes:

Zona I, capacidad portante de 4 kg/cm^2 y

Zona II, capacidad portante de 0.9 kg/cm^2

4.- La compacidad relativa de los suelos de la Zona I, en la profundidad activa de cimentación, se estima en un promedio de 80%; mientras que la correspondiendo

XIII

te a los suelos de la Zona II, en la profundidad activa de cimentación, se estima como mediana correspondiente a un número de golpes $N = 15$ (penetración estándar).

5.- En el distrito de San Antonio, por la influencia de las condiciones locales del suelo, no se han presentado daños vitales en las viviendas durante el sismo del 3 de octubre de 1974; pero pueden producirse, en caso de sismos más severos, en la Zona II debido a la granulometría uniforme y a la densidad relativa mediana que poseen los suelos subyacentes a la misma.

6.- Las viviendas de adobe de la Zona I resultaron dañadas según las siguientes cifras: 15 (4.6%) con daños mayores del 75%, 60 (18.5%) con daños importantes comprendidos entre el 50 a 75%, 242 (74.6%) con daños moderados entre el 25 a 50% y 7 (2.3%) no sufrieron daños o éstos han sido menores del 25%. El total de viviendas de adobe de la Zona I es de 324.

7.- De las 139 viviendas de adobe de la Zona II 12 (8.6%) resultaron con daños mayores del 75%, 42 (30.2%) con daños importantes comprendidos entre el 50 a 75%, 80 (57.5%) con daños moderados entre el 25 a 50% y 5 (3.7%) con daños menores del 25% o sin ellos.

8.- En general, las construcciones más afectadas por el sismo presentan malas estructuraciones y/o diseños y han sido construídas deficientemente.

9.- El Expediente Urbano y Regional de los Valles de Chilca, Mala y Asia denota que la microregión atraviesa por un grave proceso de estancamiento y de empobrecimiento progresivo en todos sus aspectos, situación agravada por los daños causados por el sismo.

10.- Los sectores económicos más afectados por el sismo del 3 de octubre de 1974 (vivienda, salud y educación) exhiben déficits de infraestructuras. Hay déficit de viviendas reflejado tanto en volumen como en la calidad de la construcción, que en general es modesta; se aprecia, también, déficits de locales escolares y de mobiliario escolar, situación agravada por los daños ocasionados por el sismo; asimismo, existe déficit de infraestructura sanitaria preventiva y asistencial que imposibilita la cobertura total de la población.

Se indican a continuación algunas recomendaciones que pueden resolver los problemas esbozados en las conclusiones; las tres primeras deducidas del estudio de aspectos ya establecidos; y las restantes, derivadas de los aspectos es

tudiados por el autor:

1.- Es necesario el estudio detallado de la geomorfología del valle de Mala, a fin de conocer las discontinuidades de los suelos, las zonas de contacto, las zonas de migración eólica, etc.

2.- Es preciso efectuar una investigación completa de las condiciones hidrogeológicas del valle para conocer la geometría del acuífero, el basamento que lo sustenta y el nivel de la napa freática.

3.- Conviene realizar estudios geológicos detallados y completos para conocer las alteraciones que han trasmutado las formaciones de rocas y suelos existentes. Preferentemente, es necesaria la investigación de los sedimentos del cuaternario.

4.- Como en todas las obras y ciudades importantes del país, conviene llevar a cabo estudios adecuados de Mecánica de Suelos para establecer cimentaciones estables, tanto a las solicitaciones de cargas estáticas como a las dinámicas.

5.- Es recomendable realizar sondeos de carácter preliminar y sondeos en base a métodos geofísicos,

en un número adecuado, para conocer los perfiles estratigráficos del área en estudio. Las muestras representativas obtenidas deben ser sometidas a ensayos de campo y/o laboratorio con el fin de evaluar los parámetros de resistencia y de deformación de los suelos.

6.- Se recomienda hacer los esfuerzos necesarios para mejorar las construcciones de adobe. Al respecto, se precisa de procedimientos de diseño y de análisis, así como mejorar los métodos constructivos y la calidad de los materiales empleados.

7.- La reconstrucción y/o rehabilitación de las viviendas, medida coyuntural en la zona afectada, exige la coordinación de las autoridades locales con los organismos pertinentes para solucionar los múltiples problemas que plantea.

8.- Para la construcción de viviendas en los ámbitos urbanos y rurales del área en estudio, deben elaborarse pequeños manuales que contengan, a través de sencillas especificaciones, las condiciones mínimas que las hagan antisísmicas.

9.- El expediente urbano y regional desarrollado debe ser completado para posibilitar la Planifica-

ción Urbana y Regional, condición sine qua non para el desarrollo de la microregión de los valles de Chilca, Mala y Asia.

10.- Los déficits de los sectores económicos de la microregión exigen, entre otras medidas prioritarias, las siguientes:

En el Sector Salud, deben mejorarse las relaciones médico/habitante y cama/habitante, así como debe contarse con un equipamiento de instrumental médico y personal auxiliar indispensables.

En el Sector Vivienda, deben incluirse Programas de Viviendas, Programas de Infraestructura Urbana y Programas de Desarrollo Urbano.

En el Sector Educación, conviene elaborar un programa de inversiones para la habilitación y rehabilitación de locales escolares.

En el Sector Agropecuario, la estrategia debe estar apoyada en Programas de Desarrollo de Recursos Hidráulicos, de Desarrollo Agropecuario, de Infraestructura de Servicios Generales y Comunitarios, etc.

"No nos falta valor para emprender ciertas cosas porque son difíciles, sino que son difíciles porque nos falta valor para emprenderlas".

SENECA

INTRODUCCION

Los terremotos que ocurren cada año en numerosas regiones del mundo, principalmente en las denominadas sísmicas, ocasionan ingentes pérdidas de vidas humanas así como cuantiosos daños materiales.

En los últimos veinticinco años, de acuerdo a las estadísticas proporcionadas por la UNESCO, murieron trece mil personas anualmente y se perdieron miles de millones de soles a consecuencia de los fenómenos telúricos. Según estas informaciones, las regiones mayormente afectadas fueron aquéllas cuya economía no estaban desarrolladas o estaban en pleno desarrollo.

Las consecuencias de un desastre sísmico no se limitan solamente a la pérdida de vidas humanas y de daños materiales, sino que también ejercen graves influencias, y por un período de tiempo considerable, en las actividades política, económica, social y cultural de la región conmovida, motivando la intervención de todos los sectores de la misma en la formulación y ejecución de los distintos planes específicos de reconstrucción y rehabilitación.

XIX

Una de las medidas fundamentales en la disminución o neutralización de los efectos sísmicos es la preparación de científicos especializados y de técnicos expertos en sismología e ingeniería antisísmica. Si se trata de países en vías de desarrollo la cooperación internacional en este campo es importante si se pretende lograr una mayor efectividad y rendimiento en la prevención de desastres. Otra medida indispensable es la educación masiva y sistemática que se debe impartir a la población en materia sísmica, que coadyuve a su protección e incentive su participación antes, durante y después de la emergencia.

Nuestro país, debido a su ubicación en el cinturón sísmico CircumPacífico, no está exento de las trágicas consecuencias derivadas de los terremotos; por ello, es necesario que cuente con una planificación general que contribuya a mitigarlos, utilizando adecuadamente sus recursos humanos, materiales y económicos disponibles.

CAPITULO I

OBJETIVO Y ALCANCE

El presente trabajo, intitulado "Estudio Sísmico de los Distritos de San Antonio y Mala, motivado por el sismo del 3 de Octubre de 1974, dentro de las limitaciones que es de suponer, pretende ser un estudio que incluya en su contexto todos los parámetros concomitantes y concurrentes, que influyen en una región, al producirse un evento sísmico. Indudablemente un estudio de esta naturaleza, por la diversidad de factores que involucra, requiere del concurso de personas especializadas en diferentes disciplinas, no siempre disponibles para actuar en equipo, para abarcarlo íntegramente.

En este trabajo, que consta de seis capítulos, sólo se ha desarrollado aquellos puntos en que fue posible obte

ner información y en los que, por su prioridad, se consideró indispensables llevarlos a cabo.

En el capítulo II se delinear los rasgos geomorfológicos más resaltantes del valle de Mala, en el cual están ubicados los distritos que nos ocupan. También, se describen las características hidrográficas e hidrológicas del río Mala, que separa ambos distritos, y se hace mención de las condiciones hidrogeológicas del área para conocer, principalmente, el flujo del agua subterránea, aspecto importante en ingeniería de suelos.

El capítulo III trata de la geología del valle de Mala y zonas circunvecinas, descrita tanto desde el punto de vista regional como local. Se considera que un estudio geológico es imprescindible para la solución de ciertos problemas ingenieriles; a este respecto, sólo se explican sucintamente las configuraciones geológicas más relevantes, tipos de rocas, depósitos y algunos rasgos estructurales que existen en el área.

El capítulo IV examina algunos aspectos de la mecánica de suelos del distrito de San Antonio. Los suelos subyacentes del lugar han sido identificados y clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), siendo los límites de Atterberg y la distribución granulo-

métrica las únicas pruebas de laboratorio realizadas para tal fin. Desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos, se ha dividido a la ciudad en dos zonas, de capacidades portantes estimadas por la teoría de Terzaghi aplicada a cimientos corridos superficiales.

Por considerarse de interés, se incluye un método para evaluar el potencial de licuefacción de un suelo, propuesto por Seed e Idriss, que puede ser útil en la detección de suelos susceptibles a la licuefacción durante la ocurrencia de terremotos.

En el capítulo V se mencionan los efectos del sismo de 1974 en las diferentes edificaciones del área, analizando las causas de las fallas de las mismas. Un sistema preventivo es la solución más adecuada para disminuir los efectos de los desastres; con este fin se esbozan los períodos o etapas que deben emprenderse frente a una situación de catástrofe.

El capítulo VI desarrolla, a un nivel preliminar, el expediente urbano y regional de la microregión de los valles de Chilca, Mala y Asia, afectada por el sismo de 1974. Este expediente convenientemente estudiado (análisis, diagnóstico y prognosis) por un equipo polivalente de profesionales permitirá la formulación de los objetivos y metas que,

orgánicamente interrelacionados, hará posible la planificación urbana y regional de la microregión para lograr su reconstrucción y rehabilitación.

CAPITULO II

ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS DEL VALLE DE MALA

2.1.0 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

El valle de Mala pertenece a la parte inferior de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes; por consiguiente, sus rasgos topográficos corresponden al tipo de las estribaciones andinas.

Se distinguen las siguientes zonas fisiográficas

- a) Zona de planicies y llanuras, que comprende el cono de deyección del río Mala y las terrazas fluviales.

Las terrazas fluviales más resaltantes son tres: La primera, que es la más reciente, tiene una al

tura de 4 a 5 m. sobre el lecho actual del río, y está constituida por cantos rodados cementados por una matriz arcillosa y gravas; se la observa en la margen izquierda del río frente a la localidad de Aspitia. La segunda, que se eleva sobre el nivel actual del río en forma notoria, alcanza una altura de 60 m., disminuyendo a medida que se acerca a la desembocadura; está compuesta de cantos rodados cementados por una matriz arenosa y rodados más pequeños; sobre esta terraza se encuentran ubicadas las localidades de Mala, Aspitia, Flores y San Antonio. Y la tercera que se encuentra localizada más o menos a 6 km. al Sur de Mala, en la localidad de Bujama.

- b) Flancos del valle, constituidos por cerros de relativa altura, que limitan a las terrazas fluviales.

2.2.0 HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA DEL RIO MALA (1)

2.2.1 HIDROGRAFIA

La cuenca del río Mala se encuentra ubicada en el departamento de Lima, entre los paralelos 11°56' y 12°13' de Latitud Sur y los meridianos 75°57' y 76°39' de Longitud Oeste; limita por el Norte con las cuencas de los ríos Lurín y Rímac, por el Sur con las cuencas de los ríos Omas y Cañete, por el Este con la cuenca del río Cañete y por

el Oeste con la quebrada de Chilca y el Océano Pacífico.

La cuenca tiene un área aproximada de 225⁰ km²., que representa el 0.17% de la superficie total del territorio nacional. Su longitud máxima de recorrido, desde sus nacientes, es de 124 km. y la pendiente promedio es del orden del 4%.

La forma de la cuenca es alargada, algo abultada en su parte intermedia. Su mayor ancho, en la localidad de Huañec, es de 48 km., angostándose a medida que se acerca a la desembocadura, donde alcanza 4 km.

El relieve de la cuenca es el típico de los ríos de la costa peruana, es decir, corresponde a una hoya hidrográfica escarpada, alargada y de fuerte pendiente.

La cuenca presenta en su parte superior algunas lagunas, entre las cuales cabe mencionar las de Arara, Tuctupata, Champaverde, Tormanya, Chumpicocha, Suiricocha y Total. Los afluentes del río Mala son: por la margen derecha los torrentes Pacumanta y Maruetana, y por la margen izquierda los torrentes de Acocache, Tantara, Laran y Quinchés.

2.2.2 HIDROLOGIA

El río Mala es de régimen irregular y torrencioso, motivo por el cual presenta marcadas diferencias entre sus descargas extremas. Esto ha sido corroborado por la estación de aforos, que para el período comprendido desde octubre de 1938 hasta setiembre de 1970 registró una descarga máxima de $264 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y una descarga mínima de $0.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$ las que dan una media anual de $16.51 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y un volumen medio anual de 521.14×10^6 de metros cúbicos. (2)

Las descargas máximas se concentran en los meses de enero a marzo y las mínimas entre los meses de junio a octubre.

El escurrimiento superficial del río se origina de las precipitaciones que ocurren en las zonas altas de la cuenca, durante los meses de diciembre a marzo preferentemente. El deshielo de los nevados tiene muy poca incidencia en el régimen de escurrimiento, ya que éstos son relativamente escasos, siendo los más importantes el Collquepucro (5650 m.), el Vicuña y el Suiricocha; en consecuencia, las variaciones estacionales del régimen de descargas del río depende únicamente del comportamiento de las precipitaciones pluviales.

Estudios estadísticos efectuados por la ONERN (1) sobre las descargas diarias del río Mala, han permitido de terminar los períodos de retorno de las máximas avenidas probables, según se puede apreciar en el cuadro N° 2.1.

CUADRO N° 2.1

PERIODO DE RETORNO (años)	MAXIMAS AVENIDAS PROBABLES (m ³ /seg.)
100	276
50	262
20	238
10	216
5	190

FUENTE: O.N.E.R.N. (1)

Como el río Mala cubre parcialmente los requerimientos de agua para la agricultura del valle, conviene racionalizar y utilizar adecuadamente los recursos hídricos existentes. Una medida a tomarse para este fin sería la construcción de obras de regulación que permitan regular, en lo posible, el régimen natural e irregular del río. Así se conseguiría cubrir los requerimientos del valle, además de ampliar las áreas regadas.

La capacidad de un probable reservorio de regulación para el río Mala puede determinarse mediante un diagrama masa o de volúmenes acumulados, que se obtienen de las descargas medias mensuales de un año promedio. Este año promedio sintetiza a los registros obtenidos por la estación de aforos de La Capilla, desde el año de 1938 al año de 1970.(2).

Las descargas medias mensuales del año promedio y sus correspondientes volúmenes acumulados se indican en el Cuadro Nº 2.2.

CUADRO Nº 2.2

MES	Q (m ³ /seg.)	V (m ³)	Vol.Acumulados
Enero	33	88'387,000	88'387,000
Febrero	45	108'864,000	197'251,200
Marzo	57	152'668,800	349'920,000
Abril	23	59'616,000	409'536,000
Mayo	7	18'748,800	428'284,800
Junio	3	7'776,000	436'060,800
Julio	2.3	6'160,320	442'231,120
Agosto	2	5'356,800	447'587,920
Setiembre	2	5'184,000	452,771,920
Octubre	3	8'035,000	460,806,920
Noviembre	6	15'552,000	476,358,920
Diciembre	11	29'462,400	505'821,320

FUENTE: Subdirección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura.

2.3.0 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

2.3.1 EL ACUIFERO

El relleno aluvial, que constituye el acuífero, alcanza su mayor ancho en la desembocadura y se angosta aguas arriba de ella. Tiene aproximadamente 6 km. en la desembocadura, 3 km. a la altura de Mala y sólomente 0.5 km. en Calango. La longitud del acuífero, desde el litoral hasta Calango, es de 25 km. y cubre una superficie de 60 km². Su pendiente es fuerte y varía de 2% en Calango a 0.6% en la desembocadura. (1)

No se conoce el espesor del acuífero, ni el tipo de basamento que lo sustenta.

2.3.2 AGUAS SUBTERRANEAS

La profundidad del nivel del agua subterránea es variable y está en función de la permeabilidad del acuífero que la contiene. Las medidas hechas en diferentes puntos de la napa han proporcionado profundidades de 1 a 30 mts. dentro del área en estudio. (Ver plano N^o 1 de las Hidroisohipsas).

La forma de las curvas de hidroisohipsas, según se aprecia en el plano N^o 1, indica que la napa es alimentada por el río y por las acequias de regadío, a excepción de

una zona aguas abajo de Mala donde la napa alimenta al río sobre su margen izquierda.

La pendiente del nivel freático es similar a la del acuífero.

2.3.3 PROBLEMA DE LA EROSION

En el valle de Mala la erosión es lateral o fluvial, ocasionada por el río. Esta erosión alcanza su mayor magnitud durante la época de avenidas por la falta de defensas ribereñas, siendo los suelos marginales los más afectados por su posición fisiográfica.

Para el control de este serio problema es recomendable la reforestación de las áreas ribereñas, la realización de defensa y de encauzamiento del río. Con esto se evitarían cuantiosas pérdidas económicas, que se producen anualmente en la agricultura, con el consiguiente perjuicio para el poblador de la región, que es principalmente agrícola.

REFERENCIAS

- (1) O.N.E.R.N., ESTUDIOS DE LA CUENCA DEL RIO MALA, 1972.
- (2) SUBDIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS, 1970.

CAPITULO III

ESTUDIO GEOLOGICO DEL VALLE DE MALA Y ZONAS CIRCUNVECINAS

3.1.0 INTRODUCCION

Un estudio geológico es muy útil para el planeamiento e interpretación de una investigación completa del suelo; el propósito fundamental de aquél es determinar la naturaleza de los depósitos subyacentes en el lugar de la investigación. De esta manera se pueden determinar los tipos de suelos y rocas, y seleccionar los mejores métodos para las exploraciones del subsuelo, antes de comenzar las perforaciones, la toma de muestras o los ensayos en obra.

La historia geológica en una zona determinada revela alteraciones que se han producido, tales como fallas, inundaciones o erosiones, y que han cambiado el carácter original del suelo o de la roca. También pueden indicar la

posibilidad de defectos en la roca, como grietas, fisuras, capas intrusivas, simas y cavernas. Esta información es de gran ayuda en la interpretación de los resultados de la toma de muestras y de los ensayos en obra. Otra función importante de los estudios geológicos es comprobar la posible presencia de minerales que tengan valor económico.

Refiriéndonos a la geología del valle de Mala y zonas circunvecinas, ésta ha sido estudiada, en forma parcial, por J. Arizola, C. Vara, A. Alberca, E. Bosc y otros (tesis de bachiller, Programa Académico de Geología de la U.N.M.S.M.) y en forma generalizada, por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (O.N.E.R.N.).

En el presente capítulo, desde el punto de vista de la geología regional, se ha realizado un resumen del estudio de la O.N.E.R.N. (1); y para las condiciones geológicas locales, la del estudio efectuado por E. Bosc. (2)

3.2.0 GEOLOGIA REGIONAL DE LOS VALLES DE CHILCA, MALA Y ASIA (1)

3.2.1 GENERALIDADES

El área en estudio constituye una gran cuenca litológica de orígenes marino y continental, modificada por la intrusión ígnea de magnitud batolítica, así como por los movimientos orogénicos y epirogenéticos, que dieron origen a la cordillera de los Andes y al desarrollo de las diversas estructuras geológicas, tales como fallas, pliegues,

Las rocas existentes en el área están representadas por una secuencia de sedimentos finos con intercalaciones volcánicas (andesitas, dacitas), calizas, areniscas, lutitas, etc.; además, por intrusiones ígneas de composición granitoide y efusiones volcánicas que cubren parcial o totalmente las estructuras y las rocas más antiguas. Las edades de las rocas están comprendidas entre las eras geológicas Paleozoico y Cenozoico.

En el aspecto metálico, la zona presenta áreas mineralizadas principalmente en el sector inferior de las cuencas, destacando las minas de Condestable, Raúl y Cata.

En el aspecto no metálico, existen en la zona: cali

zas (explotadas por la fábrica de Cemento Chilca), materiales de construcción, yeso, barita y sal.

3.2.2 ESTRATIGRAFIA Y RASGOS ESTRUCTURALES

En el área en estudio se han identificado rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, cuyas edades oscilan entre el Paleozoico y el Cuaternario.

Las rocas sedimentarias más antiguas afloran principalmente en el sector inferior de las cuencas constituyendo las formaciones Pucusana y Puente Piedra.

Las rocas ígneas intrusivas y extrusivas forman un gran bloque, principalmente, en el sector central y superior del área.

Los depósitos más recientes corresponden a los depósitos aluviales, fluvio-aluviales y eólicos, diseminados principalmente en la franja costanera.

La secuencia estratigráfica que ocurre en el área ha sido establecida por la similitud litológica y la posición estratigráfica equivalente con otras zonas del país, y se muestra en el cuadro N° 3.1.

CUADRO Nº 3.1

ERA	PERIODO	FORMACION	LITOLOGIA	LUGARES DE EXPOSICION
		Depósitos eólicos (Q - e)	Constituidos por arenas finas formando dunas, médanos, suaves ondulaciones, que cubren parcialmente las rocas. más antiguas.	A lo largo de la faja costanera
		Depósitos marinos (Q - m)	Constituidas de arenas de grano medio o grueso, fragmentos de rocas y de conchas. Las playas constituidas por conglomerados son raras.	A lo largo de casi todo el litoral
		Depósitos fluviales (Q - f)	Conjunto heterogéneo e inconstituido por gravas, rodados, arenas, limos y arcillas	Se depositan a lo largo de los cauces de los ríos y quebradas
		Depósitos fluvioaluviales (Q - fal)	Compuestos por fragmentos rocosos heterogéneos y angulares, arenas, arcillas, gravas y rodados.	En áreas de pequeña y mediana extensión en la parte inferior de la cuenca; en el sector inferior de las laderas de los cerros.
		Depósitos aluviales (Q - al)	Constituidas por arenas, arcillas, gravas, conglomerados semiconsolidados. Se presentan en niveles diferentes que indican ciclos de deposición.	Se encuentran en la zona baja y media de los ríos; además en la zona alta del río Mala.
		Depósitos morrénicos y fluvio-glaciares (Q - fg)	Compuestos por fragmentos rocosos de composición volcánica poco seleccionados y de forma angulosa y subredondeada, dentro de una masa arenosa y arcillosa	Situados en el extremo N.E. entre las lagunas Totoral y Suyoc.

O C A R H O
 O C H O N O N O F C

ERA	PERIODO	FORMACION	LITOLOGIA	LUGARES DE EXPOSICION
CENOZOICO	CUATERNARIO	Serie Volcánica superior (TQ - V)	Compuesta por derrames, tufos y lavas de composición andesítica y/o dacítica que reposan en unidades más antiguas.	Cubren áreas de gran extensión, mayormente en las zonas altas de las cuencas.
	TERCIARIO	Formación Cañete (T - C)	Constituida por conglomerados formados por rodados de diversos tamaños, lentes de areniscas friables	Se circunscribe a una pequeña área cercana al litoral, constituyendo las lomas Cerro Largo en el sector de Asia.
	CRETACEO TERCIARIO	Formación Casapalca (Kst - Ca)	Constituida por limolitas y lutitas de color rojo, presenta lentes de conglomerados y bancos de caliza margosa, lechos de lava y tufos	En el extremo N.E. de las cuencas, entre el cerro Ocsahualca y la laguna Collquepucro.
MESOZOICO	CRETACEO MEDITERRANEO	Serie Volcánica sedimentaria (KT - VS)	Compuesta de andesitas, dacitas, diabasas, tufos y derrames principalmente calcáreos, de colores variados.	A lo largo de la franja costanera. Conforman los primeros contrafuertes occidentales andinos, limitada por el Este por rocas del Batolito Andino.
	CRETACEO MEDITERRANEO	Grupo Machay (Km - m)	Constituido por calizas claras laminadas y por calizas masivas de color gris claro, lutitas carbonosas y areniscas finas interestratificadas con calizas margosas.	Aflora principalmente al N.E. del área en estudio, entre las lagunas Chumpicocha y Mancacoto y entre las localidades de Ampe y Pongoy.
	CRETACEO INDIVISO	Serie Metamórfica Sedimentaria (K - Ms)	Compuesta por cuarcitas blancas a blanco amarillento, pizarras grises, areniscas pardas y verdes, calizas gris claro y marrón, lutitas abigarradas pardo rojizo y gris.	Se encuentra cortada en varios sectores del río Omas al S.O. de Cata, entre los cerros La Yesera, San Andrés, Corazón, al S.O. de Coayllo, entre los cerros Zapata. La Esquina, Hualcará, Cayara.

ERA	PERIODO	FORMACION	LITOLOGIA	LUGARES DE EXPOSICION
O J I O N O S E E	CRETA -- CEO IN- FERIOR	Formación Atocon- go (Ki - at)	Constituida por calizas de color gris claro a gris oscuro azulado y marrón, intercaladas con margas brunas y lutitas en menor cantidad; alterna en diferentes zonas con derrames volcánicos. Se encuentra atravesada por diques y sills generalmente andesíticos.	Aflora en la zona de la faja costanera y en las estribaciones de la cordillera andina en pequeñas áreas, siendo de mayor extensión la que se encuentra ubicada entre el Sur del cerro El Padre y el N.O. de la Fábrica de Cemento Chilca.
		Formación Pamplo- na (Ki - p)	Constituidas por calizas verdes claro y gris azulado, lutitas abigarradas, cuarcitas gris claro, areniscas verdosas, volcánicas andesíticas verde claro a verde oscuro.	En la zona de la faja costanera en pequeñas áreas diseminadas, principalmente entre la quebrada de Chilca y el río Mala.
	JURASICO SUPERIOR	Grupo Morro Solar (Ki - ms)	Conformado de areniscas y cuarcitas gris claro a bruno, con intercalaciones de lutitas pardas y abigarradas, calizas masivas gris azul oscuro.	Se expone en la franja costanera en el área de cerro Grande y cerro Condoray y al S.E. de la parroquia de Las Salinas.
		Formación Puente Piedra (Jsk - pp)	Constituida por derrames andesíticos de color bruno a gris verdoso con intercalaciones de calizas y areniscas, lutitas abigarradas y calizas gris claro a negro en bancos medianos a gruesos.	Se presenta en el área del cerro Cruz del Patrón extendiéndose al S.O. hasta la línea litoral. Otro afloramiento se encuentra al N. y S. del Balneario de Santa María del Mar.
		Formación Pucusa- na (Js - pu)	Constituida por: conglomerados, brechas y derrames volcánicos con intercalaciones de areniscas de color gris a verde, calizas gris oscuro, conglomerados en la base.	Está situada al N., S. y E. del distrito de Pucusana, dentro de la faja costanera.

ERA	PERIODO	FORMACION	LITOLOGIA	LUGARES DE EXPOSICION
PALEZOICO	JURASICO SUPERIOR	Serie Metamórfica (P - sm)	Constituida por: pizarras y limolitas alternadas, de color gris oscuro a azul grisáceo, pizarras carbonosas interestratificadas con bandas de cuarcitas grises.	Aflora en el extremo Norte Este del área de la hacienda Marhuayque y el cerro Cayecasa.

ROCAS INTRUSIVAS IGNEAS

MESOZOICO	CRETA - CENOZOICO	Batolito Andino (Kt - i)	Rocas plutónicas, granodioritas, dioritas, tonalitas, granitos. Intrusiones menores: andesitas, dacitas, diabasas.	Sus afloramientos son de diversa magnitud y aparecen desde la zona litoral marina hasta la zona media y alta donde ocupa afloramientos mayores.
-----------	-------------------	-----------------------------	---	---

FUENTE: O.N.E.R.N. (1)

La geología regional correspondiente a la región en estudio se muestra en el plano N^o 2.

3.3.0 CONDICIONES GEOLOGICAS LOCALES (2)

Desde el punto de vista de la geología local, los estratos presentes en el área pertenecen al Mesozoico, específicamente a los períodos comprendidos entre el Jurásico Superior y el Cretáceo Superior.

En general, parte de los afloramientos rocosos del área se asocian a las formaciones estudiadas en Lima y alrededores, por lo que en el presente trabajo se han usado los mismos nombres que en sus localidades típicas.

Se han considerado las siguientes formaciones geológicas existentes en el área:

- (a) FORMACION ATOCONGO.
- (b) FORMACION PAMPLONA,
- (c) FORMACION PUENTE PIEDRA; y
- (d) FORMACION PUCUSANA

Las características de cada una de estas formaciones se han mencionado en el cuadro N^o 3.1.

Las rocas que existen en el área, constituyendo par

te de las formaciones geológicas, están representadas por rocas ígneas y sedimentarias. Las rocas ígneas constituyen una gran parte del área en estudio, siendo las más frecuentes las rocas efusivas o volcánicas, y en menor cantidad afloran las intrusivas y las rocas hipabisales.

Las rocas efusivas o volcánicas son constituyentes de las formaciones Pucusana, Puente Piedra y Atocongo.

Las rocas hipabisales se encuentran en el área bajo las formas de diques y sills, atravesando las formaciones que afloran en la región y constituídas por volcánicos de naturaleza andesítica y diabásica.

Las rocas intrusivas, frecuentes en el área, son constituyentes de afloramientos no muy extensos. Por lo general, son dioritas y granodioritas, y afloran principalmente al Sur de la localidad de San Antonio.

Una parte del Batolito Andino afloran al Este de la Fábrica de Cemento Chilca.

3.3.1 COMPONENTE DEL MANTO SUPERFICIAL CUATERNARIO

Los agentes del meteorismo, que vienen actuando durante el Cuaternario reciente, han dado como consecuencia una serie de depósitos clásticos que se les ha identifica-

do como depósitos aluviales, depósitos fluviales, depósitos fluvio-aluviales, depósitos marinos y depósitos eólicos y que cubren, por lo general, la zona del litoral y el valle del río Mala.

A continuación describimos los depósitos clásticos ocurrentes en la zona en estudio.

(a) Depósitos Aluviales (Q-al)

Con este nombre designamos a las acumulaciones clásticas que se encuentran constituídas por conglomerados, gravas, arenas y arcillas. Estos depósitos constituyen el área agrícola del valle de Mala.

(b) Depósitos Fluviales (Q-f)

Denominados así a un conjunto litológico heterogéneo e inconsolidado, constituído por gravas, rodados, arenas, limos y arcillas, que se viene depositando principalmente a lo largo del cauce del río Mala.

(c) Depósitos Fluvio-aluviales (Q-fal)

Bajo esta denominación se han agrupado a las acumulaciones detríticas provenientes de la acción intermitente del agua y de la gravedad, las cuales han sido transportadas a través de cortas distancias, principalmente a

la parte inferior de la cuenca. Litológicamente, están compuestos por gravas, rodados, fragmentos de rocas subredondeados, arenas y arcillas.

(d) Depósitos Marinos (Q-ma)

Estos depósitos, de extensiones muy limitadas, se localizan en faja litoral y consisten de gravas, rodados y de arenas de grano medio a fino.

(e) Depósitos Eólicos (Q-e)

Son los constituídos por arenas de grano fino. Se les encuentra preferentemente a lo largo de la faja costanera formando dunas y médanos.

Un análisis del mapa N^o 3 permite afirmar que las ciudades de San Antonio, Mala y Santa Cruz de Flores se encuentran localizadas en la llanura aluvial del río Mala.

3.3.2 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS MAS IMPORTANTES

Los rasgos estructurales más resaltantes del area en estudio están conformados por una estructura homoclinal, con una alineación aproximada N 10^o0 - S 10^o E que buza hacia el Este, y por dos sistemas principales de fallas, una de ellas con una orientación aproximada N 10^o E a N 30^o E y la otra con una orientación SE-NO.

La estructura homoclinal forma el núcleo de las es-
tribaciones andinas occidentales.

La primera falla se aprecia muy bien en los acanti-
lados a lo largo de la costa, sobre todo entre Puerto Vie-
jo y la Playa del Arco. Esta falla es de tipo normal y
también inverso; los desplazamientos de ésta no se han po-
dido medir, pero se estiman que no son importantes; y que
son coincidentes con pequeños desplazamientos en la orien-
tación normal de la línea de costa, con la alineación de
la quebrada de Corral Grande y con el valle de Mala.

El segundo sistema de fallamiento aparentemente des-
plaza al anterior y se estima que es de mayor importancia.
Esta falla delinea la orientación del litoral; fallas de
este sistema se encuentran al Norte de San Antonio y al
Norte de Aspitia, de donde se le ha podido observar en un
tramo de 10 kms., con un desplazamiento vertical mayor de
300 mts. y formando contacto con las formaciones Atoñongo
y Pamplona.

Por lo expuesto, en los distritos de San Antonio y
Mala, motivo de estudio de la presente tesis, situados en
el sector inferior del valle de Mala, no se presentan es-
tructuras sismo-tectónicas peligrosas, tales como fallas
de gran longitud, que comprometan su seguridad física.

Los rasgos estructurales de la zona en estudio se muestran en los planos N^o 3, 3A y 3B adjuntos.

REFERENCIAS:

- (1) Geología Regional de los valles de Chilca, Mala y Asia, O.N.E.R.N., 1972.
- (2) Geología de la región comprendida entre Chilca y el valle de Mala. ERIC A. BOSCH N., Tesis de Bachiller, Programa Académico de Geología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1963.

CAPITULO IV

ASPECTOS DE MECANICA DE SUELOS DEL DISTRITO DE
SAN ANTONIO4.1.0 INTRODUCCION

La experiencia mundial recogida en los últimos tiempos evidencia que la influencia del suelo en el daño ocasionado a las estructuras es trascendente. Un mismo terremoto produce efectos diferentes en las estructuras, según sea el tipo de suelo de cimentación.

Dos grupos de fenómenos explican este comportamiento:

(a) La amplificación selectiva del movimiento sísmico debido a las diferencias de rigidez de los estratos y a la reflexión múltiple en las fronteras de dichos estratos.

(b) Los efectos que producen los sismos sobre los suelos blandos, sensibles o sueltos, sobre todo cuando la napa freática se encuentra cerca de la superficie (asentamientos, licuefacción, subsidencias, etc.).

Por lo tanto, la influencia de las condiciones locales del suelo en el incremento de la intensidad de los movimientos sísmicos, y los daños que se originan en las estructuras, hacen necesaria una cuidadosa atención de los ingenieros proyectistas de estructuras y constructores de zonas altamente sísmicas, ya que depósitos de suelos granulares sueltos pueden ser compactados o densificados por movimientos del suelo inducidos por un terremoto, dando como resultado apreciables asentamientos totales, o peligrosos asentamientos diferenciales del estrato superficial del suelo. De otro lado, la tendencia a compactarse de este tipo de suelo puede dar como resultado el desarrollo de excesos de presión hidrostática en el agua que ocupa los vacíos del suelo y, que pueden ser de tal magnitud, que causen la licuefacción del suelo, originando grandes deslizamientos o hundimientos de estructuras importantes; así como la combinación de esfuerzos dinámicos del agua, originadas por las vibraciones sísmicas, pueden dar como resultado grandes deslizamientos de taludes naturales o artificiales.

Hasta el presente se conocen tres posibles procedimientos para predecir la respuesta de los suelos ante las acciones sísmicas:

(a) Empírico, con bases estadísticas a fin de determinar espectros promedios de aceleración para diferentes condiciones del subsuelo.

(b) Uso de microtemblores o microtrepidaciones, que permite clasificar el suelo de cimentación en base a la distribución de períodos, con los que se elabora espectros de aceleración utilizables en el diseño de estructuras.

(c) Analítico, planteando la ecuación del movimiento de un depósito de suelo, sometido a un movimiento sísmico. Esta ecuación puede ser representada, por medio de matrices, en la siguiente forma:

$$[M] \{\ddot{u}\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} = \{R(t)\} \quad (4.1)$$

donde: $[M]$, $[C]$ y $[K]$ son las matrices de masas, amortiguación viscosa y rigidez respectivamente; $\{R(t)\}$ es el vector de fuerzas sísmicas y $\{u\}$ es el vector de desplazamientos relativos.

En el presente capítulo se proporcionan algunas consideraciones de la Mecánica de Suelos del distrito de San

Antonio, de la provincia de Cañete, correlacionadas con algunos aspectos de la Dinámica de Suelos.

4.2.0 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS

En su trabajo práctico el ingeniero civil ha de enfrentarse con muy diversos e importantes problemas planteados por el terreno, ya que prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella.

En el proyecto de cualquier sistema de cimentación, el problema fundamental es evitar que se produzcan asentamientos suficientemente grandes para dañar la estructura o dificultar sus funciones. Existen, además, otros tipos de problemas de suelos, aunque menos usuales, no por ello menos importantes. Dentro de estos tipos de problemas se consideran los originados por las vibraciones, las explosiones y los terremotos, cada uno de los cuales con su influencia al suelo en mayor o menor magnitud.

En resumen, casi todos los problemas que plantean los suelos son, en alto grado, estáticamente indeterminados. Aún es más importante el hecho que los depósitos de suelos naturales presentan cinco características que originan complicaciones:

- 1.- Un suelo no posee una relación lineal de esfuerzo-deformación;
- 2.- El comportamiento del suelo depende de la presión, tiempo y del medio físico;
- 3.- Practicamente, el suelo es diferente en cada lugar;
- 4.- En casi todos los casos, la masa del suelo que interviene en un problema está bajo la superficie y no puede observarse en su totalidad, y se debe estudiar a partir de pequeñas muestras representativas obtenidas en puntos localizados;
- 5.- La mayoría de los suelos son muy susceptibles a alterarse con la toma de muestras, por lo que el comportamiento medido en pruebas de laboratorio puede ser diferente al del suelo in-situ.

Estos factores se combinan entre sí, haciendo que cada problema de suelos sea particular, y para todos los efectos prácticos, imposible de darle una solución exacta.

Las pruebas de laboratorio más utilizadas para determinar las propiedades esfuerzo-deformación de un suelo son las siguientes: compresión no confinada o simple, compresión confinada o edométrica, compresión triaxial y corte directo. Permiten evaluar el comportamiento resistente de los suelos, sobre todo respecto al esfuerzo cor-

tante.

Terzaghi planteó la siguiente ecuación de la resistencia al corte de un suelo:

$$s = c + (\sigma - u) \tan \phi \quad (4.2)$$

donde: c es la cohesión del suelo;

ϕ es el ángulo de fricción interna o ángulo de resistencia al corte;

σ es la presión normal; y

u es la presión neutra o de poros.

La cohesión puede ser evaluada por la siguiente expresión: $c = 1/2 q_u$ donde q_u es la resistencia a la compresión simple; el ángulo ϕ es obtenido a partir de pruebas de corte directo o de pruebas in-situ. Cabe señalar que el ensayo de compresión triaxial permite, también, obtener el ángulo de fricción interna ϕ y la cohesión c .

De los ensayos de campo, el denominado Ensayo de Penetración Estándar (Standard Penetration Test, ASTM D-1586) es el que proporciona la resistencia a la penetración de los diferentes estratos y, además, permite obtener muestras alteradas de los mismos.

La conveniencia de la utilización del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) radica en la amplia información que se acumula en torno a él. Los ensayos de este tipo efectuados sobre una gran variedad de suelos friccionantes (arenosos) en diferentes países, han sido posible correlacionarlos con otros que obedecen a métodos analíticos, permitiendo la elaboración de tablas, ábacos y ecuaciones semi-empíricas que, convenientemente interpretados, constituyen un valioso elemento de juicio para conocer el comportamiento físico-mecánico de los suelos friccionantes.

4.3.0 IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

En la zona de estudio se excavaron siete pozos a "cielo abierto", de los que se extrajeron muestras alteradas representativas. Por razones económicas y por carencia del equipo necesario no se efectuaron mayor cantidad de pozos ni se pudieron realizar ensayos in-situ (SPT, densidad de campo), necesarios para medir indirectamente la resistencia al esfuerzo cortante y la densidad relativa de los suelos del lugar.

Los sondeos se llevaron a cabo a profundidades que van hasta los dos metros. Se aconseja que para estudios similares las perforaciones deben llevarse a profundidades de

hasta cinco metros, considerada como profundidad activa de cimentación para construcciones convencionales de 2 a 3 pisos. Este criterio está basado en considerar al suelo subyacente como un continuo elásticamente isotrópico y semi-infinito que recibe cargas externas, estimándose la distribución de esfuerzos, para una carga rectangular o cuadrada, en una línea vertical hasta donde las presiones sean insignificantes para producir esfuerzos o deformaciones apreciables en el suelo.

La ubicación de los sondajes efectuados se indica en el plano N^o 4 adjunto.

Con las muestras de suelo obtenidas en el campo, se efectuaron los siguientes ensayos estándar de laboratorio:

- 1.- Contenido de humedad (ASTM - D2216 - 63T),
- 2.- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM - D422),
- 3.- Límites de consistencia:
 - (a) Límite líquido (L.L.) ASTM - D423 y
 - (b) Límite plástico (L.P.) ASTM - D424

Luego de realizar los ensayos pertinente, se procedió a identificar y clasificar las muestras de suelo por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En la tabla N° 4.1 se presenta un resumen de los resultados de los ensayos efectuados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería -

4.4.0 PERFILES DE POZOS

Con la Clasificación Unificada de cada uno de los sondeos efectuados y el reglado de los mismos, además de las características observadas en el campo, se procedió a confeccionar los perfiles de pozos correspondientes a todas las estaciones de sondeo.

No se trazaron los perfiles estratigráficos del área en estudio, debido a que el número de pozos efectuados fue insuficiente como para inferir estratificaciones, y porque no se efectuaron los ensayos in-situ necesarios (densidad de campo, penetración estándar, etc.).

4.4.1 ANALISIS DE LOS PERFILES DE POZOS

Los perfiles de pozos efectuados permiten establecer que: en tres de los pozos el primer estrato corresponde a una arcilla de mediana plasticidad, con un espesor promedio de 0.80 mts.; cinco de los pozos nos muestran que subyacentes al estrato de arcilla (terreno de cultivo) se encuentran estratos de gravas, predominando las del tipo

POZO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (mts.)	% PASA # 200	% PASA # 4	$\frac{D_{60}}{C_u D_{10}}$	$\frac{D_{30}}{C D_{60} D_{10}}$	LIMITE LIQUIDO (L.L.) %	LIMITE PLASTICO CO(L.P.) %	INDICE PLASTICO IP=L.L.-L.P.	CONTENIDO HUMEDAD (%)	PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS (S _s)	CLASIFICACION S.U.C.S.
I	I-1	0.30	68	100			36	21	15		2.72	CL
	I-2	0.70	83	100			37	22	15		2.69	CL
	I-3	1.10	20	14			35	20	15		2.72	GC
	I-4	1.50	9	18	413	17	36	20	16		2.72	GP-GC
	I-5	1.70	2	26	57	3					2.66	GW
	I-6	2.00	3	28	64.7	2.58					2.69	GW
II	II-1	0.30	63	35			32	22	10	12.62	2.72	CL
	II-2	0.90	31	59			22	15	7	1.8	2.77	SM-SC
	II-3	1.35	8	30	153.8	1.4	20	17	3	3.4	2.77	GW-GM
	II-4	2.00	2	17	101.6	7.2				5.04	2.70	GP
III	III-1	0.20	14	55			20	18	2	4.82	2.78	SM
	III-2	0.70	8	100	2.47	1.75				4	2.77	SP-SM
	III-3	2.00	2	100	2	1.6				2	2.81	SP
IV	IV-1	0.40	50	41			30	18	12	11.65	2.68	CL
	IV-2	2.00	10	17	514.8	51.07	26	17	9		2.72	GP-GC
V	V-1	0.40	19	21			26	18	8		2.67	GC
	V-2	1.00	5	27	120	1.0					2.74	GW-GM
	V-3	2.00	1	19	76	6.36					2.73	GP
VI	VI-1	0.50	40	45			32	25	7		2.70	SM-SC
	VI-2	1.00	24	44			30	26	4		2.75	SM-SC
VII	VII-1	0.30	8	18	190.5	21.16	25	16	9	10	2.70	GP-GC
	VII-2	2.00	3	40	105	0.19				8.5	2.74	GP

GC y GP, con profundidades más allá de los 2.00 mts.; en dos de los pozos se muestran estratigrafías diferentes y correspondientes a estratos de arenas limosas, arenas arcillosas y arenas finas pobremente graduadas. (Véase Perfiles de Pozos).

Respecto a la densidad relativa de los suelos granulares observados, puede estimarse que los estratos de gravas son compactos, mientras que las arenas pueden considerarse como medianamente densas.

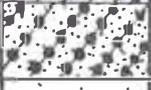
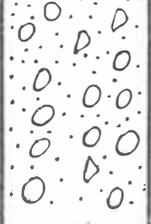
La humedad natural que presentan algunos de los estratos se debe a la percolación o anegación originada por las acequias de regadío existentes.

Durante la ejecución de los sondajes no se encontró a la napa freática, estimándose que se encuentra a profundidades de 30 mts. en la parte alta de la ciudad y de 3 mts. en la parte baja del área en estudio. (Ver plano No 1 de las Hidroisohipsas elaborado por la Sub-Dirección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura).

El resultado del análisis efectuado nos permite establecer que los estratos gravosos son competentes para fines de cimentación; mientras que en los estratos arenosos, debido a la densidad relativa media que poseen, deben to-

SONDAJE N° 1

Ubicación: Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM BOLO	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	0.80	0.80	 Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, amarillenta y seca.	CL	I-1 (0.30m) I-2 (0.70m) Muestras alteradas	Sistema de perforación: pozo a "cielo abierto"
	1.40	1.40	 Grava arcillosa, tamaño máximo de partículas redondeadas de 5", seca	GC	I-3 (1.10m) Alteradas	
	1.60	1.60	 Grava pobremente graduada, grava con arena y arcilla, en estado seco.	GP/GC	I-4 (1.50m) Alterada	
	2.00	2.00	 Grava bien graduada, sin finos, tamaño máximo de partículas redondeadas de 12"	GW	I-5 (1.80m) I-6 (2.00m) Muestras alteradas	

SONDAJE N°2

Ubicación : Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOLO	MUESTRAS COLECTADAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	0.60		Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, con humedad, con restos de tierra vegetal.	CL	II-1 (0.30m) Alterada	Sistema de perforación : pozo a ciclo abierto. La humedad de las muestras es por el agua de percolación.
	1.20		Arenas limoarcillosas, mezcla de arenas con limo y arcilla, húmeda.	SM/SC	II-2 (0.90m) Alterada	
	1.50		Gravas bien graduadas con matriz limosa, tamaño máximo de los agregados 9".	GW/GM	II-3 (1.35m) Alterada	
	2.00		Gravas pobremente graduadas, mezclas de gravas y arenas.	GP	II-4 (2.00m) Alterada.	

SONDAJE N°3

Ubicación: Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOLO	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	0.50		Arenas limosas, mezclas de arenas y limo.	SM	III-1 (0.20m) Alterada	Sistema de perforación: pozo a cielo abierto
	1.00		Arenas pobremente graduadas con matriz limosa	SP/SM	III-2 (0.70m) Alterada	
	2.00		Arenas pobremente graduadas.	SP	III-3 (2.00m) Alterada	

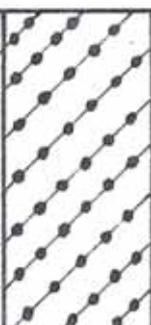
SONDAJE N° 4

Ubicación: Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BLO	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
			Arcillas de mediana plasticidad, húmeda	CL	IV-1 (0.40m) Alterada	Sistema de perforación: pozo a "cielo abierto" Humedad de las muestras por agua de percolación Nivel freático aproximado ≈ 18 mts
	0.80		Gravas mal graduadas con matriz arcillosa, tamaño máximo del agregado de 12", en estado húmedo.	GP/GC	IV-2 (1.50m) Alterada.	
	1.80 2.00		Gravas mal graduadas.	GP		

SONDAJE N° 5

Ubicación: Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOLO	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
0.00						
	0.80			GC	V-1 (0.40m) Alterada	Sistema de perforación: pozo a "cielo abierto"
	1.10			GW/GM	V-2 (1.00m) Alterada	
	2.00			GP	V-3 (2.00m) Alterada	

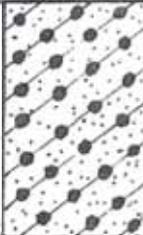
SONDAJE N°6

Ubicación: Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOLO	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	1.00		<i>Arenas limoarcillosas, provenientes de rocas descompuestas.</i>	<i>SM/SC</i>	<i>VI-1 (0.50m) VI-2 (1.00m) Alteradas.</i>	<i>Sistema de perforación: pozo a "cielo abierto". Nivel freático aproximado ≈ 15 mts.</i>

SONDAJE N°7

Ubicación: Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-EOLD	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.60		Gravas mal graduadas con matriz arcillosa, húmeda, tamaño máximo del agregado 10"	GP/GC	VII-1 (0.30m) Alterada	Sistema de perforación: pozo a "cielo abierto". Humedad de las muestras por agua de percolación.
	2.00		Gravas mal graduadas, tamaño máximo agregado 12"	GP	VII-2 (2.00m) Alterada	

SONDAJE N° 8

Ubicación : Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOLO	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	5.00		Arcilla de mediana plasticidad	CL		<p style="text-align: center;">Sistema de perforación : pozo a "cielo abierto". La descripción de la naturaleza del terreno es aproximada. Fuente : Subdirección de Aguas Subterráneas Ministerio de Agricultura.</p>
	9.00		Arcilla compacta	CL		
	10.00		Arcilla arenosa	SC		
	14.00					

SONDAJE N° 9

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOL	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	- 10.00	- 20.00	- 22.00	GP		<p><i>Sistema de perforación : pozo a "cielo abierto".</i></p> <p><i>La descripción de la naturaleza del terreno es aproximada.</i></p> <p><i>Fuente : Subdirección de Aguas Subterráneas</i> <i>Ministerio de Agricultura.</i></p>

SONDAJE N° 10

Ubicación : Distrito de San Antonio

COTA	PROFUNDIDAD	ESPE-SOR (m)	NATURALEZA DEL TERRENO	SIM-BOLD	MUESTRAS OBTENIDAS	OBSERVACIONES
	0.00					
	- 1.00		Arenas limasas	SM		Sistema de perforación : pozo a "cielo abierto". La descripción de la naturaleza del terreno es aproximada. Fuente : Subdirección de Aguas Subterráneas Ministerio de Agricultura.
			Arenas pobremente graduadas	SP		
	- 33.00		Arenas limoarcillosas proveniente de rocas descompuestas.	SM/SC		
	- 40.00		Arcilla	CL		
	- 41.00		Roca			
	- 43.00					

marse algunas providencias para prevenir asentamientos por densificación en caso de sismos severos.

Cabe señalar que la Sub-Dirección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura, también, ha elaborado perfiles de pozos de la zona en estudio; éstos se muestran a continuación de los perfiles de pozos efectuados por el autor de la presente tesis.

4.5.0 ESTIMACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO

Una solución satisfactoria de cimentación implica el conocimiento adecuado de los parámetros de resistencia y deformación del suelo. Con la evaluación de los antedichos parámetros, puede estimarse si el suelo tiene la resistencia adecuada para soportar las cargas que se le apliquen y si tolera las deformaciones por efecto de la aplicación de dichas cargas.

Por lo expuesto, toda base de sustentación de cargas externas debe verificarse por resistencia y por deformación.

Las deformaciones a las que se ve sometido un suelo son de dos tipos: (a) asentamientos y (b) expansiones.

Los asentamientos pueden ser causados por consolidación, por saturación (suelos colapsibles), por eventos sísmicos (densificación, licuefacción), por cavernas, etc.

Las expansiones tienen como algunas causales: la acción de las heladas, la descarga del terreno, el cambio del contenido de humedad natural del suelo (arcillas expansivas), etc.

Existen diversos tipos de ensayos de campo y de laboratorio para evaluar las deformaciones a las que se ha expuesto el terreno.

La resistencia de un suelo bajo cargas verticales puede deducirse a partir de métodos empíricos (ensayos de carga directa, tablas, códigos de construcción), de métodos semi-empíricos (ensayos de penetración estático y dinámico, presiómetro) y de métodos analíticos (teorías de Terzaghi, Prandtl, Meyerhof, Skempton, etc.).

Los tres pasos fundamentales a seguir para el proyecto de una cimentación son:

(a) Elección del coeficiente de seguridad con respecto a una rotura o falla del suelo por esfuerzo cortante, que debe tener un valor mínimo de tres, y del asenta

miento admisible,

(b) Determinación de la capacidad de carga y del factor de seguridad bajo la carga prevista; y

(c) Estimación del asentamiento y su comparación con el valor tolerable.

4.5.1 CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DE SAN ANTONIO

En base a un análisis preliminar y con la finalidad de evaluar la capacidad portante de los suelos existentes, se ha dividido a la ciudad de San Antonio en dos zonas:

(a) Zona I, donde predominan los suelos de tipo granular grueso; y

(b) Zona II, con predominio de los suelos arenosos. (Véase plano N° 4).

4.5.1.1 Capacidad Portante de los Suelos de la Zona I de San Antonio.

Estimamos la capacidad portante de los suelos de la Zona I por medio de la teoría de Terzaghi, que establece la ecuación siguiente para suelos densos y por corte local:

$$q_u = (2/3) c N'_c + \gamma D_f N'_q + (1/2) \gamma B N'_\gamma \quad (4.3)$$

donde: q_u es la capacidad de carga última, en kg/cm^2 ,
 B es el ancho del cimiento, en cms.,
 c es la cohesión del suelo, en kg/cm^2 ,
 N'_c , N'_γ , N'_q son los coeficiente de capacidad de carga adimensionales, en función del ángulo de fricción interna.
 γ es la densidad del suelo, en kg/cm^3 .

Los valores de la cohesión y del ángulo de fricción interna (ϕ), considerados en la fórmula, son promedios de los obtenidos por De la Rosa A.F. (1) para el conglomerado de Lima, que se estima guarda similitud con el suelo subyacente de la Zona I de San Antonio. Estos valores son:
 $\phi = 38.5^\circ$, $c = 0.512 \text{ kg/cm}^2$ y para el peso específico $\gamma = 2.2 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$.

Los coeficientes de capacidad de carga para el ángulo de fricción interna dado son: $N'_c = 29$, $N'_q = 18$ y $N'_\gamma = 18$, y han sido obtenidos del ábaco de Terzaghi y Peck. (2)

$B = 0.40 \text{ mt.}$ (ancho del cimiento corrido)

$D_f = 1.00 \text{ mt.}$ (profundidad de la cimentación)

Reemplazando los datos obtenemos $q_u = 14.65 \text{ kg/cm}^2$, que es el valor correspondiente a la resistencia última del suelo.

La carga de trabajo la obtenemos asumiendo un coeficiente de seguridad de 4 respecto al corte del suelo.

$$q_{\text{admisible}} \approx 4 \text{ kg/cm}^2.$$

Debido a que no se obtuvieron datos suficientes sobre los suelos de San Antonio se adoptó un coeficiente de seguridad relativamente alto, y para obviar este inconveniente se utilizaron valores de los parámetros de resistencia del suelo obtenidos en zonas similares por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la U.N.I.

4.5.1.2 Capacidad Portante de los Suelos de la Zona II de San Antonio

Como se mencionó anteriormente, la zona considerada II está conformada por suelos puramente friccionantes, de tipo arenoso. Terzaghi formuló la siguiente ecuación para evaluar la capacidad de carga para estos tipos de suelos:

$$q_u = \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (4.4)$$

La capacidad de carga de un cimiento poco profundo en arena o grava depende de los siguientes factores:

1. La compacidad relativa de la arena, que se refleja en el valor del ángulo de fricción inter

na (ϕ) y, por ello, en los factores de capacidad de carga N_q y N_γ .

2. La posición del nivel freático.
3. El ancho de la cimentación.
4. La profundidad de desplante.

Para el caso que nos ocupa, hemos estimado la compacidad o densidad relativa de la arena como la correspondiente a un número de golpes $N = 15$ (medianamente densa).

Los factores de capacidad de carga, teniendo en cuenta la falla local, han sido tomados del ábaco según Peck, Hansen y Thornburn, 1953, que relaciona el ángulo de fricción interna, la penetración estándar N , la densidad relativa y los factores de capacidad de carga N_γ y N_q (3). Estos factores para $N = 15$ y $\phi = 31.5^\circ$ son: $N_\gamma = 12$ y $N_q = 15$, siendo el peso específico del suelo $\gamma = 2 \times 10^{-3}$ kg/cm³.

Si adoptamos un ancho de cimentación $B = 50$ cms., y una profundidad de cimentación $D_f = 100$ cms., para el cimiento corrido sobre el suelo arenoso, obtenemos:

$$= 3.83 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad q_{\text{admisible}} \approx 0.9 \text{ kg/cm}^2.$$

4.6.0 ASPECTOS DE DINAMICA DE SUELOS

El suelo, soporte de la estructura, es el agente transmisor de la excitación sísmica; como tal ajusta algunas características de las ondas a sus propiedades dinámicas particulares, y sea cual fuere el cambio que la onda sufra a su paso por el suelo, la estructura percibe el movimiento tal como aflora a la superficie.

La constitución del subsuelo definirá una serie de propiedades y características del movimiento sísmico en la superficie de la tierra, cuando ocurre la vibración de la roca base. Esta modificación de las características vibratorias se aprecia en términos de intensidad de terremotos y de períodos predominantes durante los mismos.

Dependiendo del grado de acloppamiento entre la cimentación y el suelo, la estructura revierte a éste parte de la energía absorbida en forma de presiones adicionales, que bien pueden modificar sus características y su comportamiento a punto que se produzca la falla de la cimentación. Por consiguiente, el análisis de la estabilidad de una estructura ante los efectos sísmicos debe relacionar la dinámica de suelos con la dinámica estructural.

La estabilidad de una estructura durante un sismo

depende de los siguientes factores: del movimiento de la masa del suelo, de las propiedades de los diferentes estratos, de la posición del nivel freático, de las características del área de influencia del suelo (condiciones locales del suelo) y de las características de las estructuras proyectadas. En la fig. Nº 4.1 se presenta la relación entre la consistencia del suelo y el efecto de los daños producidos por el sismo.

4.6.1 PROGRAMA A SEGUIRSE EN EL DISEÑO DE UNA CIMENTACION TENIENDO EN CUENTA LA INFLUENCIA DEL SISMO:

(a) RECONOCIMIENTO

Basado en: inspecciones visuales, fotografías aéreas, informes y mapas geológicos, datos de obras ya realizadas, etc.

(b) EXPLORACION

Puede ser realizada por medio de: métodos geofísicos, pozos-muestreo, sondeos-muestreos.

(c) PRUEBAS DE CAMPO

Consistirán en: pruebas de penetración, pruebas de carga, pruebas de compactación, determinación del nivel freático, etc.

Con los datos obtenidos en el campo se procede a los ensayos de laboratorio.

Las muestras alteradas estarán sujetas a los siguientes ensayos: límites de consistencia, análisis granulométrico, pesos específicos, etc.

Las muestras inalteradas permitirán realizar ensayos de compresión de los que se obtienen la cohesión y el ángulo de fricción interna, que son los parámetros de resistencia del suelo. Se recomienda realizar ensayos de compresión triaxial no drenada con cargas repetidas para obtener la presión de poros, con el fin de vislumbrar el peligro de licuefacción de arenas sueltas saturadas principalmente.

El estudio de las propiedades dinámicas del suelo podrá ser realizada mediante microvibraciones o por la determinación de la velocidad de propagación de ondas.

4.6.2 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO Y SUS EFECTOS

La posición del nivel freático (N.F.) influye en el grado de intensidad sísmica. Medvedev ha demostrado que cuando los suelos presentan un alto contenido de humedad la intensidad sísmica aumenta, y este incremento puede calcularse por la siguiente ecuación empírica:

$$I = e^{-0.04 h^2} \quad (4.5)$$

donde h es la profundidad del nivel freático medida desde la superficie, en metros, siendo el incremento de la intensidad menor a medida que la profundidad aumenta.

TABLA Nº 4.2

PROFUNDIDAD DEL N.F. MEDIDA DESDE LA SUPERFICIE (mts.)	I (M.S.K.)
0 - 1	1.0
4	0.5
10	0.0

El análisis de las Hidroisohipsas (plano Nº 1) y las referencias de campo para el área en estudio, nos permiten establecer que no hay zonas con posible potencial de riesgo sísmico por el nivel freático. Naturalmente que para un estudio más detallado se requiere de mayores datos e informaciones.

Cabe señalar que estando el nivel freático a profundidades de alrededor de un metro, en las cercanías de las orillas del río Mala, se recomienda no cimentar en esta zona; además, en ellas existe el peligro potencial de las inundaciones durante el período de avenidas del río Mala.

4.6.3 EFFECTOS DE LAS VIBRACIONES EN LAS PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE UN SUELO

Se acepta que el mecanismo de falla en la rotura del suelo, cuando se aplica cargas estáticas, es similar al que se produce por la acción de cargas dinámicas. Por lo tanto, los parámetros de resistencia del suelo son los mismos, pero tendrán diferentes valores.

Experimentalmente, se ha demostrado que las vibraciones modifican las propiedades principales de los suelos, tales como las fuerzas internas de fricción seca y viscosa, las fuerzas de cohesión y las fuerzas de fricción externa. Asimismo, influyen sobre las propiedades hidrodinámicas, tales como la presión de poros y el coeficiente de permeabilidad; además, modifican los valores de los módulos de Young y de corte del suelo.

4.6.4 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DINAMICA DEL SISMO

Puede estimarse la capacidad portante de los suelos bajo condiciones dinámicas, similarmente a como se obtiene para cargas verticales, variándose principalmente los parámetros de resistencia del suelo (cohesión y ángulo de fricción interna).

En términos generales, por ejemplo, se ha demostrado que el ángulo de fricción interna decrece con el aumento de la energía cinética de las vibraciones, de tal manera que es menor que en el estado estático, y por consiguiente la resistencia de un suelo al corte será menor durante las vibraciones.

4.6.5. EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUEFACCION DE UN SUELO

Las catástrofes ocurridas en los terremotos recientes ha demostrado que la licuefacción de un suelo arenoso como resultado de las oscilaciones del terreno, representa un serio peligro a la seguridad de las estructuras de ingeniería cimentadas en regiones altamente sísmicas como la nuestra. Este fenómeno ocurrió en Chimbote (Ancash) durante el sismo del 31 de mayo de 1970, y probablemente en el área circunvecina a la ciudad de Cañete con ocasión del sismo del 3 de octubre de 1974.

En nuestro país pueden ser zonas susceptibles a este fenómeno: Chimbote, Paita, Ica y Pisco, no descartándose algunas otras potencialmente licuefactables.

Por lo expuesto, es necesario realizar en estas zonas estudios y trabajos de investigación para evaluar el

potencial de licuefacción de un suelo, por medio de ensayos sencillos y factibles de efectuar con los equipos y medios disponibles en el país.

4.6.5.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN

Se entiende por licuefacción de un suelo al fenómeno según el cual un suelo granular no cohesivo saturado, durante un sismo severo, pierde resistencia al cortante, adquiriendo un grado de movilidad muy elevado. Cabe señalar que este fenómeno no solamente se presenta en las arenas.

Tanto los estudios de laboratorio como las observaciones obtenidas en el campo han demostrado que el potencial de licuefacción de un suelo, durante un terremoto, depende de los siguientes factores: (a) tipo de suelo; (b) índice de huecos o densidad relativa, (c) presión inicial de confinamiento, (d) intensidad del terremoto y (e) duración del terremoto.

(a) Tipo de suelo

La forma más fácil de caracterizar un suelo sin cohesión es, quizás, mediante su granulometría. Existen algunas pruebas que demuestran que los suelos de granulome -

tría uniforme son más susceptibles a la licuefacción que los suelos bien graduados; y que entre los suelos de granulometría uniforme, las arenas finas tienden a licuefactar más fácilmente que las arenas gruesas, gravas, limos o arcillas.

(b) Densidad relativa o índice de huecos

Se acepta que la susceptibilidad de un suelo a la licuefacción estaría determinada, hasta un grado bastante alto, por su porosidad o densidad relativa. Así puede decirse que, en un terremoto dado, una arena suelta puede sufrir licuefacción, mientras que en el mismo material pero en estado más denso puede ser que no ocurra.

(c) Presión inicial de confinamiento

Existen numerosas pruebas que demuestran que, en las condiciones de sollicitación de un terremoto, el potencial de licuefacción de un suelo se reduce al aumentar la presión de confinamiento. Numerosos ensayos de laboratorio han demostrado, a su vez, que para una densidad inicial dada, la tensión necesaria para iniciar la licuefacción bajo carga cíclica aumenta con la presión lateral inicial.

(d) La intensidad del terremoto

Para un suelo, en unas condiciones dadas y bajo

una presión lateral dada, la vulnerabilidad a la licuefacción durante un movimiento sísmico depende de la magnitud de las tensiones o deformaciones inducidas en él por el sismo, las cuales, por otra parte, están relacionadas con la intensidad de las sacudidas.

(e) Duración del terremoto

La duración del sismo es un factor importante para la determinación del potencial de licuefacción, porque determina, en una forma general, el número de ciclos significativos de tensión o deformación a que ha estado sometido el suelo.

4.6.5.2 EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUEFACCION

Cualquier método de evaluación del potencial de licuefacción de un suelo debe considerar los cinco factores indicados anteriormente. Numerosas investigaciones han desarrollado numerosos métodos; y uno de ellos, basado en técnicas simplificadas, es el que se expone a continuación (4):

(a) METODO SIMPLIFICADO PARA EVALUAR LAS TENSIONES INDUCIDAS POR UN TERREMOTO.

La tensión tangencial máxima en el elemento suelo, considerando como un sólido rígido a la columna de

suelo situada por encima de él, puede hallarse mediante

$$(\tau_{\text{máx}})_r = (\gamma h/g) a_{\text{máx}} \quad (4.6)$$

donde: γ es el peso unitario del suelo, h es la profundidad a la que se encuentra el elemento suelo y $a_{\text{máx}}$ es la aceleración máxima en la superficie del terreno.

Pero como la columna de suelo se comporta como un cuerpo deformable, la tensión cortante real $(\tau_{\text{máx}})_d$ a la profundidad h será menor que la $(\tau_{\text{máx}})_r$ y puede expresarse como:

$$\begin{aligned} (\tau_{\text{máx}})_d &= r_d \cdot (\tau_{\text{máx}})_r \\ &= r_d \cdot \gamma \cdot h \cdot a_{\text{máx}}/g \end{aligned} \quad (4.7)$$

donde r_d es un coeficiente de reducción de las tensiones, con valor menor que uno, que puede obtenerse de la fig. Nº 4.2.

Las tensiones cortantes en un punto cualquiera de un terreno durante un sismo varían con el tiempo, por lo que es necesario determinar la tensión tangencial media equivalente. Se ha demostrado, en numerosos casos, que la tensión media equivalente es aproximadamente el 65% de la tensión cortante máxima, lo que puede expresarse como:

$$\tau_{\text{med}} = 0.65 \gamma h (a_{\text{máx}}) r_d / g \quad (4.8)$$

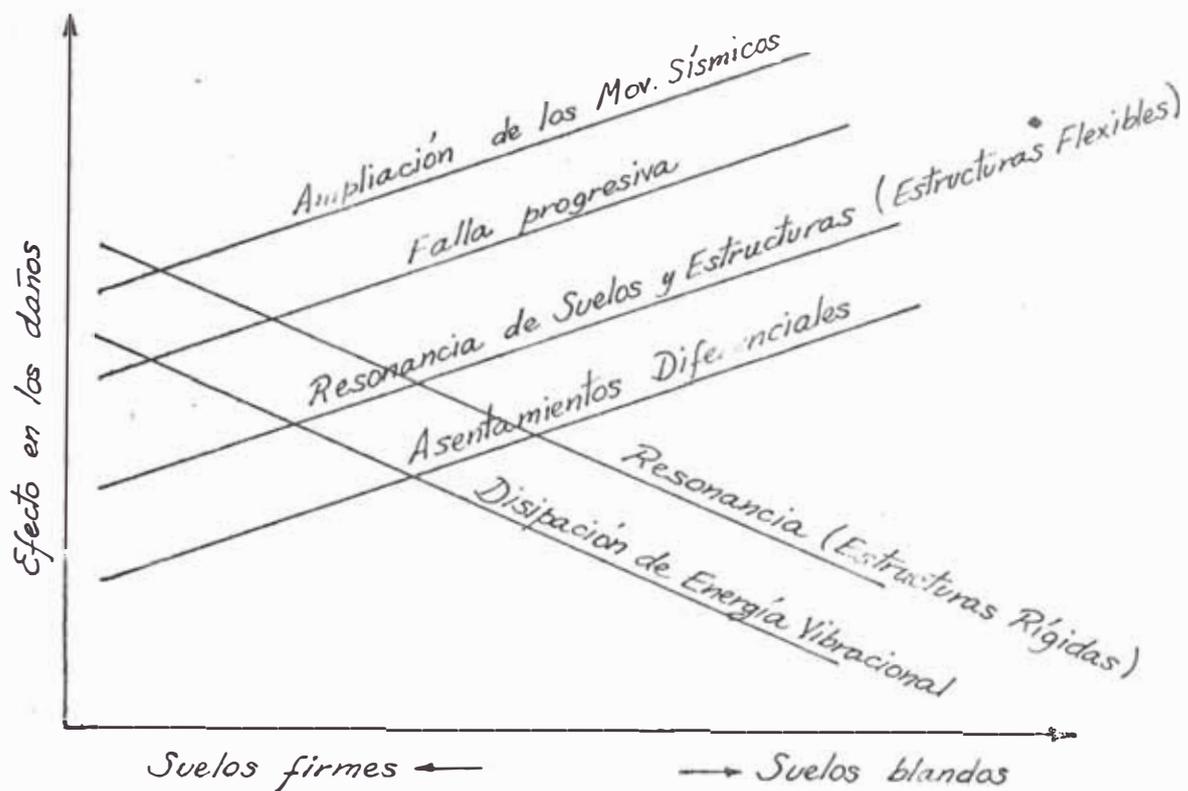
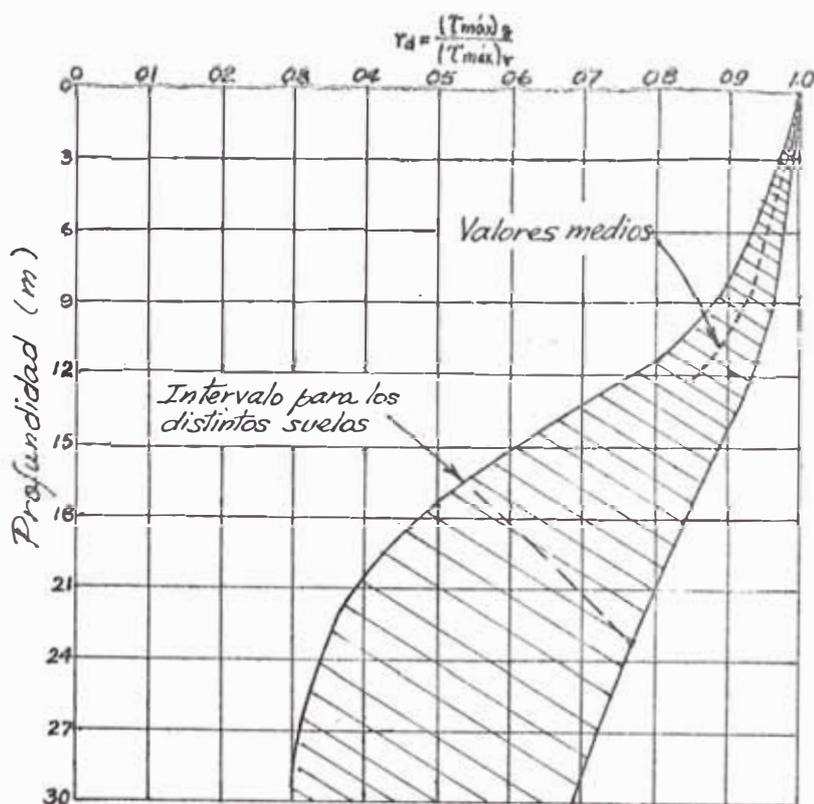


Fig. N° 4.1 : Efectos en los daños producidos por el sismo y la consistencia del suelo.



El número apropiado de ciclos de tensión significativos, N_c , depende de la duración de las sacudidas y, por lo tanto, de la magnitud del terremoto. A continuación se presentan algunos valores representativos:

TABLA N^o 4.3

INTENSIDAD DEL TERREMOTO (M.M.)	NUMERO DE CICLOS DE TENSIONES SIGNIFICATIVOS, N_c
7	10
7.5	20
8	30

Con estos valores y con la ecuación (4.8) se puede evaluar las tensiones inducidas a distintas profundidades por un sismo cualquiera, conociendo la aceleración máxima en la superficie del terreno.

La máxima aceleración de la superficie del terreno, durante un sismo, puede estimarse mediante las relaciones aproximadas entre la magnitud del terremoto, la distancia epicentral y la máxima aceleración del terreno propuestas por Housner (5).

(b) METODO SIMPLIFICADO PARA EVALUAR LAS TENSIONES QUE CAUSAN LA LICUEFACCION:

Puede evaluarse las tensiones cíclicas que causan la licuefacción de un terreno dado, en un número dado de ciclos de tensiones, en base a las condiciones tensionales conocidas que han causado licuefacción de arenas en terremotos anteriores, o por medio de ensayos de laboratorio. En el caso de los ensayos de laboratorio los más empleados son los de comprensión con carga cíclica o ensayos de corte simple con sollicitaciones cíclicas, siendo los primeros los más adecuados.

En base a los resultados de los ensayos efectuados, los cocientes de tensiones que causan la licuefacción, $\left(\frac{\tau}{\sigma'_0}\right)_{D_r}$ y $\left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a}\right)_{50}$, para un suelo determinado, a una densidad relativa D_r , se pueden relacionar mediante la expresión:

$$\left(\frac{\tau}{\sigma'_0}\right)_{D_r} \approx \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a}\right)_{50} \cdot c_r \cdot \frac{D_r}{50} \quad (4.9)$$

en la que: D_r y 50 representan densidades relativas de D_r y 50% respectivamente, τ es la tensión tangencial, σ'_0 es la presión de tierras efectiva inicial, σ_{dc} es el desviador de tensiones cíclicas, c_r es un factor de corrección para obtener las condiciones de esfuerzo que causan la licuefacción en el campo (ver fig. Nº 4.3) y σ_a es la pre-

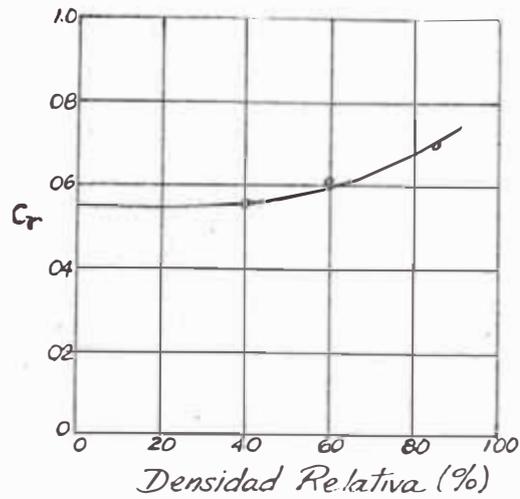


Fig. N° 4.3: Relación entre c_r y la densidad relativa

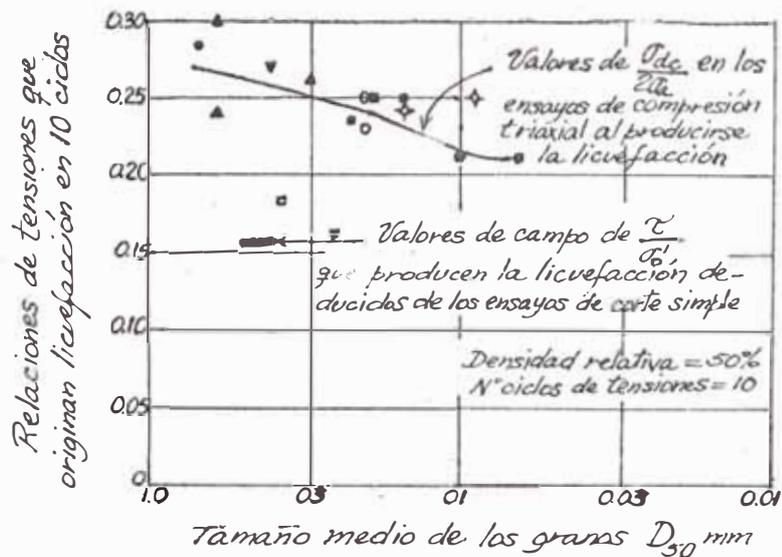


Fig. N° 4.4: Condiciones de tensión que producen la licuefacción de arenas en 10 ciclos.

sión inicial ambiente.

Los resultados de varias investigaciones sobre suelos de distintas granulometrías, representados por el tamaño medio de los granos D_{50} y con una densidad relativa del 50%, se resumen en las figs. 4.4 y 4.5.

(c) EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUEFACCION

Para evaluar el potencial de licuefacción de un depósito de suelo friccionante, hay que comparar los esfuerzos cortantes producidos por el terremoto (ecuación N° 4.8) con los requeridos para causar la licuefacción (ec. 4.9). Esta comparación permite establecer la probable zona de licuefacción en el interior del suelo.

Consideramos, por ejemplo, un depósito de arena de D_{50} , aproximadamente igual a 0.2 mm., en el que el nivel freático está a 1.5 metros por debajo de la superficie del terreno, y que está sometido a la sacudida de un terremoto de intensidad 7. La tensión tangencial media inducida en los 10 ciclos se determinará a partir de la ecuación 4.8. A una profundidad de 6 mts., $r_d \approx 0.95$ (de la fig. 4.2) y $\tau_{med} \approx 0.65 \times 0.95 (\gamma' h/g) a_{m\acute{a}x}$.

Si la tensión cortante necesaria para iniciar

la licuefacción en 10 ciclos es τ_{110} , se deduce de la ecuación 4.9:

$$\frac{\tau_{110}}{\sigma'_0} \approx \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a} \right)_{150} \left(\frac{D_r}{50} \right) c_r$$

Sin embargo, para un suelo de $D_{50} \approx 0.2$ mm. los datos de la fig. 4.4 muestran que: $\left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a} \right)_{150} \approx 0.24$

resultando: $\tau_{110} \approx 0.24 \sigma'_0 (D_r/50) c_r$.

Se iniciará la licuefacción en la arena en 10 ciclos si: $\tau_{med} \approx \tau_{110}$ es decir:

$$0.65 \times 0.95 (\gamma' h/g) a_{m\acute{a}x} \approx 0.24 \sigma'_0 (D_r/50) c_r$$

$$\begin{aligned} \text{o: } a_{m\acute{a}x}/g &\approx \frac{0.24}{0.65 \times 0.95 \times 50} \frac{\sigma'_0}{\gamma' h} c_r \cdot D_r \\ &\approx 0.0078 \frac{\sigma'_0}{\gamma' h} c_r \cdot D_r \end{aligned}$$

Para un nivel freático a metro y medio de profundidad de la superficie y para un elemento de suelo a una profundidad de 6 m.:

$$\gamma' h \approx 6 \times 1.8 \approx 10.8 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma'_0 \approx 1.5 \times 1.8 + 4.5 \times 0.8 \approx 6.3 \text{ kg/m}^2$$

Por tanto:

$$\begin{aligned} a_{m\acute{a}x}/g &\approx \frac{0.0078 \times 6.30}{10.8} c_r \cdot D_r \\ &\approx 0.0046 c_r D_r \end{aligned}$$

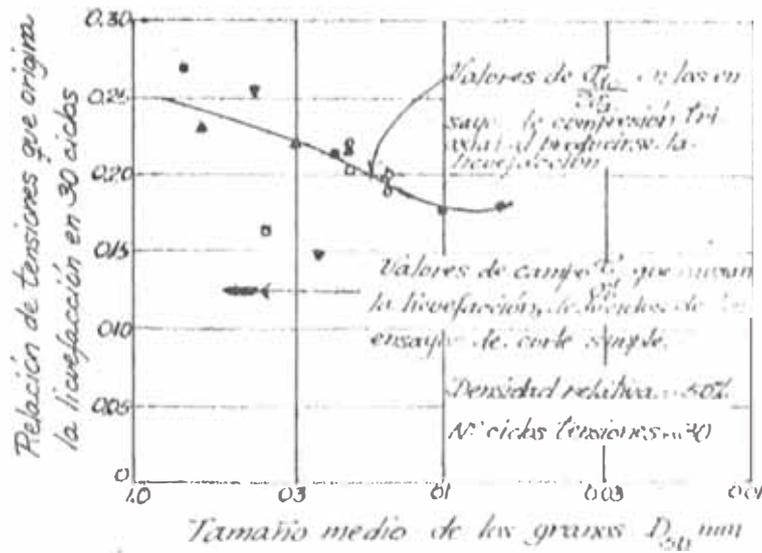


Fig. N°4.5: Condiciones de tensión que producen la licuefacción de arenas en 30 ciclos.

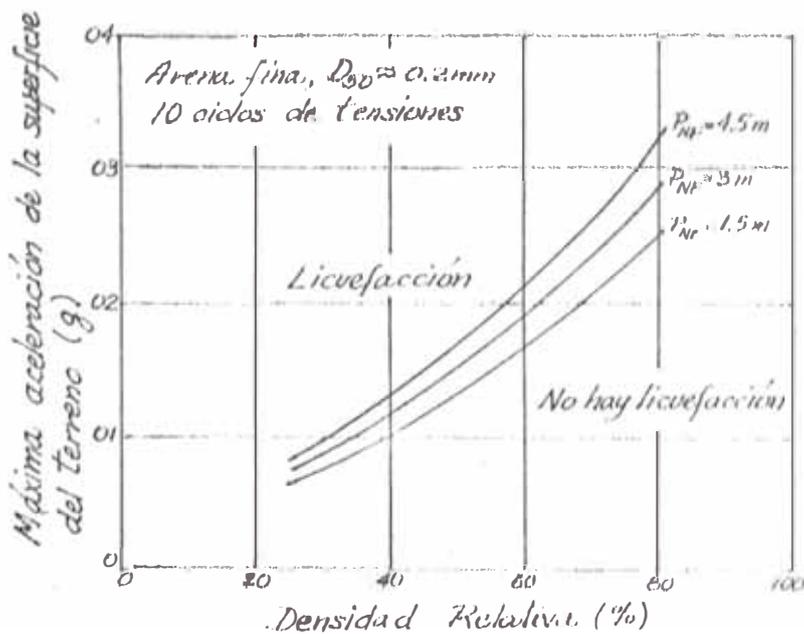


Fig. N°4.6: Evaluación del Potencial de Licuefacción de una arena fina (10 ciclos de tensión)

La relación entre $a_{\text{máx}}$ y D_r indicada por esta ecuación se puede calcular de la forma siguiente:

TABLA Nº 4.4

D_r	c_r (de la fig. 4.3)	$a_{\text{máx}}/g = 0.0046 c_r D_r$
30	0.55	0.076
40	0.55	0.100
50	0.57	0.131
60	0.60	0.166
70	0.64	0.205
80	0.68	0.250

Esta relación se muestra gráficamente en la fig. 4.6. Si para un valor dado de la aceleración máxima del terreno, la densidad relativa del depósito supera el valor indicado por esta relación no cabe esperar que se produzca la licuefacción y viceversa. Las relaciones calculadas por el mismo procedimiento para niveles freáticos a profundidades de 3 y 4.5 m. se representan también en la fig. 4.6.

Cálculos semejantes pueden realizarse rápidamente para otros tipos de suelos, otras profundidades del

nivel freático y para distintos ciclos de tensiones.

Los suelos que parecen presentar la máxima susceptibilidad a la licuefacción, son las arenas muy finas y uniformes con D_{50} del orden de 0.08 mm. Para tales materiales se muestra en la fig. 4.7 las relaciones entre la aceleración máxima y la densidad relativa, con las que se iniciaría la licuefacción en un terremoto que produjese 20 ciclos de tensiones, según las distintas profundidades del nivel freático.

(d) EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUEFACCION EN
FUNCION DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACION

Los métodos anteriormente explicados implican el uso de técnica, métodos y equipos no disponibles en la actualidad en nuestro país; pero se pueden emplear para desarrollar ábacos sencillos, que permitan evaluar el potencial de licuefacción en función de la resistencia a la penetración. Esto se consigue convirtiendo la densidad relativa en los correspondientes a la resistencia a la penetración, mediante la correlación de Gibbs y Holtz (véase fig. 4.8).

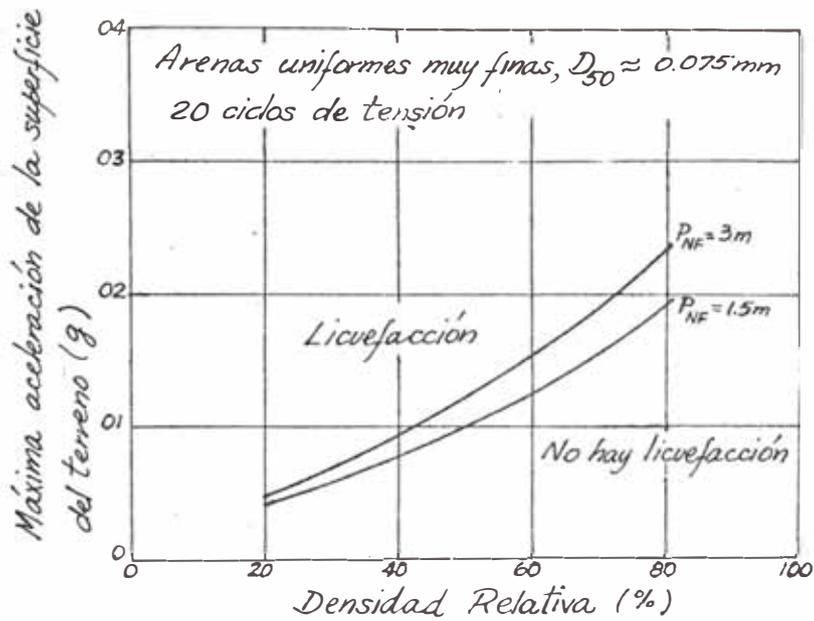


Fig.N°4.7: Evaluación del Potencial de Licuefacción en arenas muy finas (20 ciclos de tensión).

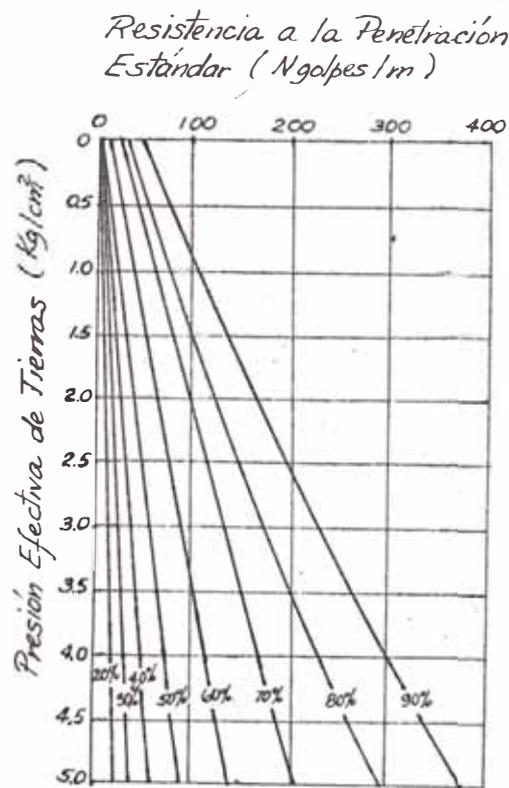


Fig.N°4.8: Relaciones entre la Resistencia a la Penetración Estándar, la Densidad Relativa y la Presión Efectiva de Tierras (Según Gibbs y Holtz).

4.7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En términos generales pueden establecerse las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Deben realizarse estudios adecuados para establecer cimentaciones estables, tanto a las sollicitaciones de cargas estáticas como a las dinámicas, para todas las ciudades y obras importantes del país.

La estimación acertada de la capacidad portante de un suelo y su influencia en el adecuado proyecto de la infraestructura es uno de los problemas más difíciles y de mayor responsabilidad que se puede presentar a un ingeniero civil.

- La formación geológica del depósito sedimentario, del distrito de San Antonio, y los sondajes efectuados en los suelos indican la presencia de estratos de arena y grava que llegan a profundidades mayores de los dos metros.

A un nivel preliminar y desde el punto de vista de la Mecánica de suelos, el distrito de San Antonio se ha dividido en dos zonas: Zona I, constituida por suelos gravosos (GC, GP, GW, GM) de potencias mayores de los dos mts., Zona II, constituida por suelos arenosos (tipo SP).

La densidad relativa de los suelos gravosos (Zona I), en la profundidad activa de cimentación, se estima en un promedio de 80%.

Es poco probable que se produzcan densificaciones importantes en el suelo granular grueso (Zona I) por efecto de sacudimientos sísmicos severos, debido al tipo de suelo y al estado de densidad relativa actual de éste. Sin embargo, deberán tomarse las precauciones necesarias en el cálculo de la interacción suelo-estructura en las obras a realizarse, dada la regionalización sísmica del lugar.

La densidad relativa de los suelos arenosos (Zona II), en la profundidad activa de cimentación, se estima como mediana.

El suelo arenoso puede ser propenso a densificarse, debido a su granulometría uniforme y a su compacidad relativa media, por lo que sería recomendable una previa compactación cuando se cimenta.

A los suelos ubicados en la Zona I se les podrá asignar una presión de trabajo de 4 kg/cm^2 siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones mínimas:

- (a) La profundidad de cimentación no será menor de 1.00 mt., a partir de los niveles actuales;
- (b) Los cimientos corridos deberán tener como mínimo un ancho de 0.40 mt. y
- (c) El area, donde se pretenda cimentar, debe estar exenta de anegaciones.

Las cimentaciones sobre los suelos arenosos medianamente compactos (Zona II), de capacidad portante de 0.9 kg/cm^2 , se efectuarán cumplinéndose las siguientes condiciones mínimas:

- (a) La profundidad de cimentación no será menor de 1.00 metro;
- (b) Los cimientos corridos deberán tener un ancho mínimo de 0.50 mt. y
- (c) El área, donde se pretenda cimentar, deberá estar libre de anegaciones.

De acuerdo a la Propuesta Preliminar de Actualización de las Normas Básicas de Diseño Antisísmico (6), la Zona I corresponde a un suelo de tipo duro, de factor de amplificación sísmica mínimo $Z = 1$; mientras que la Zona II corresponde a suelos blandos de factor $Z_{\text{mín}} = 1.6$.

En la zona de estudio no se han presentado daños vitales en las estructuras por la influencia de las condiciones

locales del suelo, durante el sismo del 3 de octubre de 1974, pero pueden producirse en casos de sismos mayores, sobre todo en la Zona II.

La diferencia de intensidad sísmica entre San Antonio y Santa Cruz de Flores, localidades separadas entre sí 3 kms., se debe principalmente a las condiciones locales del suelo; se estima que hubo amplificación sísmica, ya que el tipo de viviendas y el proceso constructivo empleadas en ellas son similares.

Las conclusiones y recomendaciones indicadas deben ser tomadas como referenciales para las cimentaciones de las viviendas convencionales a construirse en la zona de estudio, y no eximen de realizar estudios de Mecánica de Suelos, más detallados y con mayor profundidad, para las cimentaciones de obras ingenieriles de importancia.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DE LA ROSA, A.F., Ensayos de Corte Directo In-situ para los Estudios de Factibilidad del Transporte Rápido Masivo de la Gran Lima, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.
- (2) TERZAGHI, K. y PECK, R.B., Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica, 3ra. edición, Editorial Ateneo, pág. 206.
- (3) LAMBE, W. y WHITMAN, R., Mecánica de Suelos. Editorial Limusa-Wiley, 1972, pág. 205.

- (4) SEED, H.B. y IDRIS, I.M., Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction, J. Soil Mechanics and Foundations Divn., ASCE, vol. 97, No SM-9, pp. 1249-1274, 1971.
- (5) HOUSNER, George W., Intensity of Earthquake Ground Shaking Near the Causative Fault, Proceeding of the 3rd World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 1964.
- (6) Comité de Ingeniería Antisísmica de la Universidad Nacional de Ingeniería, Propuesta Preliminar de Actualización de las Normas Básicas de Diseño Antisísmico, 1975.

CAPITULO V

CONSIDERACIONES SISMOLOGICAS Y EL TERREMOTO DEL

3 DE OCTUBRE DE 1974

5.1.0 LA INTENSIDAD

Se acostumbra denominar intensidad de un terremoto en un lugar determinado, al grado de severidad del movimiento del suelo en ese lugar. Por lo tanto, es una medida, en base a apreciaciones subjetivas, de los efectos de los mismos sobre suelos, personas, objetos, obras civiles, estructuras naturales, etc.

La intensidad trata, pues, de cuantificar todo un fenómeno complejo por medio de apreciaciones cualitativas y descriptivas contenidas en las llamadas Escalas de Intensidades.

Las escalas de intensidades más conocidas son las de Mercalli Modificada por C.F. Richter en 1956 (M.M.) y la de Medvedev, Sponhever y Karnik (M.S.K.) propuesta en 1964.

5.1.1 ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA POR RICHTER

Richter, en 1956, modifica la escala de Mercalli de 1931 (escala de Wood y Neumann). Esta escala clasifica los sismos en intensidades de 1 a 12, de acuerdo a una evaluación subjetiva de los daños, como se indica en el anexo A. Es la oficialmente aceptada, para medir las intensidades de los sismos, en nuestro país.

5.1.2 COMENTARIOS SOBRE LA ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA (M.M)

En términos generales, mencionamos algunos de los problemas que conducen a una falta de exactitud en la determinación del grado de intensidad que produce un sismo en un lugar específico usando la escala M.M.:

- (a) La Escala M.M. toma en consideración los efectos que el terremoto produce en la gente; y las respuestas correspondientes que efectúan a los cuestionarios de evaluación de daños, resultarán notablemente influenciadas por el estado anímico del encuestado;

- (b) La escala considera los efectos permanentes producidos por el sismo y al hacerlo introduce nuevamente la subjetividad, al no poder evitar más ~~de~~ una interpretación de la terminología considerada;
- (c) Si las estructuras o construcciones de una ciudad fuesen análogas, y si las ciudades fuese parecidas, la escala de Mercalli Modificada sería una buena indicadora de las intensidades relativas del movimiento del terreno durante el sismo;
- (d) La diferencia entre un grado de la escala y el siguiente no es comparable cualitativamente con la diferencia entre otros grados consecutivos de la escala;
- (e) La escala no es reproducible debido a que no permite una verificabilidad absoluta;
- (f) La escala debería ser más fina respecto a los grados más altos para poder ordenar adecuadamente los terremotos de mayor severidad.

A pesar de los problemas planteados la escala de Mercalli Modificada es de gran utilidad en estudios de regionalización sísmica; permite hacer comparaciones entre terremotos y obtener datos macrosísmicos de zonas afecta -

das que no cuentan con instrumentación sismológica adecuada

5.2.0 LA MAGNITUD DE LOS SISMOS

Magnitud de un sismo es el logaritmo en base 10 de la máxima amplitud, expresada en micrones, de un sismograma registrado por un sismómetro de tensión Wood-Anderson ($T=0.8$ seg., $b=0.8$, amplificación 2800 veces) a una distancia de 100 kms.

Convencionalmente, se ha elegido como terremoto unidad al que produce un desplazamiento del suelo igual a una milésima de milímetro a la distancia epicentral de 100 kms. A este terremoto se le designa como $M=0$.

Evidentemente, si se utilizan sismómetros estándar que tengan las mismas especificaciones de período natural, amortiguamiento y amplificación, se puede evaluar la magnitud, utilizando los trazos de las amplitudes leídas en los sismogramas sin necesidad de calcular el movimiento del suelo. En este caso la magnitud M vendría definida por:

$$M = \log A - \log A_0$$

donde:

A es la máxima amplitud registrada para un terremoto cualquiera, a una distancia epicentral determinada, por

un sismómetro estándar;

A_0 es la amplitud registrada para el terremoto de magnitud cero a la misma distancia epicentral.

De esta forma la magnitud viene a ser un número característico del terremoto e independiente de la localización de las estaciones donde sea registrado.

5.2.1 MAGNITUD UNIFICADA

Muchas veces se ha observado la imposibilidad de calcular la magnitud en base a las ondas superficiales por cuanto éstas comúnmente no son registradas cuando se trata de terremotos de tipo profundo. En cambio, es más susceptible de evaluar la magnitud por medio de las ondas de cuerpo que son mejor registradas, aun a distancias epicentrales considerables.

La fórmula para calcular la magnitud unificada es

$$M = \log (GM/ T) + Q$$

donde:

GM es el movimiento del suelo o "Ground Motion", medido en micrones,

T es el período, en segundos, correspondiente a la amplitud que se lee en el sismograma,

Q es el factor de corrección para distancia y pro-

fundidad.

El movimiento del terreno o GM es calculado en base a la medida del sismograma, y está transformado en amplitud del movimiento del terreno mediante la curva de respuesta del instrumento. De esta forma, se evita el tener que usar instrumentos estándar, pues, basta conocer la curva de respuesta del instrumento usado.

La amplitud medida en el sismograma se toma de la mayor onda P registrada en los primeros cinco segundos desde el comienzo del registro del sismo, y el período es el correspondiente a la onda P leída. Se debe hacer notar que la amplitud es medida "pico a pico" de la onda P, registrada en el sismograma, dividida por dos.

La corrección Q para distancias y profundidades, es obtenida de gráficos elaborados por Richter (para magnitudes de 5σ).

En el cálculo de la magnitud de un sismo es de suma importancia tener en cuenta que la amplitud registrada en una estación cualquiera, no sólo dependerá de la magnitud del sismo y de la profundidad focal, sino también de las condiciones físicas del trayecto que deben recorrer las ondas sísmicas, así como de las condiciones del terreno so-

bre el cual se asienta la estación sísmica y, además, de las características del sismógrafo usado. Se sabe que existen fuertes efectos direccionales que influyen en la trasmisión de las ondas sísmicas, de tal modo que una mayor cantidad de energía puede ser irradiada en un sentido que en otro; esto, lógicamente, llevaría a asignar magnitudes erradas a algunos sismos.

Pese a que el valor de la magnitud calculada tiene siempre un margen de error, pues es muy difícil eliminar los diversos factores que introducen este error, es aconsejable, cuando se asigna una magnitud a un sismo, que ésta sea un promedio de las magnitudes obtenidas en varias estaciones y no sólo la calculada en base al registro de una sola de ellas. De esta manera se elimina la posibilidad de basar el cálculo de la magnitud por los registros de una estación.

5.3.0 LAS ISOSISTAS

La distribución de los efectos macrosísmicos de un sismo puede ser representada por curvas isosistas o líneas que encierran puntos de igual intensidad de movimiento sísmico, indicando cada isosista el límite de la intensidad correspondiente en la zona encerrada por dicha línea. Ello significa que, en todos los casos, la intensidad señalada

en los mapas corresponde a la zona que se encuentra dentro de dos isosistas consecutivas.

5.3.1 TECNICAS Y CRITERIOS PARA EL TRAZO DE ISOSISTAS

Para el trazado de las cartas isosistas es necesario dos condiciones importantes:

- (a) La información de los pobladores de la zona en estudio realizada por medio de fichas de evaluación; y
- (b) La escala de intensidades con que se valorará la acción sísmica (en nuestro caso la escala de Mercalli Modificada).

Para que las isosistas sean correctas es muy importante el criterio del técnico que las confecciona, pues es él quien conjuga la información de las fichas de evaluación de daños con la escala respectiva. Para calificar el grado de intensidad correspondiente a las diferentes localidades, se deben tener en cuenta: las fallas y las tendencias estructurales, que dan las características elípticas de las isosistas; los tipos de suelos que modifican la intensidad; los tipos de construcciones predominantes (las débiles pueden dar una idea mayor de la intensidad) y, por último, la hora de ocurrencia del fenómeno telúrico, que

es otro factor que afecta la información.

Al efectuar el cómputo se encontrarán informaciones contradictorias, debido a los diferentes factores que influyen en la apreciación del informante. El técnico deberá estar predispuesto a obtener datos de todas las fuentes de información y encontrar en ellas una causa lógica para explicar las divergencias.

5.3.2 DIBUJO DE LAS ISOSISTAS

Al asignar un valor de intensidad sísmica, en base a un informe dado, es muy importante no ceñirse exclusivamente a un criterio debido a la diversidad de apreciaciones subjetivas que originan los efectos de los sismos. Es decir, no es suficiente asignar a cada observación individual una intensidad y proceder directamente al mapeo, porque los efectos del sismo en una zona, sobre los suelos o las estructuras, pueden aumentar o disminuir la intensidad por alguna circunstancia especial o local.

Un reconocimiento del campo no es suficiente para detectar, en un tiempo limitado, todas las causas específicas de las diferentes versiones individuales; por ello el sismólogo debe comparar las informaciones de diferentes intensidades, para cada localidad particular, con el objeto

de eliminar las informaciones divergentes. Estará en lo correcto o en lo incorrecto en la medida que pueda explicar satisfactoriamente las causas de las divergencias.

Cuando la información proviene de entrevistas o de encuestas de evaluación de daños, debe recordarse que la mayoría de las personas no están capacitadas en observaciones de la severidad de un terremoto, por lo que los datos que puedan proporcionar son en alto grado dominados por la subjetividad.

La intensidad asignada a un lugar determinado, es a menudo llamada un "promedio", pero algunos observadores, no muy bien entrenados, añaden un promedio a su valor individual de intensidad como si la intensidad fuese un número calculado o medido estadísticamente.

Existen casos en que una ciudad presente dos zonas separadas debido a las características de los daños y, a menudo, esta subdivisión no es muy clara. Un estudio cuidadoso hará posible que asignemos un grado de intensidad para una parte y otra intensidad para la otra.

La calidad y el tipo de albañilería pueden dar apariencias de una mayor o menor intensidad. Las condiciones locales del suelo y el nivel de la napa freática en la misma forma pueden influir en la intensidad.

Otro factor que debe tenerse en cuenta, es la cercanía del lugar en estudio al epicentro. Hay evidencias de que en la vecindad del epicentro, la componente vertical del movimiento es más grande en relación a la componente horizontal que cualquier otra parte. Cerca del epicentro, es factible que este efecto pueda disminuir las manifestaciones ordinarias de intensidad y causar una subestimación del movimiento.

Las isosistas deben, en lo posible, representar el efecto del suelo para que el ingeniero pueda conocer fehacientemente un lugar por la diversidad de intensidades originadas. Si un lugar, por ejemplo, es asignado con un grado de IX, el ingeniero aceptará que la localidad fue fuertemente sacudida y juzgará los varios tipos de construcciones por sus comportamientos bajo tales condiciones. Si el efecto del suelo modifica la intensidad en puntos adyacentes, y esto es mapeado detalladamente en una isosista, será para él un índice de peligro a ser considerado en construcciones futuras, o será una zona que debe ser tomada en cuenta para considerarle medidas especiales de seguridad.

Concluyendo, debe tenerse en cuenta en el trazo de las isosistas que:

- Algunas poblaciones han sufrido destrucción por los sismos debido a los sistemas constructivos deficientes y a la baja calidad de los materiales empleados en sus viviendas.

Existen zonas pobladas ubicadas en terrenos que, por sus condiciones geológicas, propician su destrucción por sismos de mediana intensidad y más aún durante sismos severos.

Muchas zonas del país expuestas a sismos carecen de construcciones sismoresistentes, por lo que los efectos del fenómeno telúrico son magnificados.

5.4.0 HISTORIA SISMICA DEL AREA AFECTADA

Los distritos de San Antonio y Mala, ubicados en el departamento de Lima, aproximadamente a los 12.8º Latitud Sur y 76.8º Longitud Oeste en la costa Este de Sudamérica, se encuentran en una zona de alta sismicidad, debido a que en ella entran en contacto dos grandes placas terrestres : la placa litosférica del Océano Pacífico (placa Nazca) y la placa Americana (placa Continental). La interacción de ambas, es decir, el deslizamiento de la placa oceánica bajo la placa continental, da como resultado la gran actividad sísmica de la región, que forma parte del Cinturón Circum-Pacífico, donde se estima tiene lugar la mayor actividad sísmica del mundo, con no menos del 80% del total de ener-

gia liberada en la actividad sísmica del globo. En consecuencia, la zona afectada posee una historia sísmica en la que la frecuencia de sismos de fuerte intensidad es importante.

La historia sísmica del departamento de Lima, y por consiguiente la del área en estudio, extractada de un catálogo de sismos del Instituto Geofísico del Perú, proporciona la siguiente relación cronológica de los sismos de mayor intensidad.

1578, 17 de junio, un fuerte temblor produjo daños en Lima.

1586, 9 de julio, a las 19.00 h. (tiempo local) un temblor de considerables proporciones afecta a la ciudad de Lima y alrededores. El epicentro del sismo se estima ubicado a 12.2° Latitud Sur y 77.7° Longitud Oeste; la magnitud fue de 3.0; el tsunami asociado al fenómeno telúrico alcanzó una magnitud de 3 (escala de Iida).

1609, 19 de octubre, un sismo fuerte ocurre en Lima a las 20.00 h.

1655, 13 de noviembre, a horas 14.45 h. Lima y el Callao son estremecidos por un temblor que tuvo un radio de acción de 500 km.

1678, 17 de junio, a las 20.0 h. acontece un fuerte sismo en Lima, ocasionando cuantiosos daños materiales.

1687, 20 de octubre, ocurre un terremoto-tsunami a las 04.30 h. (11.00GMT) en la ciudad de Lima. Los datos sismológicos estimados fueron: coordenadas epicentrales, 13° Latitud Sur y 77.5° Longitud Oeste; magnitud, 8.2; magnitud del tsunami, 3 (escala de Iida).

1725, 6 de enero, a horas 04.30 h. Lima estremecida por un temblor.

1738, 2 de diciembre, acontece un temblor en Lima a las 01.00 horas.

1746, 28 de octubre, a horas 22.30 sucede un temblor en Lima que ocasionó un tsunami en el Callao. Los datos sismológicos estimados fueron: epicentro, 11,6° Latitud Sur y 77.5° Longitud Oeste; intensidad, X a XI M.M.; magnitud, 8.4; magnitud del tsunami, 3 (escala de Iida).

1806, 7 de diciembre, un temblor, de coordenadas epicentrales estimadas en 12.0 Latitud Sur y 78.0 Longitud Oeste, acontece frente al Callao (18.00 hora local). El tsunami originado por el sismo alcanzó una magnitud de 2.

1828, 30 de marzo, a horas 7.35 ocurre un temblor que produjo grandes daños en todo Lima; ocasionó también varias víctimas en el Callao, Chorrillos, Chancay y Huarochiri. Fue sentido en Arequipa.

1897, 20 de setiembre, a las 11.25 h. Lima y el Callao fueron afectados por un fuerte movimiento sísmico.

1904, 4 de marzo, a las 05.17 h. en Lima se sintió un fuerte temblor de intensidades VII a VIII M.M. y de magnitud de alrededor de 7. El fenómeno telúrico afectó a las localidades de La Molina, Ñaña, Matucana, Chosica, Ancón y Mala; produjo deslizamientos y derrumbes en la Carretera Central.

1915, 21 de agosto, a las 14.23 h., un fuerte movimiento sísmico fue registrado por el Observatorio de la Sociedad de Lima, que determinó el epicentro a 83 kms. de Lima (Mala y San Antonio). Fue sentido levemente en Ica.

1915, 27 de diciembre, a las 10.40 h. acontece un sismo en Cañete, que fue sentido a lo largo de la costa Sur.

1922, 11 de octubre, a las 09.50 h. sucede un sismo de epicentro determinado por el Observatorio de Lima, 16° Latitud Sur y 72.5° Longitud Oeste, y de profundidad focal o hipocentro 50 km. (Gutenberg-Richter, 1954). El movimiento afectó a Caravelí, Mollendo, Quicacha, Chala, Puquio, Palpa, Ica y Cañete.

1926, 11 de marzo, según el Observatorio de Lima, acontece un temblor de intensidad V a VI M.M. que afectó a Lima y Callao. Se dejó sentir el movimiento en Chiclayo e Ica.

1932, 19 de enero, a las 21.33 h., ocurre un sismo cuya posición epicentral, según Gutenberg y Richter, fue 12° Latitud Sur y 77.5° Longitud Oeste, de magnitud 7.3, profundi-

dad epicentral de 100 km. Los daños que ocasionó se estimaron entre las intensidades de VI a VII M.M. para la ciudad de Lima y Callao; se sintió en Huacho y el Callejón de Huaylas.

1933, 5 de agosto, a las 21.55 h., un fuerte temblor sacude a Lima, Callao e Ica; las coordenadas epicentrales estimadas fueron: 12° Latitud Sur y 77.5° Longitud Oeste. Se percibió en Cerro de Pasco y Puerto Bermúdez.

1939, 25 de abril, a las 07.55 h., un temblor de grado VI M.M. se deja sentir, afectando a Cañete, Pisco, Chincha, Lima, Matucana y San Mateo.

1940, 24 de mayo, a las 11.33 h., la ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un fortísimo temblor de intensidades de VII a VIII M.M. El movimiento tuvo una vasta área de percepción, que comprendió a casi todo el Perú y extendiéndose hasta Guayaquil y Arica; ocasionó la destrucción de muchas edificaciones de Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Lurín. El sismo dejó un saldo de 179 muertos y 3500 heridos; las estadísticas oficiales indicaron que del total de construcciones dañadas, las de adobe representaron el 61%, las de ladrillo el 20%, las de concreto el 10%. Otras ciudades afectadas de consideración fueron Paramonga, Cajamarca, Chachapoyas y Mollendo; las ciudades de Puno, Cuzco, Chincha, Pisco, Cañete y

Huarmey fueron moderadamente destruídas.

Las coordenadas epicentrales de este sismo, segun Richter, fueron 10.7° Latitud Sur y 77° Longitud Oeste.

1948, 28 de mayo, a las 00.37 h. (hora local) se percibe un sismo cuyos datos sismológicos estimados fueron: epicentro Latitud 13.1° Sur y Longitud 76.2° Oeste; intensidad VII M.M.; magnitud, 6.7 Richter. Produjo daños en Cañete.

1951, 31 de enero, a las 11.39 h., un sismo de intensidad VI a VII M.M. estremece a Lima y alrededores.

1951, 12 de junio, a las 00.43 h., ocurre un sismo de intensidad VI M.M., afectando una área territorial que comprendió a Lima, Chincha, Ica, Huaytará y Ayacucho. El epicentro fue localizado aproximadamente en las coordenadas : 13.1° Lat. Sur y 76.2° Long. Oeste.

1952, 3 de mayo, a las 10.14 h., acontece un fuerte temblor en Ica, de intensidad V a VI M.M. y coordenadas epicentrales aproximadas 14.6° Lat. Sur y Long. 76.10° Long. Oeste. Fue sentido levemente en Lima.

1953, 15 de febrero, a las 04.33 h., Lima fue sacudida por un temblor de intensidad V a VI M.M.

1954, 21 de abril, a las 15.23 h. (hora local) Lima fue afectada por un temblor de coordenadas epicentrales aproximadas de 13° Lat. Sur y 77° Long. Oeste; sufrieron daños

Mala, San Antonio y Cañete. La intensidad VI M.M. del sismo abarcó hasta Tarma y Huancayo. El hipocentro fue de 100 km.

1955, 9 de febrero, a las 11.06 h., ocurre un temblor que produjo daños en Lima, sintiéndose en Huaraz. El epicentro tuvo las coordenadas aproximadas 11.5° Lat. Sur y 77.5° Long. Oeste.

1957, 18 de febrero, a las 18.50 h. (hora local) acontece un sismo cuyos datos sismológicos fueron: epicentro, 14.43° Lat. Sur, 77.53° Long. Oeste; profundidad, 100 km.; magnitud, 6.5 a 6.75 (U.S.C.G.S.); intensidad, IV a V M.M. Produjo ligeros daños en Nazca, Ica, Huancavelica y Lima.

1958, 1 de marzo, a las 04.05 h. (tiempo local) sucede un temblor de coordenadas epicentrales 13.5° Lat. Sur y 76.5° Long. Oeste y de hipocentro 53 km. Sentido fuertemente en Pisco e Ica; en Lima causó daños de intensidad VI M.M.

1960, 15 de enero, a las 04h30m20s, se produjo un sismo de epicentro 15° Lat. Sur y 75° Long. Oeste, profundidad 150 km., magnitud 7 (Pasadena) a 7.5 (Matsuchiro). Ocasionó daños en Nazca, Ica, Huancavelica y Lima.

1961, 27 de enero, a las 22h24m39.2s (hora local) acontece un sismo cuyos datos sismológicos fueron: epicentro, 13.6° Lat. Sur y 76.6° Long. Oeste; profundidad, 35 km.; magnitud, 5 (Pasadena) a 5.7 (Matsuchiro). Afectó con intensi

dad VI M.M. desde Lima hasta Nazca. Causó daños en Ica, Chincha, Pisco, San Luis de Cañete, Mala y Palpa.

1966, 17 de octubre, a las 16h41m54.7s, la ciudad de Lima fue estremecida por un sismo, considerado hasta entonces el más fuerte ocurrido desde el de 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y daños materiales ascendentes a \$/ 1,000'000, 000.00. El área de percepción abarcó aproximadamente 65, 000 km², motivo por el cual fue destructor a lo largo de la franja litoral comprendida entre Lima y Supe. La intensidad máxima se estimó en el grado VI M.M., aunque en una área muy limitada puede haber sobrepasado este grado; en general, los efectos destructores fueron importantes en las construcciones antiguas debilitadas por otros sismos y por las condiciones locales del suelo. Estos factores, en el área epicentral, contribuyeron a dañar en forma apreciable a las edificaciones de Huacho, Huaura, Chancay, Supe, San Nicolás, Puente Piedra y otras localidades.

1974, 5 de enero, a las 03h33m50.7s (hora local) ocurre un sismo de epicentro 12.3º Lat. Sur y 76.4º Long. Oeste, de profundidad 98 km. y de magnitud de las ondas de cuerpo 6.3 a 6.6 (Pasadena). Ocasionó 10 muertos en distintos puntos del departamento de Lima; los mayores daños materiales se registraron entre Lima y Yauyos. La intensidad en Lima alcanzó a V M.M.

1974, 3 de Octubre, a las 09h21m29.12s (hora local) ocurre un terremoto en Lima, de epicentro ubicado entre 12.5° Lat. Sur y 77.2° Long. Oeste. La magnitud fue de 6.6 (MB) y 7.6 (MS). El área más afectada, a la cual se le asignó intensidades mayores a VI M.M., cubrió unos 60,000 km². Las aceleraciones producidas por el movimiento fueron suficientes para dañar numerosas casas antiguas, en particular las ubicadas en las zonas de Chorrillos, Barranco, Rímac, El Cercado y áreas periféricas. Estructuras modernas cimentadas en La Molina y La Planicie sufrieron daños. Por el Norte se sintió hasta Huacho y por el Sur hasta Ica. En la provincia de Cañete el sismo ocasionó daños considerables a las viviendas de adobe y a algunas estructuras de concreto armado.

5.5.0 EL TERREMOTO DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974

El 3 de octubre de 1974 un sismo de consecuencias catastróficas afectó a una amplia región del centro del Perú. El temblor ocurrió a las 09h 21m 29.12s hora local ; los datos instrumentales proporcionados por el United States Coast and Geodetic Survey (USCGS) ubicaron el foco con las coordenadas 12.265° Latitud Sur y 77.795° Longitud Oeste, a una profundidad aproximada de 13 km. y asignaron al sismo una magnitud de 6.6 MB y de 7.6MS. El Instituto Geofísico del Perú ubicó al epicentro del sismo en las coorde

nadas 12.5° Sur y 77.2° Oeste, frente a las costas de la provincia de Cañete.

La zona activa que ha dado origen al sismo del 3 de octubre, o sea el bloque afectado, parece colindar, por el Norte, con el bloque asociado al terremoto de Lima de 1940, cuya magnitud fue de 8.4; y por el Sur, con el bloque que dió lugar al sismo de Nazca, que alcanzó una magnitud de

El sismo principal tuvo un total de 1219 réplicas, de las cuales las más significativas tuvieron magnitudes comprendidas entre 4.5 a 5.4 (MB) y que marcaron una superficie de falla de cerca de 220 km. de longitud a lo largo de la costa.

Los mayores daños materiales en Lima fueron ocasionados en las zonas de La Molina, Chorrillos y Callao, por las condiciones locales del suelo; daños menores ocurrieron en edificios del área metropolitana, por la presencia de componentes de período largo del sismo. Hacia el Sur de la capital se afectaron edificaciones de La Campiña y Los Próceres. En el área circunvecina a la ciudad de Cañete se observaron grietas y problemas de licuefacción de arenas en terrenos de cultivo; además, se produjeron numero

Los colapsos de construcciones de adobe de los distritos de San Vicente, Imperial, San Luis de Cañete, Cerro Azul, Santa Cruz de Flores, Asia, Chilca, Mala y San Antonio, ubicados en la provincia de Cañete.

El registro del sismo del 3 de octubre de 1974 presentó períodos característicos de 0.25 a 0.30 seg., una amplitud de 0.18g y una duración de 90 seg. La réplica del 9 de noviembre de 1974 permitió confirmar instrumentalmente la amplificación de ondas sísmicas en ciertas zonas específicas de Lima Metropolitana, como es el caso de La Molina donde la componente horizontal de la aceleración alcanzó el valor de 0.15g, mientras que la misma para Lima central fue de 0.07g.

Las estadísticas efectuadas por el Sistema Nacional de Defensa Civil indicaron que el sismo provocó la pérdida de 78 vidas y daños materiales por un valor estimado de \$/ 1,826'698,592 en diversos puntos del área afectada, que incluyó a unas 60,000 km². con intensidades de VI a mayores (M.M.).

Para significar la importancia de los desastres sísmicos, que periódicamente conmueven a nuestro país, citamos la estimación de pérdidas realizada por el Sistema Na-

cional de Defensa Civil, que indica la suma de \$ 24,826 ' 698,592 para los tres últimos sismos acontecidos (1966, 1970, 1974). La mortalidad ocasionada por los mismos fue de aproximadamente 70,178 personas.

5.6.0 LAS ISOSISTAS DEL SISMO DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974

El Instituto Geofísico del Perú, con el objeto de conocer la distribución de intensidades en el área de perceptibilidad del sismo, efectuó un reconocimiento a lo largo de las carreteras principales que unen a la capital con las ciudades de la sierra central y las ciudades del Sur Chico, permitiéndole la elaboración del mapa de isosistas, que se muestra en la fig. Nº 5.1.

El análisis del mapa antedicho nos muestra que las intensidades registradas varían entre IV a VIII de la escala de Mercalli Modificada y que las isosistas tienen una elongación paralela a la costa, indicando una mayor atenuación de la intensidad en la dirección perpendicular a ella.

Las intensidades percibidas en la zona en estudio (San Antonio y Mala) se estiman comprendidas entre VII a VIII M.M.; esta diferencia de intensidades se debió preferencialmente a las condiciones locales del suelo de cimentación de cada uno de los distritos afectados.

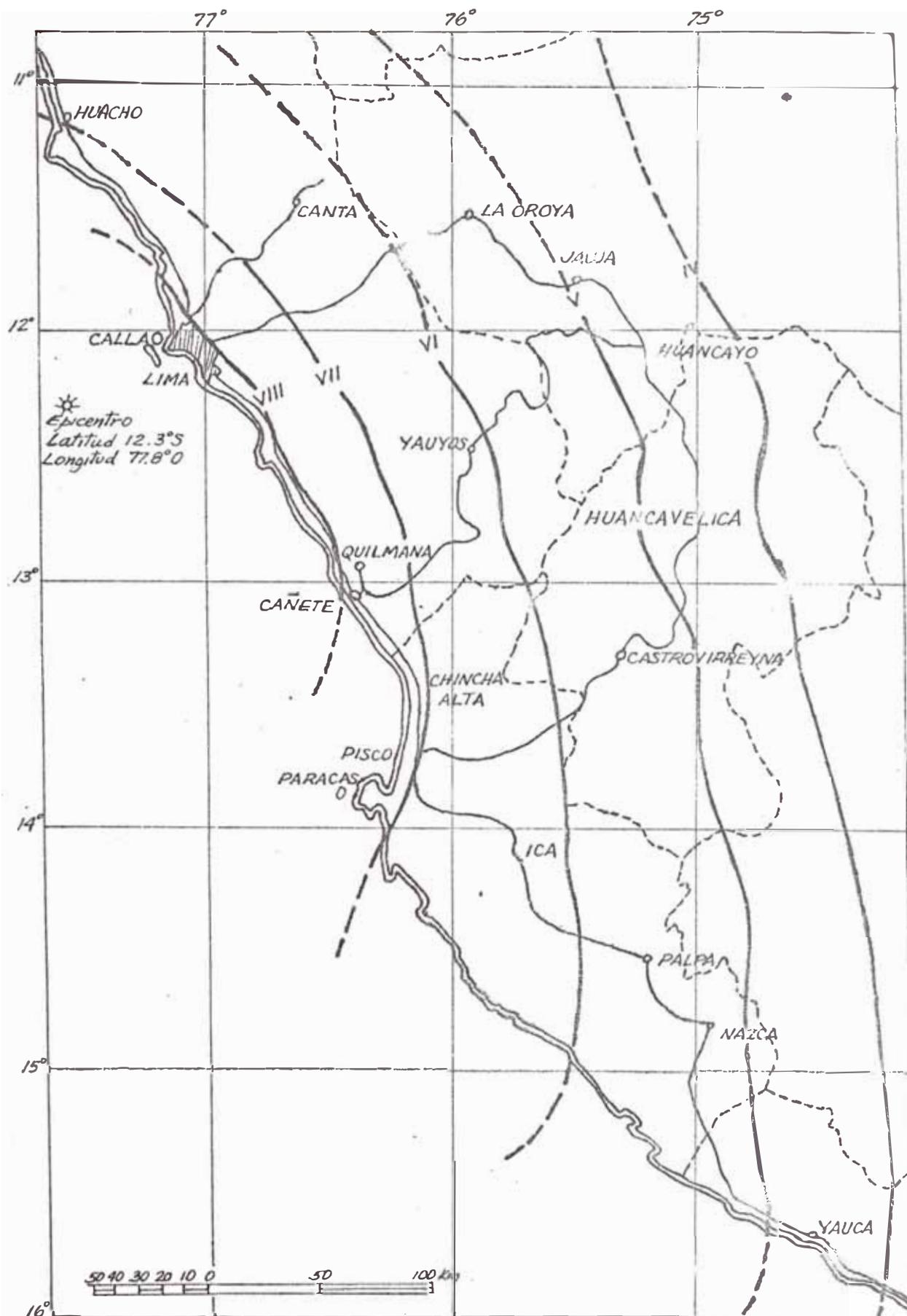


Fig.N°5.1: Las Isosistas del sismo del 3-10-74.

(Fuente: Instituto Geofísico del Perú)

5.7.0 EVALUACION DE DAÑOS

En los distritos en mención las construcciones de adobe son las mayoritarias, constituyendo aproximadamente el 90% del total de las edificaciones existentes. Es conocido que las construcciones de adobe son muy susceptibles de colapsar ante la acción sísmica, sobre todo cuando se trata de sismos de intensidad VIII M.M., por la poca resistencia a la tracción que poseen; esta coyuntura contribuyó a que los daños causados por el sismo del 3 de octubre de 1974 hayan sido significativos.

Debido a la extensión considerable de la zona afectada, sólo fue posible realizar una evaluación aproximada de los daños ocurridos en el distrito de San Antonio, mientras que los acontecidos en el distrito de Mala han sido cuantificados sucintamente. Otros factores que no coadyuvaron en la realización de un estudio más detallado de los perjuicios ocasionados por el sismo fueron, principalmente la falta de colaboración de los damnificados, el conformismo de los mismos y la distancia del área en cuestión respecto de la Capital que obligaba realizar continuos viajes.

La evaluación de daños efectuada en el distrito de San Antonio permitió obtener cifras significativas de las viviendas dañadas. Estas pueden clasificarse en las si-

güentes gradaciones de daños:

Grado IV, viviendas colapsadas o con daños de más del 75%;

Grado III, viviendas con daños importantes comprendidos entre el 50 a 75%;

Grado II, viviendas con daños moderados entre el 25 a 50%;

Grado I, viviendas que no han sufrido daños o éstos han sido menores del 25%.

Otros parámetros utilizados en la evaluación fueron: los tipos de materiales empleados en la construcción de las viviendas y la zonificación preliminar realizada en la ciudad, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos. La evaluación determinó que de las 514 viviendas existentes, 463 son de adobe, 50 son de ladrillo y 1 de concreto armado; mientras que la Zonificación, de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 4, estableció dos zonas de características peculiares en cuanto al suelo de cimentación (Zona I, constituida de suelos gravosos y Zona II, conformada de suelos arenosos).

Los resultados de la encuesta efectuada se indican en los cuadros 5.1 y 5.2

CUADRO Nº 5.1

TIPO DE VIVIENDA	ZONA I		ZONA II	
	Nº	%	Nº	%
Adobe	324	90.0	139	90.2
Ladrillo	35	9.7	15	9.8
Concreto armado	1	0.3	--	-----
TOTAL	360	100.0	154	100.0

CUADRO Nº 5.2

Material	Zona	Total Viviendas	Gradaciones de daños	Nº de viviendas según gradaciones de daños	%
Adobe	I	324	Grado IV	15	4.6
			Grado III	60	18.5
			Grado II	242	74.6
			Grado I	7	2.3
Ladrillo	I	35	Grado IV	-	
			Grado III	-	
			Grado II	1	2.9
			Grado I	34	97.1
Concreto armado	I	1	Grado IV	-	
			Grado III	-	
			Grado II	1	100.0
			Grado I	-	
Adobe	II	139	Grado IV	12	8.6
			Grado III	42	30.2
			Grado II	80	57.5
			Grado I	5	3.7
Ladrillo	II	15	Grado IV	-	
			Grado III	-	
			Grado II	-	
			Grado I	15	100.0

Analizando los cuadros (5.1 y 5.2) se observa que los daños en la Zona II han sido porcentualmente mayores que en la Zona I, situación que corrobora la influencia de las condiciones locales del suelo de cimentación en la gradación de los daños de las viviendas, durante un evento sísmico de importancia. Esto se explica porque las estructuras flexibles, como el caso de las edificaciones de adobe, tienen períodos naturales de vibración similares al período de vibración de suelos blandos, tal como el suelo arenoso de compacidad relativa media que predomina en la Zona II; esta circunstancia, denominada fenómeno de resonancia, hace que sean más vulnerables a los daños por efecto de terremotos, posibilitando, además, el mecanismo de la falla progresiva que conlleva finalmente al colapso total de las mismas.

Los daños que sufrieron las edificaciones del distrito de Mala han sido similares a los acaecidos en el distrito de San Antonio. No se tienen cifras significativas de cada uno de los tipos de viviendas existentes en lo que se refiere a los materiales empleados en la construcción, aunque, como se mencionó anteriormente, las construcciones de adobe son las predominantes; asimismo, no fue posible relacionar la consistencia del suelo y el efecto de los daños producidos por el sismo, porque razones de índole económica, principalmente, imposibilitaron realizar un estu -

dio de Mecánica de Suelos en el distrito mencionado.

De las 2258 viviendas existentes en el distrito de Mala (1434 en el área urbana y 824 en el área rural, según el censo de 1972) una información proporcionada por las autoridades del lugar permite estimar que 128 viviendas resultaron dañadas en el grado IV, 276 dañadas en el grado III, 1189 en el grado II y 665 en el grado I; éstas últimas, construcciones de ladrillo en su mayor parte, están ubicadas en los centros mineros Raúl y Condestable.

5.8.0 ANALISIS DE LAS FALLAS

En la zona afectada, ya mencionada, el adobe es el material de construcción predominante de las viviendas; éstas, en su mayor parte, son de un piso con techos de madera o de caña con barro, simplemente sobrepuestos a los muros. Son poco frecuentes las casas de adobe de dos niveles.

Uno de los problemas que plantean las construcciones de adobe, y probablemente el más importante, es su poca resistencia a la tracción; por este motivo cuando un sismo les somete a los esfuerzos de tracción son más susceptibles de colapsar con el consiguiente grave peligro para las personas que las habitan. Otras fallas inducidas por la ac

ción sísmica a las construcciones de adobe son las ocasionadas por los esfuerzos de flexión y de corte.

Se ha evidenciado en la zona de estudio que las fallas de las viviendas de adobe, se deben, la mayor parte de las veces, a la conjunción de las siguientes causas:

- a) Mala calidad de los adobes, aunada al dimensionamiento inadecuado de los mismos.
- b) La altura excesiva de los muros (3 ó más metros) así como su poco espesor y desmedida longitud.
- c) La disposición asimétrica de los muros con respecto a los dos ejes principales de la construcción.
- d) La insuficiente densidad de muros en la dirección paralela a la fachada.
- e) Sistema constructivo deficiente: uniones entre los muros transversales defectuosas, vanos de puertas y ventanas muy anchos, dinteles con poco empotramiento, etc.
- f) Las condiciones desfavorables del suelo de cimentación.
- g) La falta de adecuadas cimentaciones que permitan aislar a las viviendas de la humedad y que transmitan eficientemente las cargas de éstas al suelo de cimentación.

Estos factores negativos, acentuados por la gran actividad sísmica de nuestro país, hacen imperiosa la necesidad de mejorar las construcciones de adobe. Es evidente que el adobe no puede elaborarse para resistir eficientemente las fuerzas sísmicas; asimismo, es imposible prescindir de las viviendas de este material, dada la gran escasez de viviendas que aqueja nuestro país, y porque su bajo costo las hacen más accesibles a la economía de las clases necesitadas.

Es posible mejorar la resistencia sísmica de las edificaciones de adobe si se toman las siguientes providencias:

- a) Si se edifican con cimientos corridos apropiados que las protejan de la humedad y que imposibiliten los asentamientos diferenciales.
- b) Si se emplean adobes y morteros de buena calidad, de preferencia los estabilizados.
- c) Si se mejora el proceso constructivo.
- d) Si se observa una adecuada simetría en la disposición de los muros.
- e) Si los ambientes o cuartos son relativamente pequeños (4 m. de largo o ancho como máximo). La altura de los mismos no debe sobrepasar a los 3 m. (1 piso).

- f) Si se colocan vigas collar de suelo-cemento y caña (carrizo), a nivel de puertas y ventanas, diseñadas y reforzadas para resistir esfuerzos de tracción, corte y flexión, a fin de eliminar las fallas de encuentros de muros.
- g) Si las uniones entre muros son reforzadas incorporando caña en las juntas horizontales.
- h) No deben construirse sobre suelos blandos o sueltos, ni en suelo de capacidad portante inferior de 2 kg./cm^2 .
- i) Las construcciones deben tener techumbres livianas.

En el anexo B se presenta la Propuesta de Normas de Diseño Estructural para Construcciones de Adobe y Bloques Estabilizado, elaborado por el Comité de Ingeniería Anti-sísmica de la U.N.I., que compendia una investigación detallada sobre el mejoramiento de las construcciones de adobe. Asimismo, en el anexo C se exponen algunas consideraciones sobre la elaboración de los adobes y la construcción con este material.

Las viviendas de ladrillo no han sufrido daños de consideración; sin embargo, cabe indicar que muchas de ellas han sido construídas deficientemente; asimismo, presentan algunas fallas de estructuración y de diseño que las hacen

débiles ante las sollicitaciones sísmicas. Entre las deficiencias más notorias en este tipo de construcciones se encuentran:

La mala calidad de los materiales (ladrillos con resquebrajaduras, deformes, salitrosos, cocidos in suficientemente, etc.; concreto constituido por a gregados de granulometría inadecuada y con impurezas, etc.);

Los muros portantes dispuestos disimétricamente con respecto a los ejes principales de la edificación, además aquéllos no son convenientemente reforzados o si lo son el refuerzo no es debidamente anclado a la cimentación y al techo.

La densidad de muros disímil e insuficiente en las direcciones paralelas y perpendiculares a la fachada.

La carencia de vigas collar.

Para obviar las deficiencias mencionadas, es recomendable que en los proyectos de las viviendas de ladrillo se tomen en consideración una densidad de muros equilibrada en las dos direcciones principales; que las columnas y vigas de amarre sean conectadas cuidadosamente; que las columnas se ubiquen en las esquinas y a no más de 5 m. una de otra; que los muros se dispongan simétricamente; etc.

Además, es menester que la calidad de los materiales de construcción sean congruentes con las especificaciones de diseño; asimismo, éstos deben estar sujetos a un control de calidad, y que el procedimiento constructivo observe estrictamente todas las normas especificadas en los planos, con la finalidad de disminuir el riesgo de daños durante un sismo.

Los perjuicios de las construcciones de concreto armado no han sido considerables por circunstancias fortuitas, ya que exhiben estructuraciones no suficientemente idóneas para resistir fuerzas laterales. Específicamente, en el caso de las escuelas secundarias de San Antonio y Mala, éstas son estructuras aporricadas de concreto armado, de dos pisos y con paredes de albañilería. Las paredes transversales de estas edificaciones, que se extienden desde el piso hasta el techo, han sido construídas en forma alternada a fin de configurar adecuadamente los ambientes de las clases; en cambio, las paredes longitudinales no van directamente desde el piso hasta el techo, ya que en la parte delantera aquéllas son altas y con pequeñas ventanas inmediatamente debajo del techo, y en la parte posterior las paredes son de poca altura y con ventanas grandes. Esta disposición de los muros o paredes hace que la longitud libre de las columnas delanteras frente a un movimiento del edificio en

la dirección horizontal sea corta y motiva, en consecuencia, que éstas sean más rígidas que las posteriores; de esta manera cualquier movimiento longitudinal ocasiona grandes fuerzas de corte en las columnas delanteras, especialmente en las del primer piso, siendo la causa de que fallen en primera instancia. Esta coyuntura asociada a la construcción deficiente (concreto dosificado y mezclado defectuosamente, anclajes insuficientes del refuerzo, estribos de las columnas de diámetros pequeños y muy espaciados, etc.) y la falta de una supervisión técnica rigurosa durante la ejecución de aquéllas, suscitaron los daños en las estructuras en referencia. Por este motivo, se deben tomar las medidas necesarias para impedir que el incremento de la fuerza cortante en las columnas -por ejemplo, evitar el empotramiento de las columnas con los muros y anclar éstos adecuadamente a fin de que no se desprendan- ocasione en futuros sismos fallas localizadas en las estructuras, de mayor significación que las ya producidas.

En el anexo fotográfico adjunto se muestran las fallas sufridas en algunas edificaciones de la zona afectada.

5.9.0 PREVENCIÓN DE DESASTRES SISMICOS

Desde los albores de la humanidad se han producido innumerables terremotos, muchos de ellos devastadores, originando grandes pérdidas materiales: la destrucción de la obra realizada por el hombre, y la muerte de un gran número de personas como consecuencia directa del sismo, o por incendios, maremotos o aluviones asociados a él.

Los efectos de un terremoto se aprecian, también, por las consecuencias mediatas que puedan determinar en la región o país afectado. En efecto, al daño directo del sismo se suma la brusca paralización de los planes de desarrollo con las repercusiones, principalmente económicas, que es de suponer, cuando se trata de un país en vías de desarrollo. El cambio de orientación en la aplicación de los recursos disponibles puede ocasionar en el país afectado una crisis imprevisible, cuya duración será tanto mayor cuanto más pequeña sea su capacidad financiera para resarcirse de la catástrofe.

Las estadísticas demuestran que las vidas perdidas a causa de los terremotos y sus consecuencias alcanzan, en el transcurso del presente siglo, a un millón, lo que da la cifra de 13,000 muertos como promedio anual. El desa -

rrollo de los centros urbanos y la tasa poblacional creciente tienden a incrementar estos efectos.

Además, la experiencia evidencia que toda catástrofe sísmica se proyecta, también, a los otros rubros vitales : vivienda, servicios esenciales de agua potable y alcantarillado, energía, servicios asistenciales, actividades productivas, organización administrativa, etc., comprometiendo seriamente la zona afectada.

No es sencillo evaluar en toda su magnitud los daños sufridos en un país o región afectada a causa de un terremoto, pero es urgente tomar conciencia de sus repercusiones incontrolables. Solamente formando conciencia sísmica se conseguirá la colaboración de todos, a fin de aminorar los desastrosos efectos que periódicamente ocasiona la sismicidad de la región.

La prevención de una catástrofe debe ser un proceso continuo en el tiempo, y no exclusivamente relacionada con la emergencia que se genera al producirse un movimiento sísmico. Por ello es necesario, además de planificar las medidas generales de auxilio a adoptarse cuando sobrevenga la emergencia, las actividades preventivas y de recuperación a desarrollarse durante los períodos de escasa o nula acti

vidad sísmica, ya que ellas tienen una contribución preponderante en la prevención de catástrofes.

5.9.1 ANALISIS DE LA ACCION FRENTE A CATASTROFES

Se distinguen tres períodos o etapas en la acción que corresponde emprender frente a una situación de catástrofe. Estas etapas guardan relación con el factor tiempo y exhiben, naturalmente, un ordenamiento cíclico.

Estas etapas son: ANTES DE, DURANTE Y DESPUES DE la catástrofe que son en esencia medidas preventivas, medidas de emergencia y medidas de recuperación, respectivamente.

5.9.1.1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Todas las medidas preventivas que realice un país o región ANTES DE un evento sísmico gravitarán en la disminución de los daños y quizás en evitar el desastre.

La acción preventiva puede incluir las siguientes medidas:

- 1.- Es preciso realizar, en primera instancia, una planificación general que permita definir los campos de actividades y lineamientos generales de la organización del país, en relación con cada una de las etapas que esta-

blece una situación de desastre. Debe establecerse una adecuada coordinación de actividades, asignando funciones específicas a los distintos organismos oficiales, bajo un control centralizado a cargo del Sistema Nacional de Defensa Civil.

2. Desde el punto de vista educacional, es conveniente abordar separadamente la problemática del público, en general, y del personal especialmente preparado para actuar durante la emergencia. El público, o sea la población de una zona de cierto nivel de riesgo sísmico, debe estar preparado para actuar racionalmente durante un sismo, para así observar conductas esperadas y debidamente asociadas a la seguridad de los espacios físicos donde se desenvuelve. Su preparación incluye, además, que tenga capacidad para estimar los peligros potenciales antes, durante y después de la emergencia y el conocimiento de la organización de emergencia que se activará desde el momento en que sobreviene el sismo.

Es importante, también, que el público esté adiestrado en cuantificar adecuadamente la intensidad del fenómeno y que tenga un conocimiento básico de las técnicas de reparación de sus viviendas.

La rehabilitación de un país, paralizado súbita

mente por una catástrofe sísmica, es un proceso cuyo éxito depende fundamentalmente del esfuerzo de sus habitantes. Por esta razón, no se exagera al asegurar, como una de las medidas previsionales, la educación del pueblo en materia sísmica.

En nuestro país muchos habitantes son ignorantes en lo que concierne a los sismos y sus consecuencias, no obstante que en más de una ocasión han sufrido los embates de un fenómeno telúrico. Para muchos de ellos, el fenómeno sísmico es una fatalidad contra la cual nada se puede hacer; esta circunstancia es motivo de la toma de actitudes contraproducentes que conducen a magnificar las consecuencias.

El personal especializado puede subdividirse en tres categorías: grupos de auxilio, personal técnico de mando medio y profesionales universitarios; cada una de ellas debe ser educada dentro del papel que le correspon-

3. La investigación en los campos de la Sismología, Geología, Mecánica y Dinámica de Suelos e Ingeniería Antisísmica, por parte de las universidades e institutos de investigación del país, es otra de las medidas preventivas a considerar.

Pueden identificarse las siguientes áreas preferenciales de investigación: Zonificación Sísmica, a nivel regional o local; Normas para el Diseño Antisísmico; Sistemas y Detalles Constructivos; Sistemas de Servicios Públicos que se adecúen a la eventualidad (agua potable, alcantarillado, energía, etc.) y Salud, en todos sus aspectos que inciden en una situación de emergencia.

4. Es necesario abocarse a la elaboración de Proyectos y Estudios Específicos relacionados con los siguientes campos: Normas y Códigos de construcción; cuantificación del fenómeno sísmico y sus efectos; evaluación de la seguridad de las construcciones e instalaciones existentes; material informativo sobre construcción y reparación de estructuras sismoresistentes y análisis de los recursos necesarios para afrontar la emergencia.
5. Debe existir una coordinación continua con los Organismos Internacionales, lo que permitirá aportar información al problema regional común, analizar la experiencia obtenida de desastres similares en otros países.

5.9.1.2 MEDIDAS DE EMERGENCIA

La acción DURANTE la emergencia planteada por el fenómeno sísmico comprenderá los siguientes aspectos gene-

rales: información, activación de los mecanismos de auxilio, cuantificación preliminar de los daños, asignación de recursos, actividades de emergencia y normalización de los servicios básicos; estos aspectos guardan entre sí una relación de precedencia relativa en el tiempo.

La información debe tener dos sentidos: hacia los organismos oficiales o autoridades, y desde ellos a la población. Los organismos oficiales recibirán la información a través de la red de comunicaciones sobre la intensidad estimada del sismo, la extensión de la zona afectada y la naturaleza genérica de los daños. Esta información será posteriormente transmitida a la población, en particular a la afectada, en forma de: magnitud de la emergencia, medidas protectoras inmediatas a tomarse y la naturaleza, ubicación y función de los organismos de auxilio activados para mitigar la catástrofe.

El nivel de los mecanismos de auxilio a activarse dependerá de la extensión territorial afectada por el sismo y de las características de la información recibida. Según indiquen los parámetros puede ser necesario actuar sólo a nivel local, si el fenómeno está circunscrito a una zona que cuenta con los recursos necesarios para la acción; a nivel regional cuando toda una región es afectada;

a nivel nacional si la gravitación del problema afecta en forma importante al país; y a nivel internacional en el caso de que la catástrofe sea de proporciones considerables y que escapa al ámbito nacional.

La cuantificación preliminar de los daños debe realizarse casi de inmediato y en forma sistemática y planificada; esta evaluación primaria debe extenderse a personas, estado de viviendas, servicios de energía, agua y alcantarillado, redes de comunicaciones y de transporte, daños a las actividades productivas, etc.

La cuantificación de los daños permitirá efectuar una distribución y asignación racionales de los recursos disponibles, durante la emergencia.

La actividad de emergencia se iniciará tan pronto se tenga noticias de la catástrofe. Su acción coordinada definitiva, para la circunstancia específica, se alcanzará una vez cuantificados los daños y asignados los recursos. La actividad de emergencia debe comprender los siguientes rubros: salud, albergue y alimentación, servicios esenciales, demoliciones imprescindibles, reparaciones primarias y construcciones auxiliares provisionales.

Finalmente, se dan las medidas necesarias para la normalización más completa posible de los servicios básicos (abastecimiento de agua potable, alcantarillado, comunicaciones, transporte, etc.).

5.9.1.3 MEDIDAS DE RECUPERACION

Pasada la emergencia se inicia todo un proceso específico, con alcance y plazos definidos, cuyo propósito fundamental es la restauración de todas las instalaciones y las actividades de la región afectada por el sismo. La acción DESPUES DE debe efectuarse en una secuencia adecuada, que conduzca a: la cuantificación definitiva de los daños, la formulación de los planes de reconstrucción y rehabilitación, y la ejecución de los planes.

La cuantificación de los daños debe realizarse en forma completa y en base a todas las informaciones y estadísticas que es posible obtener. La evaluación debe efectuarse por sectores, considerándose los siguientes como los principales: personas; salud y servicios de salud, incluyendo la restauración de los establecimientos asistenciales y hospitalarios; viviendas; servicios públicos y educacionales; servicios esenciales de agua potable, de alcantarillado y de energía; infraestructura de transporte; actividades y sistemas productivos.

El panorama completo de los daños, y el conocimiento de los recursos disponibles, permiten determinar el alcance de la rehabilitación y formular los distintos planes específicos de reconstrucción y rehabilitación en cada uno de los sectores considerados. No se trata solamente de restablecer lo que existía antes de la catástrofe sino más bien formular planes de desarrollo que permitan proyectar a la región afectada hacia el futuro.

Como término de esta etapa se procederá a materializar los planes formulados, con la participación activa de los habitantes.

CAPITULO VI

EXPEDIENTE URBANO Y REGIONAL DE LOS VALLES DE CHILCA, MALA Y ASIA

INTRODUCCION

La experiencia nos indica que muchos países, incluido el nuestro, se ven obligados a tomar decisiones precipitadas como resultado de no contar con un adecuado planeamiento regional, realizado en forma científica e independiente de cualquier tipo de interés particular.

La metodología empleada en el presente estudio se basa en los factores fundamentales que intervienen en el Planeamiento Regional: el Hombre y la Tierra, y la resultante de la interacción de ambos: el Medio Racionalizado.

En la primera parte de este capítulo estudiaremos a la Tierra en su estado natural con todos sus elementos que hacen posible la existencia del Hombre; y es lo que denominaremos el Medio Físico, en este caso el de la microregión de Chilca, Mala y Asia.

En segundo lugar, se estudiará al Hombre de esta microregión, en sus aspectos fundamentales: como usuario y como agente transformador del Medio Físico.

En tercer término, se analizará el resultado del encuentro e interacción del Hombre y el Medio Físico, lo que llamaremos el Medio Racionalizado.

Los conglomerados urbanos nucleados, posteriormente, son establecidos a partir del análisis gravitacional correspondiente.

Seguidamente se hace la diagnosis de las actividades económicas así como se establecen algunos objetivos de éstas, con el ánimo de mejorar la situación actual.

También se mencionan algunas normas de equipamiento social para la microregión, que pueden ser utilizadas para mejorar la cobertura de servicios tales como la salud, la recreación y la educación.

Finalmente, se mencionan la importante correlación existente entre la Planificación Urbana y Regional y la Ingeniería Antisísmica, y algunos conceptos sobre los Planes Reguladores, tan importantes para orientar el crecimiento racional de los centros poblados.

De todo lo dicho anteriormente, se puede apreciar la gran complejidad que implica un estudio de esta naturaleza, ya que se requeriría del concurso de personas especializadas en muchas disciplinas, durante un largo tiempo, para realizar a cabalidad tal estudio.

El presente trabajo es un esquema de lo que debería hacerse en futuros estudios de la microregión que nos ocupa; sólo pretende brindar algunas líneas directrices para la reconstrucción y rehabilitación de una de las zonas más afectadas por el sismo del 3 de octubre de 1974, grave situación que no ha sido suficientemente conocida.

6.1.0 MEDIO FISICO

6.1.1 EXTENSION Y FISIOGRAFIA

La microregión en estudio está enmarcada entre las siguientes coordenadas geográficas: 12°30' a 12°53' Latitud Sur y 76°15' a 76°46' Longitud Oeste, abarcando una su

perficie aproximada de 1780 km²., excluída la correspondiente al océano.

En el capítulo 2, acápite 2.1.0 se ha mencionado los rasgos fisiográficos de la zona en estudio, correspondiendo éstos a la fisiografía típica de la costa peruana.

6.1.2 CLIMA Y METEOROLOGIA

6.1.2.1 CLIMA

El clima dentro de la microregión varía desde el tipo semicálido hasta el cercanamente frío, pasando por una gama de variaciones de clima de acuerdo a la altitud. Sin embargo, el área poblada y utilizada por el ser humano está situada predominantemente en los niveles más bajos, donde el suelo dispone del riego fluvial. Las zonas más altas son desérticas, a excepción de las localidades donde están asentadas las minas que se explotan.

6.1.2.2 ELEMENTOS METEOROLOGICOS

a) HUMEDAD RELATIVA:

La humedad relativa es mayor en la costa que en la sierra, siendo la humedad en la primera zona mayor durante el invierno, mientras que en la segunda lo es en el verano. (1)

b) VIENTOS

El viento dominante en la Sierra es el Sur con velocidad promedio de 22 km/h. que no constituye problemas para las actividades humanas. En la Costa, el viento dominante es el Sur o Suroeste con una velocidad promedio de 8 a 12 km/h. (1)

c) PRECIPITACION PLUVIAL

En la Costa varía escasos milímetros, mientras que en las zonas más altas se dan precipitaciones mayores. Registro obtenidos han permitido elaborar el siguiente cuadro que relaciona la altitud con la precipitación.

CUADRO Nº 6.1

ALTITUDES (m.s.n.m.)	PRECIPITACION (mm.)
0 - 800	0 - 20
800 - 2000	125
2000 - 3000	300
3000 - 4000	400
más de 5000	1000

Fuente: ONERN (1)

Según esta distribución de las precipitaciones pluviales, la microregión puede ser dividida en dos zonas:

1.- Cuenca seca, comprendida entre el nivel del mar y la cota 2000 m.s.n.m. donde la precipitación es menor de 250 milímetros.

2.- Cuenca húmeda, que comprende cotas superiores de los 2000 m.s.n.m. lo que según algunos autores tipifica las características de la zona sierra.

6.1.3 SUELOS

6.1.3.1 ESTUDIO AGROLOGICO

Siendo el valle de Mala el más importante dentro de la microregión, la O.N.E.R.N. (1) ha realizado un estudio a un nivel semidetallado del suelo desde el punto de vista agrícola.

No contándose con datos e informaciones sobre los suelos de los valles de Chilca y Asia, circunscritos en la microregión, nos limitaremos al estudio de los suelos de Mala.

El estudio en referencia arroja sobre un total de 6450 hectáreas, unas 3500 hectáreas (48.7%) de tierras

aptas para la agricultura bajo riego (Clases 2 y 3); además, existen 1731 hectáreas (26.8%) de tierras de aptitud limitada (Clase 4) y 1579 hectáreas (24.5%) de tierras de productividad dudosa o nula (Clases 5 y 6). Del total de las 6450 hectáreas, existen 4614 hectáreas (72.3%) de tierras que presentan problemas de salinidad y/o mal drenaje, sobre todo en la parte inferior del valle y en la zona de inundación del río.

Con el fin de proporcionar una rápida idea del paisaje edáfico dominante en el valle de Mala, se presenta en el cuadro Nº 6.2 un agrupamiento general de los suelos por sectores y que guarda estrecha relación con las características fisiográficas del área en estudio. Además, en el cuadro Nº 6.3 se muestra la clasificación de los suelos del valle según su aptitud para el riego, donde las subclases indicadas significan: S, deficiencias por suelos; T, deficiencias por topografía; L, deficiencias por sales y W, deficiencias por drenaje.

El plano Nº 5, que se adjunta, nos permite visualizar la clasificación de las tierras del valle de Mala.

CUADRO Nº 6.2

PAISAJES FISIOGRAFICOS	LUGAR	SUELOS INCLUIDOS
Terrazas no inundables	Calango, Correviento	Calango
Abanicos aluviales	Totoral, La Capilla, Tutumo, Aspitia, parte alta de Flores y San Antonio	La Cruz, Flores, San Andrés, Flores Cóncavo, Abanico, Abanico Cóncavo.
Laderas	Tutumo hasta el puente del río Mala	Laderas
Terrazas inundables	San José, orillas del río Mala, aguas abajo del puente.	Ribereño, San José Ribereño húmedo, Tutumo, Barcelona.
Llanura aluvial	Mala, La Huaca	Mala, Corral Viejo Mala inclinado, Bujama, Barcelona, San José húmedo.
Llanura fluvio-marina	Parte baja de pampa Barcelona y Copacabana	Copacabana, Arenal Playa
Piso de Valle	Cauce del río	Cauce del río
Arena montañosa	Cerros	Cerros

FUENTE: O.N.E.R.N. (1)

CUADRO Nº 6.3

CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD PARA EL RIEGO DE LOS SUELOS

CLASE	SUPERFICIE		SUB-CLASE	SUPERFICIE		SUELOS INCLUIDOS
	Ha	%		Ha	%	
2	2401	31.7	S	194	3	Tutumó
				386	6	Calango
			SL	816	12.6	Mala
3	1099	17.0	STL	565	8.8	Flores
				80	1.3	Mala inclina- do
			SL	82	1.3	Ribereño
4	1731	26.8	STL	305	4.7	San Andrés
				76	1.2	San Andrés in- clinado, Flo- res cóncavo
				61	0.2	
5	343	5.3	SLW	575	8.9	San José
				860	13.2	Abanico
				25	0.4	Abanico cóncavo
6	1236	19.2		44	0.7	Ladera /vó
			SLW	62	1.0	Ribereño húme- do
				136	2.1	Arenal /dó
5			604	0.4	Bujama	
6			SLW	343	5.3	Barcelona
6	1236	19.2	SLW	46	0.7	Copacabana
				74	1.1	Corral Viejo
			S	645	10.0	Cauce de río
	171	2.7	Playa			
	294	4.6	Cerros			
	6	0.6	Tierras misce- lneas			
TOTAL	6450	100.0		6450	100.0	

FUENTE: O.N.E.R.N. (1)

6.1.3.2 ESTUDIO DE LA MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de la Mecánica de Suelos fue realizado sólo en el distrito de San Antonio, que forma parte de la microregión.

En el capítulo IV se ha mencionado al detalle los resultados de dicho estudio, y que a un nivel preliminar han permitido dividir a la ciudad, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos, en dos zonas a saber:

Zona I, constituida por suelos gravosos, de capacidad portante de 4 kg/cm².,

Zona II, conformada por suelos arenosos, de capacidad portante de 0.9 kg/cm²..

6.1.4. ECOLOGIA

No contándose con informaciones sobre la ecología de los valles de Chilca y Asia, mencionaremos sucintamente la configuración medio-ambiental del valle de Mala. Este valle presenta las seis formaciones vegetales o zonas de vida natural que se indican en el cuadro Nº 6.4.

CUADRO Nº 6.4

Formaciones Ecológicas	m.s.n.m.	Sectores de Uso
Desierto Subtropical 0 - 800 m.s.n.m.	0 - 400	Area agrícola de valle
	400 - 800	Area agrícola de quebrada
	0 - 400	Pampas eriazas
	300 - 750	Areas de lomas
	0 - 100	Area hidromorfias y salinizadas
	0 - 800	Colinas y montañas sin vegetación
	800 - 2000	Area agrícola de quebrada y pié de monte
	800 - 2000	Montañas con malezas poco densas
Estepas Espino-a montano		
Estepa montano		
Páramo muy húmedo sub-alpino		
Tundra Pluvial Alpino		

FUENTE: O.N.E.R.N. (1)

6.1.5 RECURSOS HIDRICOS

6.1.5.1 GENERALIDADES

Se mencionarán de una manera general los recursos hídricos existentes y los problemas que plantean en su uso actual y futuro.

El desarrollo agrícola de la zona se halla supeditado a la disponibilidad de agua, recurso que no siempre se presenta en la cantidad y en los momentos oportunos. El Valle de Mala cubre en forma parcial sus requerimientos de agua, empleando básicamente el recurso hídrico superficial que consiste únicamente en las descargas naturales de la cuenca hidrográfica, ya que no existen obras de regulación de importancia ni de derivación de cuencas aledañas que mejoren su régimen natural y aseguren la disponibilidad total y oportuna del recurso. Es por ello que la cuantificación y la evaluación del recurso hídrico se hace imprescindible para la elaboración de cualquier programa racional de aprovechamiento del mismo.

El análisis y la evaluación de la hidrología del Río Mala ha sido efectuado utilizando los registros de descargas diarias de 1939 a 1972, en la suposición de que las características de estas muestras se han de mantener en forma permanente.

El análisis de esta información pone de manifiesto que el río Mala presenta características de torrente. La descarga máxima controlada ha sido de $264 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y la mínima de $0.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$, que equivale a un volumen medio anual de $521\,143,000 \text{ m}^3$ (1).

Para subsanar la deficiencia del recurso hídrico superficial, principalmente en la parte baja del valle, se hace uso del agua subterránea (manantiales, galerías filtrantes, etc.).

La distribución de los pozos de explotación de las aguas subterráneas en el área en estudio se muestra en el plano N° 1 de las Hidroisohipsas, elaborado por la Subdirección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura. (2)

6.1.5.2 HIDROLOGIA DEL RIO MALA

Como referencia del potencial del Río Mala se presenta un cuadro resumen de sus descargas, para el ciclo hidrológico 73-74 elaborado por el SENAMHI.

CUADRO Nº 6.5

M E S	RESUMEN	ANUAL	
		VOLUMEN	TOTAL (m3)
Setiembre		4'636,397	
Octubre		3'424,864	
Noviembre		11'404,800	
Diciembre		53'086,752	
Enero		129'997,440	
Febrero		232'148,160	
Marzo		192'697,920	
Abril		57'991,680	
Mayo		15'162,336	
Junio		61'585,408	
Julio		3'924,288	
Agosto		3'003,437	
SUMA		719'063,482	

Analizando el cuadro anterior se observa que el río Mala tiene un comportamiento estacional, descargando el 70% de su volúmen promedio anual durante el período de avenidas y el 6% en el período de estiaje.

6.1.6 RECURSOS MINEROS

En la microregión en estudio se localizan diversos depósitos de minerales, siendo la minería metálica el rubro que aparece más importante, sobre todo, en la cuenca del río Mala, constituyendo una de las principales fuentes de trabajo para los pobladores de la microregión.

Las explotaciones de los depósitos metálicos más importantes, en actividad, se encuentran ubicadas en la parte baja de la cuenca y son las siguientes: mina Condesta - ble y mina Raúl, siendo los minerales explotados: cobre, plomo, hierro, molibdeno y de ellos y en proporción ampliamente mayor el cobre (99% en 1971) (1).

6.1.7 APRECIACION DEL VALOR ECOLOGICO DEL MEDIO

La microregión en estudio presenta un territorio muy accidentado y de dificultosa acceso en la zona alta de la misma, pero la parte baja, que es la habitada y trabajada, es de fácil acceso. El elemento físico dominante en el interior lo constituye las estribaciones andinas y en el litoral la faja desértica, enmarcada entre aquéllas y el mar. Esta faja desértica está jalonada esporádicamente por oasis de agricultura a base de regadío (3 deltas agrícolas: Mala con 6450 Ha., Chilca y Asia), de cierta significación y que penetran en el continente por profundos valles, que en la parte media son más propiamente quebradas y cañones, éstos últimos verdaderos obstáculos para la integración de la costa y la sierra, y terminan en su parte alta (sierra) en dispersas y pequeñas superficies laborales para la agricultura.

A esta problemática se le agrega el fuerte fraccio-

namiento ecológico del área en la sierra; en el litoral, la situación es distinta, porque las barreras andinas se disuelven y sólo los desiertos, entre oasis y oasis, producen el aislamiento entre los asentamientos humanos.

Desde el punto de vista de sus recursos naturales, las áreas que se analizan presentan problemas para la incorporación de nuevas tierras a la agricultura, en especial, por la fundamental limitación del recurso agua.

Pero esta situación que resulta de la conjunción de los factores climatológicos si bien ha impedido la existencia de grandes cursos de agua dulce, ha beneficiado a la costa con benignas condiciones de habitabilidad para el ser humano, dotándola de una gran riqueza pesquera en su litoral marino; de otro lado, la ausencia de suelos y ecología apta para la agricultura es compensada por el potencial de recursos mineros, metálicos en explotación y no metálicos hasta el momento incipientemente explotados.

6.2.0 EL HOMBRE

6.2.1 VOLUMEN DE POBLACION

En relación a este punto presentamos, en base a las estadísticas de la ONEC, (3) los siguientes cuadros de análisis:

CUADRO Nº 6.6

EVOLUCION DE LA POBLACION RURAL-URBANA DE LA PROVINCIA DE
CAÑETE

Años	Población Total	Población Urbana		Población Rural	
		Habitantes	%	Habitantes	%
1940	48,344	18,313	37.88	29,941	62.12
1961	72,226	30,311	41.96	41,915	58.04
1972	90,559	47,218	52.20	43,341	47.80

CUADRO Nº 6.7.

EVOLUCION DE LA POBLACION RURAL-URBANA EN LA MICROREGION

Años	Población total	Población Urbana		Población Rural	
		Habitantes	%	Habitantes	%
1940	13,820	5,621	40.67	8,199	59.33
1961	20,109	8,518	42.36	11,596	87.64
1972	26,499	14,904	56.24	11,595	43.76

Analizando los cuadros se observa que en su conjunto la microregión presenta un fuerte grado de urbanización, pues el 56.24% de la población se concentra en ámbitos urbanos y la población rural que se registra, se encuentra fuertemente conectada a las áreas urbanas en la parte baja y muy fraccionada y dispersa en la serranía.

Los censos efectuados por la ONEC permiten estimar una razón de crecimiento poblacional anual del orden de 2.2% dentro de la provincia de Cañete y de 2.4% para la microregión en estudio.

6.2.2 COMPOSICION DE LA POBLACION EN LA MICROREGION

Para los fines del análisis se ha elaborado el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 6.8

Años	Población total	H A B I T A N T E S			
		Hombres	%	Mujeres	%
1940	13,820	7,365	53.3	6,455	46.7
1961	20,109	10,524	52.3	9,585	47.7
1972	26,499	11,832	44.6	14,667	55.4

Fuente: O.N.E.C. (3)

El cuadro anterior nos permite opinar que en los últimos 32 años la emigración de la población masculina joven ha ido en aumento. Esto es explicable por la falta de oportunidades de trabajo y de capacitación para el joven de la microregión, además de la carencia de servicios sociales que se acusa en la misma. Una solución a este problema sería:

- 1) dar oportunidades de trabajo adecuadamente remuneradas;
- 2) provisión de los servicios sociales indispensables (vivienda, educación, salud, etc.);
- 3) implementar centros de capacitación y de especialización a nivel intermedio, que preparen y formen técnicos especialistas para el trabajo en el sector agrario, industrial, artesanal, minero y pesquero, que habría que desarrollar en la micro región.

6.2.3 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

No se cuenta con datos específicos de la población económicamente activa, en la microregión, pero puede decirse que en ella existe el grave problema de desocupación, y la falta de oportunidades de trabajo origina la emigración del poblador de la microregión, situación crítica que deja sin explotación importantes volúmenes de recursos natura -

6.2.4 CALIFICACION DE LA POBLACION

Debido a la carencia de datos estadísticos en la microregión, respecto a la calificación de la población, el autor del presente estudio, conocedor de la zona, estima que el 90% de la población cumple funciones eminentemente agrope

cuarias a nivel de una agricultura extensiva, pobre y descapitalizada, de muy bajo nivel de productividad.

Una información obtenida estima que unas 830 personas fueron ocupadas en las labores mineras (1971) que representó el 1,54% de las 53,576 personas consideradas para dicha actividad en todo el país. (1)

6.2.5 NIVEL CULTURAL

La educación en el área en estudio, en términos generales, es insuficiente e inadecuada y su distribución espacial y en grados no está racionalizada.

La educación primaria se halla en un proceso de relativa expansión.

La educación secundaria absorbe en menor grado a la población escolar. La forma en que se da la expansión de la educación, también refleja el desequilibrio existente entre la Costa y la Sierra, apareciendo una tasa más alta de escolaridad en la Costa que en la Sierra.

Se muestra el siguiente cuadro de la evolución intercensal de la población en edad escolar primaria (5-14 años) de la microregión.

CUADRO Nº 6.9

Año	Población en edad escolar	%	Población total	%
1940	3,712	26.86	13,820	100
1961	4,846	24.09	20,109	100
1972	7,200	27.17	26,499	100

Fuente: O.N.E.C. (3)

En líneas generales podemos indicar que el nivel cultural de los hijos van superando al de los padres, lo que es un futuro abierto a mejores perspectivas culturales.

6.3.0 MEDIO RACIONALIZADO

6.3.1 DISTRIBUCION DE LA POBLACION EN EL TERRITORIO

La población dentro del territorio en estudio se encuentra distribuída en diversos centros poblados, siendo los más importantes: Mala, Chilca, San Antonio, Flores y Rosario de Asia, situados en los conos aluviales de los valles y al pie de la carretera Panamericana; Omas, Calango, Cata, Quisque y Correviento, menores y situados en la cabecera de los valles, al término, en general, de la quebrada e inicio del delta agrícola.

MALA.- Este centro poblado está ubicado sobre la carretera Panamericana Sur. Es la más importante población del valle, poseía una población total de 3,600 habitantes (1972) representando el 13.6% de la población de la microregión aproximadamente. En las últimas décadas ha adquirido gran importancia, habiéndose convertido en el principal centro administrativo, comercial, agrícola y de servicios, a punto de que es causa del estancamiento de los otros centros poblados del valle.

Este centro poblado núcleo a un conglomerado urbano de centros satélites a menos de treinta minutos de recorrido, que representa el principal polo de la microregión con una masa poblacional de 9,904 habitantes, que significa el 37.37% de la microregión (censo 1972).

SAN ANTONIO.- Esta población, se encuentra ubicada a 83 kilómetros al Sur de Lima; tenía una población de 1991 habitantes (1972). Su crecimiento poblacional es estático relativamente. La población es eminentemente agrícola. El pueblo cuenta con servicios de luz y agua potable. Las construcciones de sus viviendas son en general de adobe.

SANTA CRUZ DE FLORES.- Situado a 2.5 kilómetros de San Antonio, hacia el inte-

rior del valle de Mala, tenía una población de 2,577 (1972) habitantes. La población es agricultora. Su crecimiento urbano se dirige hacia el Nor-Este del Distrito. El distrito cuenta con servicio de luz y de agua potable. Las construcciones de sus viviendas son en general de adobe. Conjuntamente con Chilca y Asia fueron los centros poblados más afectados por el sismo del 3 de Octubre de 1974.

CHILCA.- Es el segundo pueblo en importancia de la microregión, poseía una población de 5,374 habitantes en el año de 1972. Se encuentra ubicado aproximadamente a 65 kms. al Sur de Lima. Cuenta con servicios de agua potable, desagüe y luz eléctrica.

La población se dedica preferentemente a labores pesqueras. Sus calles están bien demarcadas pero no pavimentadas. Existe un alto porcentaje de viviendas destruídas o semidestruídas, a raíz de los últimos terremotos, no notándose interés para subsanar este problema.

Para dar una mejor visualización de la distribución de la población dentro de la microregión se muestra el plano N° 6, donde se ubican los centros poblados con más de 100 habitantes.

6.3.2 SISTEMA VIAL Y DE COMUNICACIONES

Es conocida la importancia que adquiere el transporte dentro del marco de la actividad económica, como resultado de su estrecha relación con los demás sectores de la economía.

6.3.2.1 TRANSPORTE TERRESTRE

El sistema vial tiene su base en la carretera Panamericana, que es tal vez la vía más importante de la red de carreteras del país.

La Panamericana define un eje longitudinal a través del cual se dan las principales relaciones económicas. En efecto, por medio de esta vía se conectan los principales centros poblados de la microregión: Mala, San Antonio, Santa Cruz de Flores, Chilca, etc. Además, permite la comunicación de la microregión por el Norte con la capital de la República y por el Sur con Cañete e Ica.

El resto de las carreteras, de diferentes categorías y en su mayoría sin pavimentación, enlazan los diversos distritos, haciendas y áreas agrícolas, permitiendo coleccionar el tráfico de y hacia la Panamericana.

Existe, además, dos carreteras de penetración

hacia la serranía, ambas afirmadas, que dan acceso a los puntos más altos de la microregión, en las cabeceras de los valles respectivos, sin llegar a dar acceso al centro del país y desarrolladas en parte para el servicio de las minas en explotación.

CUADRO Nº 6.10

PRINCIPALES CARRETERAS DE LA MICROREGION

Nombre y tipo de la carretera	Centros poblados que une	Condición de la vía
Panamericana longitudinal de la costa	Lima-Chilca-San Antonio-Mala Asia-Cañete-Ica	de segunda categoría, asfaltada
Penetración	Mala-Piedra Angosta-Correviento-Calango	de cuarta categoría, afirmada
Penetración	Asia-Quisque-Coayllo-Uqaira-Cata-Omas	de cuarta categoría, afirmada

6.3.2.2 TRANSPORTE MARITIMO Y AEREO

Dentro de la microregión no existen instalaciones marítimas ni aéreas.

6.3.3 CONGLOMERADOS URBANOS NUCLEADOS Y ESTRUCTURA REGIONAL (4)

Denominamos conglomerados urbanos nucleados al conjunto de centros urbanos poblados que se articulan con uno principal y que no distan de él más de 30 minutos de transporte.

En el caso de la microregión, que nos ocupa, sólo existe un conglomerado urbano principal, con centro en el distrito de Mala, debido a que las distancias Chilca-Mala y Mala-Rosario de Asia (ver plano Nº 6) son menores de 30 minutos de recorrido.

Los conglomerados urbanos nucleados secundarios, dentro de la zona en estudio, están circunscritos a las localidades de Chilca, Mala y Rosario de Asia y fueron utilizados para realizar, a un segundo nivel, el análisis gravitacional.

Cabe señalar que el análisis gravitacional fue realizado para observar las relaciones que se verifican entre los centros urbanos del área; para tal efecto se utilizó el modelo desarrollado por Stewart, basado en la ley gravitacional de Newton, y que es expresado matemáticamente como sigue:

$$F_{a,b} = k \cdot P_a \cdot P_b / d^2$$

donde: $F_{a,b}$ es la fuerza de atracción entre las masas poblacionales a y b; P_a es la población "a"; P_b es la población "b"; d es la distancia, en minutos de recorrido, entre las poblaciones "a" y "b"; $k = 1$.

De acuerdo al análisis efectuado, para la microregión se ha verificado que la mayor fuerza de atracción la ejerce el conglomerado urbano nucleado de Mala. En segundo término está la fuerza de atracción del conglomerado urbano nucleado de Chilca.

Si analizáramos las fuerzas de gravitación que afectan en un nivel superior a la microregión, es decir las que originan los grandes conglomerados urbanos de Lima y de Cañete, concluiríamos que la microregión de estudio queda comprendida dentro del campo gravitatorio de Lima y escapa al de Cañete.

El análisis gravitacional realizado a un tercer nivel, con énfasis en los conglomerados nucleados de Mala y de Rosario de Asia, nos mostró que los centros poblados más importantes, en dichos conglomerados, son Mala y Rosario de Asia, respectivamente.

El conglomerado urbano nucleado de Mala, como conse

cuencia del análisis, se descompone en cinco subconjuntos, a saber:

1) El conglomerado de Mala, con centro en el distrito de Mala y del cual forma parte las localidades de La Huaca, San José, Salitre, Santa Rosa y La Rinconada, con una población global de 6,091 habitantes (censo de 1972).

2) El conglomerado de Bujama, que comprende a las localidades de Bujama Alta y Bujama Baja, que tenía una población de 1,117 habitantes (censo de 1972).

3) El Centro Minero, constituido por las minas Raúl y Condestable, con una población global de 2,696 habitantes (censo de 1972).

4) El conglomerado de San Antonio-Santa Cruz de Flores, que involucra a los distritos del mismo nombre, que tenía una población de 3,824 habitantes en el año de 1972.

5) El de las "Islas" de San Andrés-Fábrica de Cemento Chilca, con una población global de 744 habitantes (censo de 1972).

6.3.4 ACTIVIDADES ECONOMICAS

6.3.4.1 ACTIVIDADES ECONOMICAS PRIMARIAS

Se puede decir que la población de la microregión se dedica a las actividades económicas primarias (a-

gricultura, extractivas, pesca y ganadería incipiente) preferentemente.

La agricultura se desarrolla con mayor importancia en el valle de Mala, siendo los cultivos principales los frutos y el algodón. Se estima en 4,588 hectáreas las tierras de cultivo y que en la campaña agrícola de 1972-73 produjeron una utilidad de S/ 76¹165,000. (1)

La agricultura en los valles de Chilca y Asia es de menor importancia, debido a la poca disponibilidad del recurso hídrico principalmente.

La ganadería es muy incipiente.

La minería es de relativa importancia y se desarrolla principalmente en las minas Raúl y Condestable, siendo el producto principal el cobre. La producción minero-recuperable en el año de 1971 ascendió a 5,708 toneladas métricas de concentrados, cuyo valor bruto fue del orden de los 166 millones de soles. (1)

6.3.4.2 ACTIVIDADES ECONOMICAS SECUNDARIAS

En general, las actividades económicas secundarias, que se desarrollan en la microregión, son incipientes. La población se dedica a las labores vitivinícolas y a la elaboración de ladrillos, en pequeña escala.

No se tienen datos sobre los valores de la producción bruta de las actividades económicas secundarias, en la microregión en estudio.

6.3.4.3 ACTIVIDADES ECONOMICAS TERCIARIAS

6.3.4.3.1 COMERCIO

El comercio dentro de la microregión es incipiente. Las transacciones comerciales más importantes tienen lugar en Mala, debido a que es el principal centro comercial de la microregión.

Las interrelaciones comerciales entre los diversos centros poblados, sobre todo los rurales, se dan a un nivel de trueque.

6.3.4.3.2 TRANSPORTE

El sistema de carreteras existente, en la microregión que nos ocupa, se encuentra apoyado básicamente en la carretera Panamericana Sur. Esta carretera, que es asfaltada, soporta un intenso volumen de tránsito, el cual es originado por el tráfico hacia el Sur del Perú y marginalmente por la interdependencia comercial que existe entre las poblaciones de la microregión.

La microregión actualmente cuenta con un insuficiente número de comités de colectivos, lo cual es un inconveniente para la comunicación entre los pueblos. El costo del pasaje a Lima, en 1976, es de S/ 70.00 en colectivo y de S/ 40.00 en ómnibus; el costo del pasaje de Mala a Cañete es de S/ 55.00 en colectivo.

6.3.4.3.3. ENERGIA

El territorio en estudio es parcialmente abastecido, desde el punto de vista energético, por la Central Hidroeléctrica del Mantaro, la que atiende a los centros poblados que se encuentran a lo largo de la carretera Panamericana. El suministro de energía a otras localidades es cubierto parcialmente por centrales eléctricas locales de baja potencia.

6.3.4.3.4 SALUD

Los servicios de salud son notoriamente insuficientes y en su mayor parte están concentrados en el distrito de Mala. Una relación de los establecimientos del sector salud se muestra en el Cuadro N° 6.11.

CUADRO Nº 6.11

RELACION DE ESTABLECIMIENTOS DEL SECTOR SALUD EN LA MICRO-
REGION

Entidad Administrativa	Distrito	Localidad	Nombre y tipo de establecimiento	Número de camas, capacidad de planeamiento	Número de camas en funcionamiento
Ministerio de Salud	Calango	Calango	Puesto Sanitario	--	--
Ministerio de Salud	Chilca	Chilca Pueblo	Puesto Sanitario	--	--
Privada lucrativa	Flores	Fábrica de cemento Chilca	Puesto Sanitario	--	--
Ministerio de Salud	Mala	Mala	Centro de Salud	8	8
Seguro Social del Perú	Mala	Mala	Centro de Salud	--	--
Privada lucrativa	Mala	Mina Condestable	Hospital Condestable	12	8
Privada lucrativa	Mala	Mina Raúl	Hospital	13	8

Fuente: Ministerio de Salud, Zona de Salud de Lima, 1975
(5)

Cabe señalar que los centros de Salud, tanto del Ministerio de Salud como el del Seguro Social del Perú, con sede en Mala fueron seriamente dañados por el sismo del 3 de octubre de 1974.

6.3.4.3.5 VIVIENDA

Las viviendas de los centros urbanos y rurales de la microregión, están construídas en su mayor parte de materiales rústicos de la zona. En general, en cuanto a categoría, se consideran como modestas, predominando el uso del adobe en las paredes y en los techos los de caña y barro y los de teja.

Un cuadro resumen de las viviendas de la micro región se muestra a continuación:

CUADRO Nº 6.12

Distrito	AREA URBANA			AREA RURAL		
	Pobla- ción	Vivien- da.	Densi- dad Re- siden- cial	Pobla- ción.	Vivien- da.	Densidad Residen- cial
Asia	971	193	5.03	1366	319	4.28
Calango	381	174	2.19	1174	305	3.85
Chilca	3369	694	4.85	2005	826	2.43
Mala	6065	1434	4.23	3839	824	4.66
San An- tonio	1836	452	4.06	155	47	2.72
Santa Cruz de Flores	1485	432	3.44	1092	251	4.35
Coayllo	514	153	3.36	1252	352	3.56
Quisque	---	---	---	354	79	4.46
Uquira	---	---	---	146	39	3.74
Omas	283	107	2.64	712	169	4.21
Total	14904	3639	4.10	12095	3221	3.76

Fuente: Censo de 1972 - O.N.E.C. (3)

6.3.4.3.6 EDUCACION

La educación en la microregión cumple insuficientemente su rol, debido a la falta de orientación adecuada así como a la desequilibrada distribución territorial del equipamiento.

El bajo rendimiento que experimenta el sistema educativo de la misma puede considerarse como el resultado de una serie de factores que, en su conjunto, afectan el rendimiento escolar, ya sea en forma directa, como la falta de la infraestructura y equipamiento adecuados, o indirectamente, como la dispersión de la población, los deficientes niveles de nutrición, el insuficiente ingreso familiar, etc.

Los locales escolares en los distintos centros urbanos, sobre todo a lo largo de la costa, fueron afectados en un alto porcentaje por el sismo del 3 de octubre de 1974.

6.4.0 DIAGNOSIS Y PROYECCIONES DE LA SITUACION ACTUAL

6.4.1 DIAGNOSIS DE LA SITUACION ACTUAL

6.4.1.1 DIAGNOSIS DEL SECTOR TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

El área que comprende la microregión se encuentra servida principalmente por el sistema de transporte terrestre.

- La escasez de vías asfaltadas y afirmadas encarecen los costos de operación, y en las zonas altas el problema se agrava debido a los grandes desniveles y superficies accidentadas de

rodadura que han de vencer los vehículos.

La falta de estadísticas sobre el origen y el destino de los viajes, y de las rutas empleadas, impide conocer el volumen de las cargas y de pasajeros entre las localidades de la micro región.

La carretera Panamericana Sur es la vía más importante de la microregión. El resto de las carreteras, de diferentes categorías y en su mayoría sin pavimentación, enlazan las áreas urbanas con las rurales y permiten la colección del tráfico hacia y de la Panamericana.

6.4.1.2

DIAGNOSIS DEL SECTOR SALUD

El dramáticamente insatisfactorio nivel de salud de la población tiene las mismas causas con condicionantes que son comunes a todos los países en vías de desarrollo: insuficiente saneamiento básico, deficiente vivienda, pobre producción agraria con su corolario de desnutrición, rudimentario desenvolvimiento industrial y bajo ingreso per-cápita, analfabetismo, acelerado ritmo de crecimiento poblacional, etc. A estas causas condicionantes se suma la deficiente organización, magnitud y distribución de los recursos destinados a la salud.

La microregión no cuenta con un equipamiento de salud eficiente y, en su mayor parte, está mal distribuído; por consiguiente, no alcanza a cubrir el necesario servicio a la totalidad de la población, contribuyendo a que exista mayor morbilidad y un bajo índice nutricional, sobre todo en la población infantil, con las consiguiente baja expectativa de vida.

La alimentación de la microregión, en general, es deficiente en proteínas y vitaminas.

No se tienen tasas de la mortalidad y morbilidad infantil.

Las deficiencias más notorias se dan en el promedio cama/habitante (una cama por 1080 habitantes; ver cuadro Nº 6.11), insuficiente equipamiento de instrumental médico, desequilibrio entre el número de médicos y la población y en escasez de personal auxiliar técnico y de enfermeras, los que son suplidos con personal improvisado.

No podemos dejar de mencionar como factor negativo en la salud de la población, las condiciones ambientales y sanitarias de la microregión las cuales son deficientes por la baja cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.

6.4.1.3 DIAGNOSIS DE EDUCACION

La educación en la microregión cumple insuficientemente su rol, porque no tiene la orientación adecuada y porque su distribución espacial y en grados no está racionalizada.

La población escolar que concurre a las escuelas primarias es de mucho mayor significación que la que asiste a las escuelas secundarias.

La población rural es, por otro lado, la que menos acceso tiene a la educación, debido a la concentración de los servicios en las áreas urbanas.

En cuanto al equipamiento en la microregión, se aprecia un déficit de locales y de mobiliario escolar adecuado para la enseñanza. Esta situación se ha agudizado por los daños causados, a los diferentes locales escolares, por el sismo del 3 de octubre de 1974.

6.4.1.4 DIAGNOSIS DEL SECTOR VIVIENDA

Los resultados del censo de 1972 arrojaron un total de 6860 viviendas en la microregión, distribuidas en la forma siguiente: 3639 viviendas en las áreas urbanas y 3221 viviendas en las áreas rurales (ver Cuadro Nº 6.12).

Los centros urbanos y rurales del área en estudio reflejan características deficitarias, tanto en su volumen como en la calidad de la construcción.

Las viviendas urbanas, por encontrarse más cercanas a los centros de servicios, presentan relativas condiciones de calidad, no así las viviendas rurales cuyas condiciones son deplorables.

La totalidad de las edificaciones de la micro-región han sido construídas sin criterio sismo-resistente.

6.4.1.5

DIAGNOSIS DEL SECTOR AGROPECUARIO

Las actividades agropecuarias constituyen la fuente más importante de alimentación y de trabajo para la población.

Existe un alto porcentaje de tierras agrícolas mal aprovechadas y un enorme desperdicio del agua superficial durante la época de avenidas. La limitación crítica del agro es la grave carencia de agua durante el estiaje.

Hay una pérdida progresiva de suelos por el en salitramiento y por la falta de drenaje. El problema fundamental es la falta de agua y de regulación de la existente.

6.4.2 DIAGNOSIS DE LA MICROREGION

En general, la microregión atraviesa por un proceso de estancamiento y empobrecimiento progresivo en todos sus aspectos.

El Grupo Humano pierde recursos jóvenes y educados por la emigración a Lima; es decir, la microregión acusa los efectos del éxodo rural.

El Medio Físico está, por consiguiente, semiabandonado y, además, sufriendo un empobrecimiento producto de la erosión, agotamiento y ensalitramiento de los suelos. El recurso hídrico se desperdicia en el mar en la época de avenidas; la napa freática está debilitándose.

El Medio Racionalizado, entendido como el conjunto de estructuras físicas y no físicas creadas por el Hombre, posee estructuras rudimentarias; la Reforma Agraria está en proceso; la agricultura es de baja productividad; hay ausencia de industrias en la microregión; la energía es escasa y cara.

El nivel de vida, que mide la resultante del Grupo Humano-Medio Físico, es, por consiguiente, muy bajo.

6.4.3 PROYECCIONES DE LA SITUACION ACTUAL

6.4.3.1 PROYECCIONES DEL SECTOR TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

La futura estructuración del sistema vial de la microregión debe considerar el fortalecimiento de las vías de penetración así como el mejoramiento de las carreteras interurbanas. En lo posible, debe mejorarse las condiciones de transitibilidad de las vías para mejorar los costos de operación.

Para conocer el volumen de cargas y pasajeros en las carreteras de la microregión debe elaborarse estadísticas.

6.4.3.2 PROYECCIONES DEL SECTOR SALUD

Debe dotarse a la microregión de un equipamiento de instrumental médico adecuado, mejorándose su distribución espacial.

- Debe mejorarse el promedio de cama/habitante de acuerdo a las necesidades de la población. Los centros de salud, tanto del Ministerio de Salud como el del Seguro Social del Perú, ubicados en el distrito de Mala, afectados seriamente por el sismo del 3 de octubre de 1974, deben reconstruirse para que cumplan eficiente -

mente sus funciones; en la medida de lo posible debe implementarse de postas sanitarias a centros poblados como Chilca, por su volumen de población y Calango y Omas, por su difícil acceso a los puestos asistenciales de salud existentes.

- Debe existir equilibrio entre el número de médicos y la población, así como aumentar el personal auxiliar técnico y de enfermeras.

Las condiciones ambientales y sanitarias, en el área de estudio, deben ser mejoradas, aumentando la cobertura de los servicios de agua potable y de alcantarillado.

El déficit de infraestructura sanitaria preventiva (agua, desagüe, viviendas, etc.) y asistencial (hospitales, centros de salud, postas médicas, equipo e instrumental médico, etc.) es de tal magnitud que reclama un mecanismo de financiación nuevo y audaz que permita acortar la brecha entre la magnitud de los costos y la limitada capacidad de pago del sector.

6.4.3.3. PROYECCIONES DEL SECTOR EDUCACION

Debe elaborarse un programa de inversiones den

tro de objetivos de mediano plazo, para la habilitación y rehabilitación de los centros escolares. Este programa considerará la reparación de los establecimientos educacionales afectados por el sismo, así como la construcción y equipamiento de núcleos educativos y establecimientos escolares.

Los núcleos educativos de la microregión deben tener su sede en las localidades de Chilca y Mala, teniendo en cuenta el volumen de su población.

Las construcciones escolares tendrán que construirse con criterio sismoresistente.

6.4.3.4 PROYECCIONES DEL SECTOR VIVIENDA

Los programas a incluirse en este sector son:

- (a) Programas de Viviendas.- Incluyendo la construcción de viviendas, habilitación de tierras, créditos y asistencia técnica para la construcción de casas. Esto implica el conocimiento de la situación en cuanto a la rehabilitación y construcción de las viviendas afectadas por el sismo y en cuanto a la evolución de las necesidades de vivienda.
- (b) Programas de Infraestructura Urbana.- Deben incluir a

los servicios públicos de agua y desagüe, servicios comunales y restauración de edificios públicos.

- (c) Programas de Desarrollo Urbano.- De gran importancia son estos estudios, pues permiten el desarrollo ordenado de las ciudades y la capacitación del poder local para ofrecer los servicios complementarios a la vivienda

6.4.3.5 PROYECCIONES DEL SECTOR ENERGIA

Es necesaria la preparación de proyectos para la electrificación rural. Una de las soluciones sería haciendo uso de la Central Hidroeléctrica del Mantaro.

6.4.3.6 PROYECCIONES DEL SECTOR CONSTRUCCION

= Es necesario la implementación de empresas constructoras con personal técnico calificado, previo estudio del mercado.

Debe aumentarse el número de los equipos de construcción, así como tienen que mejorarse la calidad de los materiales de construcción.

Como en la microregión falta mano de obra especializada deben elaborarse programas de capacitación de obreros.

6.4.3.7 PROYECCIONES DEL SECTOR AGROPECUARIO

El sector agropecuario debe jugar un papel activo en el proceso de desarrollo regional. Para ello se requiere impulsar el proceso de Reforma Agraria, mejorando la utilización de la mano de obra subocupada, el uso de tierras mal aprovechadas y la utilización del agua que se desperdicia para ampliar las áreas regadas, posibilitando así una mejor productividad. Esta estrategia debe estar apoyada en programas de: Desarrollo de Recursos Hidráulicos, Desarrollo Agropecuario, Infraestructura de Servicios Generales y Comunitarios.

6.4.0 CRITERIOS RECTORES PARA EL DESARROLLO DEL VALLE DE MALA

Se concibe a Mala como un valle de características principalmente agrícolas. Tal concepción demanda las siguientes acciones:

- Evitar nuevos desarrollos urbanos y consolidar los existentes, agrupándolos para que cumplan eficientemente su función de centros de servicios a las áreas rurales, para preservar las áreas agrícolas.

Conservar los actuales usos del suelo rural.

Las áreas probables de desarrollo industrial deben estar circunscritas en las zonas próximas a la Fábrica de

Cemento Chilca, las minas Raúl y Condestable.

- Debe preverse un estudio del saneamiento ambiental del valle.

- Prohibición de nuevos desarrollos urbanos, cuyas aguas servidas se viertan al río Mala. Los existentes deben tener plantas de tratamiento adecuadas para las aguas servidas.

6.5.0 EQUIPAMIENTO SOCIAL PARA LA MICROREGION

Para encuadrar la definición de Equipamiento, dentro del objetivo que nos ocupa, Uso del Suelo Urbano, se propone la siguiente:

Equipamiento es la expresión física de la satisfacción de las necesidades colectivas de una comunidad.

La microregión, debido a la falta de un suficiente Equipamiento, acusa un déficit de prestaciones de servicios tanto de Vivienda, de Energía, de Educación, de Salud, de Recreación, de Seguridad Pública, de Servicios Administrativo Gubernamental, etc. Es por ello que se proponen Normas de Equipamiento correspondientes a Salud, Recreación y Educación, que pueden ser utilizadas para mejorar la cobertura de servicios.

6.5.1 SALUD

CUADRO Nº 6.13

Frecuencia de Uso (% de la población total)	Densidad Médica (médico/habitante)
6 camas / 1000 habitantes	4 médicos/1000 habitantes

FUENTE: Equipamiento y Normas de Diseño, Cursillo de Desarrollo Urbano, IPL-UNI, 1969. (6)

6.5.2 RECREACION

CUADRO Nº 6.14

Tipo	Frecuencia de uso	Espacio	Capacidad Optima	Radio influencia
Parque infantil	12.5% de la población	5m ² /niño mínimo	200-500 niños	8000 metros

FUENTE: Equipamiento y Normas de Diseño, Cursillo de Desarrollo Urbano, IPL-UNI, 1969. (6)

6.5.2 EDUCACION

CUADRO Nº 6.15

LOCAL	T A M A Ñ O			C A P A C I D A D			AREA DE INFLUENCIA
	INDICE DE OCUPACION	AREA MINIMA	AREA MÁXIMA	NUMERO DE AULAS	NUMERO DE ALUMNOS	RELACION AULA/ALUMNO	
JARDIN INFANTIL	8m ² /alumno	(80 al.) 640m ² .	(160 al.) 1280m ² .	De 2 a 4	40 alum/aula	1.2m ² aula/al.	400 mts.
ESCUELA PRIMARIA	14m ² /alumn	(160 al.) 2240m ² .	(640 al.) 8960m ² .	De 4 a 16	40 alum/aula	1.2m ² aula/al.	800 mts.
ESCUELA SECUNDARIA	30m ² /alum.	(320 al.) 9600 m ² .	(520 al.) 15600 m ² .	De 8 a 13	40 alum/aula	1.35m ² aula/al.	1600 mts.

NOTA: Las áreas máximas y mínimas comprenden a la suma del área construída.

FUENTE: Dirección de Educación, Ministerio de Educación, O.N.D.U., 1967.

CUADRO Nº 6.16

TIPO DE ESCUELA	FRECUENCIA DE USO	ESPACIO	CAPACIDAD OPTIMA	RADIO INFLUENCIA
Jardín de infancia	9% de la población	3 a $3.5m^2$ /niño 1.2 a $1.5m^2$ /niño área construída tributaria.	40-60 alum por establec. 30 niños por aula	máx. 7 min. de recorrido 200 a 400 m.
Escuela Primaria	15 a 25% de la población	3 a $4m^2$ /niño 4 a $7m^2$ /niño área construída tributaria 1.10m ² /niño por aula (mínimo)	400-1000 alum. por esc. 30 a 40 alumno por aula	máx. 10 min. a pie 800 m.
Escuela Secundaria	3 a 5% de la población	$8m^2$ /niño 4m ² /niño área construída tributaria	800-1000 alum. por plantel 40 alumno aula	1200 a 1600 mts. recorridos a pie.
Escuela Técnica	0.45 a 0.75% de la poblac.	$20m^2$ /niño 10m ² /niño área construída tributaria	800-1000 alum.	2500 mts. recorrido en carro.

FUENTE: Equipamiento y Normas de Diseño, Cursillo de Desarrollo Urbano, IFL-UNI, 1969 (E)

6.6.0 LA PLANIFICACION URBANA Y REGIONAL PARA UN ESTUDIO SISMICO

Los mapas de zonificación y microzonificación sísmica son muy útiles para llevar a cabo la Planificación Urbana y Regional. El desarrollo urbano debe planificarse teniendo en cuenta, además de los factores habituales (espacio regional, planes económicos, etc.), los emplazamientos sísmicamente favorables. Las zonas sísmicamente desfavorables deberán ser destinadas a áreas verdes o a espacios libres de recreación.

Las zonas sísmicamente favorables deberán clasificarse de acuerdo a sus características para:

a) Ubicar adecuadamente los edificios de mayor importancia, evitando, en lo posible, su concentración en un solo sector y así lograr una buena distribución de ellos en el radio urbano.

b) Compatibilizar los tipos estructurales con las características sísmicas locales.

c) Evitar la construcción en zonas de transición entre dos tipos de suelos, de características sísmicas diferentes.

d) Estudiar una distribución adecuada de los complejos industriales, sin descuidar los otros factores que ri-

gen la ubicación de las industrias en el radio urbano.

e) Determinar las densidades adecuadas de población. Cuando se usa la edificación en altura, es recomendable la separación de los edificios más allá de lo que disponen las prescripciones normales al respecto, introduciendo las áreas verdes o espacios libres de recreación.

La Planificación Urbana debe dar una atención especial al diseño adecuado de las vías de circulación y de la red de servicios de agua y alcantarillado. El daño ocasionado por un terremoto puede resultar magnificado debido a fallas de la red de abastecimiento de agua, de la red de alcantarillado y al bloqueo de las vías de circulación.

En el caso de las viviendas de emergencia, donde se alojarán las familias damnificadas, deberán ser cuidadosamente emplazadas, a fin de que no entorpezcan los planes de desarrollo urbano, porque experiencias de sismos anteriores han demostrado que las poblaciones de emergencia, en países en vías de desarrollo como el nuestro, permanecen mucho mayor tiempo que el normalmente necesario.

La reconstrucción del habitat se llevará adelante de acuerdo a los planes de desarrollo urbano, previamente determinados, y teniendo en consideración toda la informa-

ción disponible respecto a la Zonificación y las Normas de Diseño Antisísmico de Estructuras. La reconstrucción cuando no es atendida en forma oportuna y eficaz, es causa de serios problemas para la zona afectada, siendo una de ellas la emigración de la población.

Cuando se elaboran Planes Urbanos Detallados se recomienda lo siguiente:

a) Evitar el diseño de edificios largos, por necesitar éstos de juntas de dilatación. Estas juntas, en ciertas circunstancias, pueden tener una desfavorable influencia sobre la estabilidad de la estructura, provocando graves daños.

b) El área construída del primer piso de los edificios debe estar dentro de los límites normales de longitud (máximo 40-50 m.). Estas dimensiones permiten diseñar los edificios utilizando sistemas estructurales unitarios.

c) Se recomienda que los edificios tengan formas geométricas regulares, siendo las mejores, las formas simétricas respecto a los ejes principales del edificio.

d) En el caso de que la estructura tenga una forma complicada en su planta y elevaciones, debe ser cortada por juntas sísmicas, formando volúmenes simples, de tal modo que se pueda establecer un diseño estructural separado para

cada una de las partes resultantes.

e) La solución más simple para disminuir el efecto resonante del sismo sobre las estructuras será una apropiada selección del sistema constructivo, cuyos períodos característicos sean diferentes de los períodos predominantes del suelo.

6.7.0 PLANES REGULADORES

6.7.1 DEFINICION

El Plan Regulador es un conjunto de ordenanzas para el uso del suelo urbano, tanto en superficie como en volumen, con el fin de orientar un crecimiento racional de las poblaciones y evitar errores en sus expansiones.

6.7.2 ELEMENTOS DEL PLAN REGULADOR

Los elementos componentes de todo Plan Regulador se pueden generalizar y son los siguientes:

1.- Distribución general del uso del suelo urbano dentro de sus características básicas, tales como zona residencial, comercial, industrial, etc.

2.- Distribución de la población en el área urbana, en base al plano de zonificación, que incluye: las densidades previstas, reglamentación del área edificable, altura de edificación, retiros obligatorios, consideraciones estéticas, emplazamientos sísmicamente favorables, etc.

3.- Distribución general del equipamiento urbana básico, tales como áreas de parques, centros asistenciales, centros educativos, etc.

4.- Sistema general de vías y arterias en el tránsito urbano.

5.- Terminales de sistemas de transporte.

6.- Normas de control para la subdivisión de la tierra urbana.

7.- Sistemas de normas o estándares de aplicación a las distintas categorías de uso del suelo previstas en el plan.

8.- Areas sujetas a problemas específicos, tales como renovación urbana, conservación de centros históricos y/o artísticos, zonas sísmicamente desfavorables, etc.

6.7.3 REQUISITOS DEL PLAN REGULADOR

Todo Plan Regulador, para ser viable, necesita de los siguientes requisitos:

1.- Normas de carácter administrativo para la implementación, control y evaluación del plan.

2.- Determinación de los recursos financieros y presupuestales que garanticen los recursos económicos necesarios para su implementación.

3.- Debe estar respaldado en una legislación conveniente, que considere las distintas variantes legales que el proceso de su implementación y control lo requiera.

4.- Debe ser un documento suficientemente claro en su interpretación.

5.- Debe tener relativa flexibilidad, en cuanto a su aplicación, que le permita adaptarse a circunstancias no previstas.

6.- Necesita del apoyo público para poder efectuarse sin imposición.

7.- El Plan Regulador debe ser un documento básicamente coordinador con los planes territoriales en jerarquía y con los planes intersectoriales de la comunidad. Es decir, debe coordinar con los planes nacionales, regionales y programas específicos, así como con los planes locales de los distintos sectores de la administración.

6.7.4 OBJETIVOS DEL PLAN REGULADOR

1.- Saneamiento ambiental: Entendido como tal todas aquellas medidas necesarias de ser tomadas con el objeto de lograr que el asentamiento urbano garantice al individuo y a la comunidad las condiciones apropiadas de sanidad.

2.- Seguridad: Otro de los elementos fundamentales para garantizar el buen desenvolvimiento de la comunidad urbana, es el de la seguridad, para la cual se requiere del equipamiento de los servicios necesarios para la atención de la comunidad en caso de emergencias (incendios, sismos, etc).

3.- Economía del transporte: La eficiente localización de los usos del suelo urbano permitirá la economía del

transporte, así como evitará puntos de fricción espaciales.

6.8.0 ZONIFICACION

6.8.1 DEFINICION

La Zonificación es el instrumento legal de un plan de uso racional del suelo por una comunidad, atendiendo a las diferentes actividades que ésta desarrolla. Es el instrumento porque es la traducción del Plan Regulador en una norma jurídica obligatoria a todos.

La Zonificación regula:

- Uso del suelo
- Altura de edificación
- Volumen de estructuras
- Densidad de población
- Areas de ocupación
- Areas de construcción
- Espacios libres por lote (áreas libres mínimas)

6.8.2 OBJETIVOS DE LA ZONIFICACION

La Zonificación al establecer normas para el asentamiento de una comunidad debe prever:

- (a) Un crecimiento económico y ordenado de la ciudad;
- (b) Seguridad, salud, conveniencia, convivencia y bienestar a sus habitantes;
- (c) Evitar la congestión en sus vías de comunicación;

- (d) Areas libres que garanticen luz, aire y sol para sus habitantes;
- (e) Evitar el hacinamiento y el uso nocivo del suelo;
- (f) Una adecuada red de servicios de agua potable y alcantarillado, energía, recreación, etc.

6.8.3 INSTRUMENTOS DE LA ZONIFICACION

La Zonificación para su implementación requiere de

- (a) Mapa de zonificación;
- (b) Normas de operación que expliquen y regulen el aprovechamiento de la misma.

6.9.0 LOS PLANES REGULADORES EN LA MICREREGION

Los centros poblados más importantes de la microrregión (Mala, Chilca, Santa Cruz de Flores y San Antonio), de acuerdo a las premisas mencionadas en los acápite 6.7.0 y 6.8.0, deben contar con planes reguladores adecuados, que les permitan consolidarse y crecer en forma racional y sin provocar detrimento a las áreas agrícolas, tan importantes para el desarrollo de las actividades agropecuarias, consideradas la fuente más importante de subsistencia y de trabajo para el poblador de la misma.

Se tienen referencias del Esquema de Ordenamiento Urbano a implementarse en el distrito de San Antonio, que a

luz de un análisis somero presenta los siguientes defectos:

- a) Dimensionamiento inadecuado;
- b) Mala ubicación de los centros educativos;
- c) Diseño inadecuado de las vías de circulación, con la carretera Panamericana Sur que al atravesar la ciudad hace peligrar la integridad física de los habitantes;
- d) No cuenta con los recursos financieros y presupuestos necesarios para su implementación;
- e) No considera la preservación del área agrícola.

Es por estas razones que debe ser reestructurado, y además considerarse su necesidad y posibilidades, porque los tres últimos censos han demostrado que la población urbana no ha aumentado significativamente (1940: 1210 hab., 1961 : 1759 hab. y 1972: 1836 hab.).

REFERENCIAS

- (1) O.N.E.R.N., Estudios de la Cuenca del río Mala, 1972.
- (2) Subdirección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura, Inventario de las Fuentes de Aguas Subterráneas del Valle de Mala, 1970.
- (3) Oficina Nacional de Estadísticas y Censos, Censos de los años de 1940, 1961 y 1972.
- (4) Canelo A., Nemesio: Comunicación personal, 1975.
- (5) Ministerio de Salud, Zona de Salud de Lima, 1974.
- (6) Equipamiento y Normas de Diseño, Curso de Desarrollo Urbano, Instituto de Planeamiento de Lima - U.N.I., 1969

CONCLUSIONES

PRIMERA

Respecto a las condiciones naturales y físicas del valle de Mala:

Se distinguen en el área dos rasgos geomorfológicos predominantes, a saber: las terrazas aluviales y fluvio-aluviales y los flancos de valle constituidos por las estribaciones andinas occidentales.

- El valle de Mala está cubierto por materiales fluviales, aluviales y fluvio-aluviales transportados por los agentes del meteorismo.

- Las ciudades se hallan ubicadas a lo largo del río y generalmente establecidos sobre las terrazas.

- El acuífero, constituido por los depósitos fluviales y aluviales de relleno del valle, no es conocido suficientemente en cuanto a su potencia.

- La profundidad del nivel freático es variable y está en función de la permeabilidad del acuífero.

SEGUNDA

Respecto a la geología local y regional:

- La geología del valle de Mala y zonas circunvecinas guarda similitud con la geología de Lima y alrededores.

- Diversos estudios han encontrado formaciones geológicas de edades comprendidas entre las eras Paleozoico y Cenozoico. Entre éstas destacan las formaciones Atocongo, Pamplona, Puente Piedra y Pucusana.

-Las rocas existentes en el área, constituyendo parte de las formaciones geológicas, están representadas por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Los depósitos más recientes corresponden a los depósitos aluviales, fluviales, fluvio-aluviales, marinos y eólicos, que están diseminados principalmente en los valles y en la franja costanera.

- No se han detectado estructuras sismo-tectónicas peligrosas, tales como fallas de gran longitud, que comprometan la seguridad física de los pueblos.

TERCERA

Respecto a la Mecánica de Suelos del distrito de San Antonio:

- La formación geológica del depósito sedimentario y los sondajes ejecutados denotan la presencia de estratos de arena y grava de potencias superiores a los dos metros.

-Desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos se ha dividido a la ciudad en dos zonas:

Zona I, conformada por suelos de tipo gravoso, y

Zona II, constituida por suelos arenosos.

- Las condiciones de capacidad portante admisible del suelo, para obras convencionales cimentadas superficialmente en cada zona, son las siguientes:

Zona I, para cimentaciones superficiales comunes se prevé una capacidad portante de 4 kg/cm^2 ,

Zona II, para cimentaciones superficiales se prevé una capacidad portantes de 0.9 kg/cm^2 .

-La compacidad relativa de los suelos gravosos (Zona I), en la profundidad activa de cimentación, se estima en un promedio de 80%; por lo que es poco probable que se produzca densificaciones importantes por efecto de sismos severos. Sin embargo, conviene tomar las providencias del caso en el cálculo de la interacción suelo-estructura en las obras a proyectarse, debido a la regionalización sísmica del área.

- La compacidad relativa de los suelos arenosos (Zona II), en la profundidad activa de cimentación, se estima como mediana; y, por tanto, pueden ser susceptibles a densificaciones.

- En la ciudad, por la influencia de las condiciones locales del suelo, no se han detectado daños vitales en las edificaciones durante el sismo del 3 de octubre de 1974; pero pueden producirse, en caso de sismos más severos, preferentemente en la Zona II.

- Son necesarios adecuados estudios del suelo para establecer cimentaciones estables, tanto a las solicitaciones de cargas estáticas como dinámicas, de las obras importantes que se pretendan construir en la zona.

- Es conveniente determinar la profundidad de la roca y el espesor y rigidez de los estratos blandos para poder obtener espectros representativos de los suelos.

- Para la microzonificación, es menester un estudio amplio de los perfiles típicos a fin de no incurrir en errores de consideración al generalizar o resumir algunas condiciones del suelo.

CUARTA

Respecto a los datos sismológicos:

- Se ha corroborado la teoría de placas tectónicas con ocasión del sismo de 1974.

-La zona en estudio no es nueva en cuanto a la ocurrencia de sismos; la historia sísmica revela una alta frecuencia de ocurrencia de tales fenómenos.

- La magnitud del sismo del 3/10/74 fue de 7.6 en la escala de Richter; las intensidades registradas estuvieron comprendidas entre IV a VIII de la escala de Mercalli Modificada.

- Las isosistas ponen de manifiesto zonas que, por las condiciones locales del suelo de cimentación, princi-

palmente, tienden a registrar mayores intensidades que otras. Las isosistas del sismo del 3/10/74 se aproximan a elipses con el eje mayor paralelo a la costa, lo que indica una mayor atenuación de la intensidad en la dirección perpendicular a ésta.

- En la zona de estudios las intensidades percibidas con ocasión del sismo de 1974 estuvieron comprendidas entre VII a VIII de la escala de Mercalli Modificada.

QUINTA

Respecto a las viviendas y a los daños:

- En los distritos en estudio las construcciones de adobe son las mayoritarias, constituyendo aproximadamente el 90% del total de las edificaciones existentes. Las restantes son de ladrillo con columnas de amarre o sin ellas, en su mayor parte construídas deficientemente y presentando algunas fallas de estructuración y/o de diseño.

- La evaluación de daños efectuada en el distrito de San Antonio dió los siguientes resultados:

De las 360 viviendas de la Zona I 324 corresponden a las de adobe, 35 de ladrillo y 1 de concreto armado.

De las 154 viviendas de la Zona II 139 son de adobe y 15 de ladrillo.

Las viviendas de adobe de la Zona I sufrieron los

mayores daños traducidos en las siguientes cifras: 15 (4.6%) según el grado IV, 60 (18.5%) en el grado III, 242 (74.6%) en el grado II y 7 (2.3%) en el grado I. De las 35 viviendas de ladrillo 1 resultó dañada en el grado II y 34 en el grado I.

Las viviendas de adobe de la Zona II resultaron dañadas según las siguientes cifras: 12 (8.6%) dañadas en el grado IV, 42 (30.2%) en el grado III, 80 (57.5%) en el grado II y 5 (3.7%) en el grado I.

- En general, las construcciones más afectadas por el sismo presentan malas estructuraciones y/o diseños y han sido construídas deficientemente. No son construcciones sismo-resistentes.

- La mayor parte de las construcciones afectadas son antiguas y, por lo tanto, construídas sin observar las Normas Peruanas de Diseño Antisísmico. Sin embargo, cabe señalar que algunas de ellas han sido construídas posteriormente a la dación de las mencionadas normas, y no las han observado.

- El sismo ocurrido ha confirmado, una vez más, que las construcciones de adobe no son capaces de resistir los terremotos. La mayoría de los muros han fallado al no poder resistir los esfuerzos de tracción, de corte y de flexión inducidos por la acción sísmica.

- Ante sismos de intensidades mayores de VII MM las viviendas de adobe son un peligro latente, y para intensidades mayores de VIII MM son verdaderas trampas mortales para sus habitantes. Como en nuestro país se esperan sismos de esta intensidad o mayores, y como es imposible prescindir de las viviendas de adobe, por ser las más económicas, es una necesidad ineludible el mejorar las construcciones de este material.

- Los daños en las escuelas secundarias, que son estructuras aporticadas de concreto armado, se debieron, principalmente, a que exhiben estructuraciones no suficientemente idóneas para resistir las fuerzas sísmicas. La presencia de tabiques con ventanas a los lados de las columnas hace que la longitud libre de las mismas sea "corta" y, por ende, más rígidas durante un movimiento sísmico; esta enorme rigidez de las columnas atrae grandes fuerzas de corte, siendo la causa de que fallen, especialmente las del primer piso. Esta coyuntura asociada a la construcción deficiente y a la falta de una supervisión rigurosa durante la ejecución de aquélla, suscitaron los daños en las estructuras en referencia.

- Hay viviendas que exhibiendo fallas notorias de diseño, de estructuración y de construcción, han resistido los embates del sismo sin daños significativos, debido a circunstancias fortuitas favorables; ello no justifica pa-

ra que se permitan estos errores, pues una próxima eventualidad sísmica las afectarán seriamente, con las consecuencias que es de suponer.

SEXTA

Respecto al Expediente Urbano y Regional de los Valles de Chilca, Mala y Asia:

- La microregión de los valles de Chilca, Mala y Asia atraviesa por un alarmante proceso de estancamiento y de empobrecimiento progresivo en todos sus aspectos, reflejado en la emigración de sus elementos jóvenes hacia Lima, en el empobrecimiento y semiabandono del medio físico sustentante y en el medio racionalizado, el que posee estructuras físicas y no físicas rudimentarias. Por consiguiente, el nivel de vida es muy bajo.

La razón de crecimiento poblacional anual obtenida en base a los censos efectuados por la ONEC es de 2.4%. Del total de habitantes según el censo de 1972 el 56.24% se concentra en ámbitos urbanos.

- Se estima que el 90% de la población desarrolla actividades agropecuarias a nivel de una agricultura extensiva, pobre y descapitalizada, de muy bajo nivel de productividad.

- La microregión es un territorio muy accidentado y

de difícil acceso en su parte alta; en su parte baja, que la habitada y trabajada, es de fácil acceso. El elemento físico dominante en el interior lo constituye las estribaciones andinas y en el litoral la faja costanera, jalonada esporádicamente por oasis de agricultura bajo riego.

- Desde el punto de vista de sus recursos naturales, la microregión presenta problemas para la incorporación de nuevas tierras a la agricultura, fundamentalmente por la limitación del recurso agua.

La microregión se encuentra servida, principalmente, por el sistema de transporte terrestre. La carretera Panamericana Sur es la vía más importante de la misma; el resto de las carreteras, en su mayoría sin pavimentación, unen las áreas urbanas con las rurales y permiten la colección del tráfico hacia la Panamericana y viceversa.

- El nivel de salud de la población es dramáticamente no satisfactorio por las mismas causas condicionantes que son comunes a los países en desarrollo: insuficiente saneamiento básico, deficiente vivienda, pobre producción agraria con su corolario de desnutrición, rudimentario desenvolvimiento industrial y bajo ingreso per-cápita, analfabetismo, acelerado ritmo de crecimiento poblacional, etc. A estas causas condicionantes se suma la deficiente organización, magnitud y distribución de los recursos destinados a la salud.

- La educación cumple su rol insuficientemente, debido a que no tiene la orientación adecuada y porque su distribución espacial y en grados no está racionalizada. Se aprecia un déficit de locales escolares y de mobiliario escolar, situación agudizada por los daños causados, a diferentes locales escolares, por el sismo del 3 de octubre de 1974.

- Los resultados del censo de 1972 arrojaron un total de 6860 viviendas, distribuidas en la forma siguiente: 3639 viviendas en los ámbitos urbanos y 3221 viviendas en los ámbitos rurales. Hay un déficit de viviendas reflejado tanto en su volumen como en la calidad de la construcción. En general, las viviendas han sido y son construídas únicamente con criterios de estabilidad estática.

- Las actividades agropecuarias constituyen la principal fuente de trabajo y son base de la alimentación de los pobladores. Existe un alto porcentaje de tierras agrícolas mal aprovechadas y un enorme desperdicio del agua superficial durante la época de avenidas.

RECOMENDACIONES

PRIMERA

Sobre las condiciones naturales y físicas del valle de Mala:

- Se precisa un estudio del proceso evolutivo que dió origen a los rasgos geomorfológicos predominantes. Ello permitirá conocer las discontinuidades de los suelos, las zonas de contacto, las zonas de migración eólica, las divagaciones y erosiones del río, las modificaciones del relieve por la acción del hombre, etc.

- Es conveniente una investigación completa de las condiciones hidrogeológicas para conocer la potencia del acuífero, el tipo de basamento que lo sustenta y la profundidad y oscilación de la napa freática. Un análisis completo de este tipo permitirá delimitar las zonas de riesgo sísmico potencial por la influencia del agua subterránea.

Las características hidrológicas del río deben conocerse suficientemente, a fin de posibilitar su regulación y la construcción de obras de defensa ribereña y de encauzamiento que solucionen el grave problema de las inundaciones durante la época de avenidas.

SEGUNDA

Sobre la Geología Regional y Local del Valle de Mala:

- Conviene realizar estudios geológicos detallados y completos que permitan conocer la historia geológica; ésta revelará alteraciones (fallas, inundaciones, erosiones, fracturas, pliegues, etc.) que han transmutado las formaciones de rocas y suelos existentes. El conocimiento de las condiciones geológicas es básico para los fines de microregionalización sísmica.

- Es necesaria la investigación del manto superficial cuaternario, pues en él se sustentan las poblaciones. De esta manera se conoceran la profundidad, el espesor y la composición de los depósitos clásticos.

TERCERA

Sobre la Mecánica de Suelos del distrito de San Antonio:

- Como en todas las obras y ciudades importantes del país, conviene realizar estudios adecuados de Mecánica de Suelos para establecer cimentaciones estables, tanto a las sollicitaciones de cargas estáticas como a las dinámicas.

- Es recomendable, para conocer los perfiles estratigráficos, realizar sondeos de carácter preliminar (pozos a cielo abierto con muestreo alterado e inalterado) y sondeos en base a métodos geofísicos (sísmico, de resistivi -

dad eléctrica, magnéticos y gravimétricos), en un número adecuado que permita inferir estratificaciones.

Los ensayos de campo y de laboratorio que conviene efectuar, con la finalidad de evaluar los parámetros de resistencia y de deformación de los suelos, son: penetración estándar, densidad de campo, compresión simple, compresión confinada, compresión triaxial, etc.

- Siendo áreas desfavorables para la cimentación de estructuras las circunscritas a las partes bajas, adyacentes a las orillas ribereñas, y las cercanas a los afloramientos rocosos, se recomienda no cimentar en ellas. Las áreas bajas están sujetas a inundaciones durante la época de avenidas y presentan la napa freática alta. Las áreas adyacentes a los afloramientos rocosos amplifican las ondas sísmicas.

- Teniendo en cuenta que los daños sufridos por muchas estructuras a causa de los terremotos indican que las condiciones locales del suelo tienen una influencia notable en la estabilidad de las edificaciones, se recomienda en los distritos del estudio:

a) Se evite la ubicación de edificios en el límite entre suelos de composición y origen distintos, ya que en estos casos pueden producirse asentamientos diferenciales.

b) Se debe tratar de ubicar los edificios de modo que los cimientos se encuentren en una capa de características

físico-mecánicas balanceadas. De esta manera las condiciones de oscilación serán más uniformes y se evitarán los asentamientos diferenciales de las edificaciones.

c) En las zonas donde se detecten arenas sueltas, en estratos de potencia apreciable, será necesario darles un tratamiento adecuado de vibroflotación o pilotes de compactación de arena. Esto permitirá aumentar la capacidad portante y disminuir el riesgo de licuefacción y/o densificación por sacudimientos sísmicos severos.

d) En todos los casos, debido al riesgo sísmico de la zona, será necesario que el cálculo estructural de la cimentación contemple el efecto de la interacción suelo-estructura y la influencia de las condiciones locales especiales del suelo.

e) Se debe evitar la ubicación de edificaciones de importancia social o económicas sobre terrenos inestables o saturados de agua subterránea y, en general, en terrenos con espectación de un asentamiento diferencial significativo. En tales terrenos debe evitarse, en forma especial, la ubicación de edificios productores de energía.

f) En circunstancias en las que resulta necesario construir sobre terrenos con condiciones desfavorables del suelo, se deben efectuar los estudios geomecánicos e ingenieriles para probar la justificación técnico-económica de tales construcciones.

g) El efecto del agua de filtración, que origina pantanos en las áreas bajas, puede producir una importante disminución de la resistencia del suelo y aumentar el peligro potencial de licuefacción y de densificación por sollicitaciones sísmica. Por ello, es recomendable establecer un adecuado sistema integral de drenaje para deprimir la napa freática, previendo cualquier efecto de subsidencia que pueda producirse y que afecten las construcciones existentes.

CUARTA

Sobre los datos sismológicos:

- En un estudio para el diseño de estructuras anti-sísmicas, las intensidades y la frecuencia de los movimientos sísmicos son datos que deben conocerse para estimar el riesgo sísmico de un lugar determinado.

- Con el objeto de lograr zonificaciones y microzonificaciones sísmicas adecuadas, se deben efectuar estudios conducentes a la determinación de los diferentes sismos esperados y sus epicentros probables, que puedan conmocionar a distintas ciudades de nuestro país.

- Son necesarios prolijos estudios dirigidos a la determinación precisa de la magnitud de los sismos, para lograr resultados ajustados con la realidad de los datos macrosísmicos.

- La predicción de la ocurrencia de eventos sísmicos requiere la formulación de modelos probabilísticos basados en la geología local y adaptados a la historia sísmica de la región considerada.

QUINTA

Sobre las viviendas y los daños:

- Se recomienda mejorar las construcciones de adobe, contar con adecuados procedimientos de diseño y de análisis para las construcciones de este tipo; además, mejorar los métodos constructivos y la calidad de los materiales empleados.

- No es recomendable construir viviendas de adobe sobre suelos blandos o sueltos, ni en suelos de capacidad portante inferior a 2 kg/cm^2 .

- Para obviar las deficiencias en las construcciones de ladrillos, es recomendable que en los proyectos se tomen en consideración una densidad de muros equilibrada en las dos direcciones principales; que las columnas y vigas de amarre sean conectadas cuidadosamente; que las columnas se ubiquen en las esquinas y a no más de 5 metros una de otra; que los vanos de puertas y ventanas sean debidamente reforzados con dinteles; que los muros se dispongan simétricamente; etc. Además, es menester que la calidad de los materiales de construcción sean congruentes con las es

pecificaciones de diseño; asimismo, aquéllos deben estar sujetos a un control de calidad, y que el procedimiento constructivo observe estrictamente todas las normas especificadas en los planos.

- Las estructuras de concreto armado deben ser reparadas y/o reforzadas para que sean estructuraciones anti-sísmicas. Entre otras medidas, es necesario impedir el incremento de fuerza cortante por efecto de las columnas "cortas", durante un evento sísmico, que ocasionen en el futuro fallas localizadas de mayor significación que las ya producidas.

- La reconstrucción y/o rehabilitación de las viviendas, medida coyuntural en la zona afectada, exige la coordinación de las autoridades locales con los organismos pertinentes para solucionar sus múltiples problemas. En este sentido, éstos deben proveer asistencia técnica y financiera a los damnificados para no cometer errores durante la ejecución del proceso de reconstrucción y/o rehabilitación.

- La educación de los pobladores en materia sísmica es un factor esencial que no debe prescindirse al planificar la prevención de los desastres sísmicos. Al respecto, es conveniente explicarles, a través de exposiciones y publicaciones adecuadas, las causas de las destrucciones de las viviendas por efecto de los sismos, destacando los peligros que representan las construcciones no aptas para soportar los efectos sísmicos. Es indispensable, a través de

estos medios, crear conciencia entre propietarios y usuarios de viviendas, sobre la responsabilidad que les corresponde en el comportamiento de la construcción frente a un sismo, haciéndoles comprender que su negligencia contribuye a aumentar la magnitud del desastre.

Para la construcción de viviendas en los ámbitos urbanos y rurales del área en estudio, deben elaborarse pequeños manuales que contengan, a través de sencillas especificaciones, las condiciones mínimas que las hagan anti-sísmicas, según los materiales empleados, de preferencia los de uso tradicional.

SEXTA

Sobre el Expediente Urbano y Regional de los Valles de Chilca, Mala y Asia:

- El expediente desarrollado a un nivel preliminar debe ser completado para posibilitar la Planificación Urbana y Regional de la microregión, condición sine qua non para el desarrollo de la misma.

- Si en el proceso de rehabilitación son imprescindibles nuevos desarrollos urbanos, éstos deben planificarse teniendo en cuenta, además de los factores habituales (espacio regional, planes económicos, etc.), los emplazamientos sísmicamente favorables.

- Para formular los distintos planes específicos de reconstrucción y rehabilitación, en cada uno de los sectores afectados, se recomienda que los organismos pertinentes, en forma coordinada, realicen una evaluación exhaustiva de los daños ocasionados y el estudio de los recursos disponibles.

Entre otras medidas para mejorar la situación actual de los diversos sectores económicos afectados (salud, vivienda, educación, agropecuario, etc.), que eviten su progresivo agravamiento, están:

En el sector salud se deben mejorar los promedios cama/habitante y médico/habitante, contar con un equipamiento instrumental médico y personal auxiliar indispensable, convenientemente distribuidos.

En el sector vivienda deben incluirse, en primer lugar, Programas de Viviendas que contemplen la construcción de las mismas según las necesidades, la habilitación de tierras para nuevos desarrollos urbanos indispensables, la provisión de asistencia técnica y financiera; en segundo lugar, Programas de Infraestructura Urbana que consideren la amplia cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, la construcción de servicios comunales y la restauración de edificios públicos; y, en tercer lugar, Programas de Desarrollo Urbano que permitan el desarrollo or-

denado de las ciudades.

En el sector educación, dentro de los objetivos de mediano plazo, conviene elaborar un programa de inversiones para la habilitación y rehabilitación de los centros escolares, de modo que considere la reparación y/o reforzamiento de los centros escolares afectados y, también, la construcción y equipamiento de núcleos educativos y nuevos establecimientos escolares.

En el sector agropecuario se requiere mejorar la utilización de la mano de obra existente, el uso de tierras más aprovechadas y la utilización del agua que se desperdicia para ampliar las áreas regadas. Esta estrategia debe estar apoyada en programas de Desarrollo de Recursos Hidráulicos, de Desarrollo Agropecuario, de Infraestructura de Servicios Generales y Comunitarios, etc.