

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PLANEAMIENTO FISICO DE LA REGION GRAU PARA
LA MITIGACION DE DESASTRES**

**MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE PIURA Y
LINEAMIENTOS DE DESARROLLO URBANO PARA LA
MITIGACION DE DESASTRES NATURALES**

T E S I S
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL

BERTHA MADRID CHUMACERO

Lima - Perú
1991

PROGRAMA

RESUMEN

ALCANCES DE LOS ESTUDIOS

I.-ASPECTOS GENERALES

- 1.1 Ubicación geográfica y descripción.
- 1.2 Climatología.
- 1.3 Fenómeno El Niño y las alteraciones climatológicas.

II.-ASPECTO SOCIOECONOMICO.

- 2.1 Aspecto poblacional y proyecciones al año 2020.
 - 2.1.1 Población e índice de crecimiento poblacional urbana y rural de Piura y Castilla.
 - 2.1.2 Población urbano marginal de Piura y Castilla.
- 2.2 Aspecto económico a nivel de Microregión del Bajo Piura.
- 2.3 Situación actual de la vivienda.

III.- CARACTERISTICAS BASICAS.

- 3.1 Características Topográficas.
- 3.2 Características Geológicas
- 3.3 Características Geomorfológicas.
- 3.4 Características Hidrológicas e Hidrogeológicas.
 - 3.4.1 Hidrología.
 - 3.4.1.1 Morfología del río Piura.
 - 3.4.1.2 Comportamiento del río Piura durante las máximas avenidas ocurridas en el año 1983.
 - 3.4.1.3 Régimen de descargas del río -- Piura en la estación puente Sanchez Cerro.
 - 3.4.1.4 Distribución de frecuencias.
 - 3.5 3.4.2 Hidrogeología.
 - 3.4.2.1 Los acíferos en la ciudad de Piura.
 - 3.4.2.2 Napa superficial.
 - 3.4.2.2.1 Problemática de la Laguna negra y sus efectos

- 3.4.2.3 Mapa de nivel de napa freática y zonas inundables.
- 3.5 Características de los fenómenos geodinámicos.
 - 3.5.1 Internas.
 - 3.5.1.1 Actividad sísmica de Piura.
 - 3.5.1.1.1 Sismicidad histórica.
 - 3.5.1.1.2 Sismicidad instrumental
 - 3.5.1.2 Medidas de control para la mitigación de desastres sísmicos.
 - 3.5.2 Externas.
 - 3.5.2.1 Inundaciones
 - 3.5.2.1.1 Por desborde de río.
 - 3.5.2.1.2 Por precipitación pluvial.
 - 3.5.2.2 Identificación de áreas inundables en Piura y Castilla.
 - 2.3 Medidas de control de inundación.
 - 3.5.2.3.1 Sistema de evacuación pluvial.
 - 2.4 Erosión del cauce y riberas del río Piura.
 - 2.5 Medidas de control de erosión.
 - 3.5.2.5.1 Defensas ribereñas del río Piura.
- 3.6 Características de mecánica de suelos de la ciudad de Piura.
 - 3.6.1 Principales características dinámicas de suelos.
 - 3.6.2 Licuación como potencial de riesgo.
 - 3.6.2.1 Potencial de licuación de suelos por acción sísmica.
 - 3.6.2.2 Identificación de áreas susceptibles del fenómeno de licuación de suelos.
 - 3.6.3 Microzonificación del potencial de peligro.

IV.- ESTRUCTURA URBANA Y VULNERABILIDAD PRELIMINAR DE LA CIUDAD DE PIURA

- 4.1 Características de la estructura urbana de Piura y Castilla.
- 4.2 Proceso de urbanización y sus efectos en el aspecto físico y socioeconómico.
 - 4.2.1 Modalidad de urbanización y vulnerabilidad.
- 4.3 Uso actual del suelo.
- 4.4 Sistema de infraestructura urbana.
 - 4.4.1 Estado actual del sistema de agua potable y alcantarillado.
 - 4.4.2 Análisis preliminar de la vulnerabilidad y medidas de prevención de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado.
 - 4.4.3 Sistema de abastecimiento de energía eléctrica.
 - 4.4.4 Estado general del sistema de transportes y-

Sistema vial y condiciones de vulnerabilidad.

Transporte aéreo.

- . . 3 Funciones que desempeñan los medios de comunicación en prevención y mitigación de desastres naturales.

V.-ANALISIS DE LAS AREAS DE EXPANSION URBANA Y LINEAMIENTOS DE DESARROLLO URBANO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES.

- 5.1 Factores a considerar en la selección de áreas de expansión urbana.
- 5.2 Selección de áreas adecuadas para el desarrollo urbano.
- 5.3 Medidas de seguridad ante la ocurrencia de desastres considerando las condiciones naturales existentes en cada área.

VI.- PROBLEMAS DETECTADOS Y FUTURAS INVESTIGACIONES.

- 14.-Martínez Vargas,A.:Mapas geotécnicos para dinámica de -
suelos.1991.Memorias del seminario .Taller de dinámica
de suelos.CISMID-UNI .
- 15.- Mecánica de suelos para determinación de capacidades
portantes para las cimentaciones de edificaciones en -
Piura y Castilla.Diversas informaciones.1982-1990.
- 16.-Revista científica técnica cultural .Junio-Julio 1988.
UNI-FIC.
- 17.- Romero,Gilberto.:Desastres naturales y sociedad en A-
mérica Latina.Comisión de desarrollo urbano y Regional.
1984.
- 18.-Alteraciones climatológicas y sus efecto económicos y -
sociales en los Dptos.de Piura y Tumbes .Piura,Octubre
1983.UNP.
- 19.-Aspectos científicos sobre el fenómeno El Niño y su in-
cidencia en la Región Piura -Tumbes.Piura,1985.Ediciones
Ubillús.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Arestegui Navarro, J.: Determinación y análisis de la curva Regional de frecuencia de máximas avenidas del Río Piura. Tesis de Grado UNA, 1983.
- 2.-CISMID: Memorias del 1er Simposium Nacional de prevención y mitigación de desastres naturales. Lima, 1-3 Junio 1987.
- 3.-CISMID: Los desastres naturales y los planes de desarrollo económico y social de la Región Grau. Lima, 7-12 Febrero - 1990.
- 4.-CISMID: Seminarios en Ecuador, Colombia y Venezuela. 3-10 Diciembre 1990.
- 5.-DEPECHP: Proyecto de Rehabilitación del Bajo Piura. Presa-Derivadora Los Ejidos. Informe geotécnico, 1981.
- 6.-DEPECHP: Información pluviométrica de estaciones controladas por la dirección de Hidrología y meteorología, 1989, 1990.
- 7.- Chávez, Sonia.: Influencia del represamiento Los en la napa freática de la ciudad de Piura. Tesis b UNA, 1986.
- 8.-Huaco, Daniel y Rodríguez, Leandro.: Actividad Sísmica en la zona de embalse Chira-Piura. Instituto Geológico del Perú. Noviembre, 1977.
- 9.- INADUR: Estudios de preinversión para localizar y dimensionar programas de vivienda. Vol. I, II. 1989.
- 10.-Martínez Vargas, Alberto.: Estudios de pistas y veredas . Avenida Grau. Piura. Agua y Agro AA.S.A-CORPIURA. 1984.
- 11.-Martínez Vargas, A.: Tratamiento de la cimentación de las defensas ribereñas del Río Piura, ciudades de Piura y Castilla. Conferencia CIP. 1986. Comité de Mecánica de suelos Fundaciones y Mecánica de rocas Lima-Perú.
- 12.-Martínez Vargas, A.: Tratamiento Defensa Ribereñas en Piura-Perú. 1987. VIII Congreso Panamericano Sociedad Internacional de Mecánica de suelos . Cartagena-Colombia.
- 13 Martínez Vargas, A.: Geotecnia para ingenieros. Principios básicos. 1990, Editor lluvias.

SUMARIO

La Región Grau, conformada por los Departamentos de Piura y Tumbes, fue la primera en crearse en el país (D.L. N° 24793, del 1-03-1988), en elegir a sus autoridades e instalar un cuerpo legislativo. Está situada en la zona Nor-occidental del Perú y es azotada con cierta periodicidad por intensas precipitaciones, como sucedió en 1925 y 1983, generadas por el fenómeno de "El Niño" que impactó devastadoramente en la población y economía de la Región. Además, la Región Grau está situada en una zona de alta sismicidad, evidenciada por los sismos en los años 1912, 1953 y 1970, que fueron de carácter catastrófico.

Conscientes de esta realidad para estudiar esta problemática, el CISMID de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, eligió a esta Región para realizar un estudio modelo, que aplique la técnica de la microzonificación en la prevención de desastres naturales y para que la experiencia que se obtenga puede aplicarse a las otras 11 regiones del País. Estos estudios conforman el "Plan Nacional para la Prevención y Mitigación de Desastres", dentro del marco trazado por la Octagésima Quinta Asamblea General de las Naciones Unidas, que decretó a partir del primero de Enero de 1990, como fecha del comienzo del "Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales".

El presente trabajo forma parte de este estudio modelo y tiene como principal objetivo determinar el potencial de peligro a la que está expuesta la ciudad de Piura ante la ocurrencia de fenómenos naturales, tales como sismos y principalmente inundaciones, mediante la Microzonificación, herramienta clave para el planeamiento urbano que permite seleccionar las ubicaciones y usos de las zonas para el desarrollo urbano, para la mitigación de desastres naturales según las características locales.

Los distritos de Piura y Castilla están separados por el Río Piura, el cual cruza la ciudad de Norte a Sur, constituyendo una sola unidad urbana; ocupa una superficie de 3,479.5 Has., con una población estimada a 1990 de 333,949 habitantes. La ciudad de Piura es la más importante en la Región Grau y se caracteriza por ser el centro administrativo, comercial, de industria liviana y de servicios en general.

La ciudad de Piura ha experimentado un acelerado crecimiento poblacional generada principalmente por el aporte migracional intensificado por el desastre pluvial de 1983 y a la vez el aumento de Asentamientos Humanos que representan más del 50 % de la población urbana, ubicados mayormente en áreas no recomendables; tal es el caso de los Asentamientos del sector Suroeste ubicados en las zonas más bajas (localidad de Piura) cuyas viviendas colindan con los drenes pluviales que discurren hacia dichas zonas y donde antiguamente estaba ubicada una laguna de oxidación, siendo por lo tanto zona inundable. Esto constituye un alto riesgo en caso de producirse el fenómeno "El Niño".

El incremento acelerado de viviendas, es un reflejo del crecimiento demográfico y muchas de ellas presentan condiciones inadecuadas de habitabilidad y seguridad (43 % del total de 50,059 viviendas), siendo vulnerables al impacto de fenómenos naturales, principalmente en el área central antigua y Asentamientos Humanos.

La topografía es generalmente llana, con escasas diferencias de niveles que fluctúan entre los 25 y 40 m.s.n.m. en cuyas zonas deprimidas se asientan Urbanizaciones y Asentamientos Humanos. La pendiente promedio en la localidad de Piura se manifiesta en el sentido Noreste a Sureste y en Castilla en el Suroeste.

La información hidrológica nos da una imagen cabal del comportamiento histórico de las descargas del río Piura y una idea de lo que causarían ambos factores: lluvias y caudales sobreabundantes; y más grave aún, si ocurriría además un sismo.

La variación de tales descargas está estrechamente relacionada con el régimen pluviométrico de la zona de estudio, influenciado directamente por las variaciones climáticas relacionadas con el fenómeno de "El Niño" que se presenta a veces con inusitada intensidad, como el ocurrido en 1983. En ese año los caudales registrados superaron los 3,000 m³/seg., originando erosiones y socavación del lecho (arenoso y escasa pendiente), poniendo en peligro las estructuras existentes y las edificaciones ubicadas en ambas márgenes.

Las lluvias torrenciales ocasionaron daños de consideración, inundando zonas bajas y grandes zonas planas, carentes de un sistema de drenaje pluvial, formándose inmensas lagunas. Grandes flujos de agua y lodo escurrieron por antiguas quebradas, provocando destrucción total a la infraestructura vial, servicios básicos, colapso y deterioro de muchas edificaciones, entre otros.

La condición de fisiografía y la ausencia de un eficiente sistema de drenaje, fueron las causas principales de los daños que originaron inundaciones por precipitaciones pluviales ese año.

En la actualidad, el mantenimiento del sistema de evacuación pluvial es deficiente y las defensas ribereñas construidas parcialmente, dan en parte solución al problema de drenaje superficial; pero es necesario completar la zona crítica de El Chipe (margen derecha) y tramos de la margen izquierda, para mitigar los daños por erosión e inundaciones.

La ciudad de Piura se ubica dentro de una zona de gran actividad sísmica, conforme dan a conocer los datos históricos de 160 años que dan algunas ocurrencias de daños por sismos del orden de VIII a IX MM; como el de 1912, con destrucción total de la ciudad, destacando las manifestaciones de efectos locales de licuación en el lecho seco del río Piura.

La recopilación de estudios geotécnicos existentes, más los trabajos de campo realizados recientemente en el área de estudio, determinaron que en general, el subsuelo está conformado por depósitos materiales finos de origen eólico y aluvial, predominantemente arenoso y areno-limoso suelto a medianamente denso, existiendo en ciertos sectores niveles freáticos superficiales. Hacia el sector Este en Piura y Oeste en Castilla, se encuentran estratos superficiales compuestos de arenas arcillosas y arenas limosas compactas y medianamente compactas.

La información recopilada de ensayos de penetración estándar revelan valores de "N" en algunas zonas, inferiores a 10; existiendo la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos arenosos con niveles freáticos de poca profundidad. Por lo tanto constituye un riesgo sísmico para ciertos sectores consolidados.

En el Período 1,990-1,995 se estima una tasa de crecimiento poblacional promedio de 2.95 % anual, significando un incremento demográfico importante y un requerimiento de viviendas de 21,805 unidades. Por lo tanto, tendrá que habilitarse 428 Has. para uso residencial en áreas recomendadas.

La tendencia del crecimiento urbano actual, se desarrolla adecuadamente en Piura, hacia el Norte, Nor-Oeste y Oeste. Hacia el Sur-Oeste no es recomendable la expansión urbana, pues constituyen zonas bajas y condiciones de suelos desfavorables. En Castilla se desarrolla adecuadamente hacia el Norte y Nor-Este.

Al término del presente trabajo se dan las siguientes recomendaciones, que utilizadas en forma adecuada servirán para mitigar los efectos de futuros eventos:

La amenaza de los fenómenos naturales, la experiencia del desastre pluvial de 1983 y la expansión urbana rápida y descontrolada hace que sean imprescindibles considerar dichos fenómenos en los planes de desarrollo económico y social de la

ciudad de Piura; además debe realizarse programas educativos de difusión masiva, para mitigar sus efectos y lograr un crecimiento seguro.

- Determinar la vulnerabilidad de la infraestructura física y urbana (edificaciones, servicios públicos vitales y obras civiles) y diagnosticar el impacto socio-económico que tendrían los desastres naturales en la ciudad, con la finalidad de ejecutar acciones que tiendan a reducir la vulnerabilidad existente.
- Debe efectuarse el planeamiento del uso del suelo para guiar su crecimiento hacia zonas seguras, que sea más económico y además desarrollarlo, con apoyo de las autoridades Municipales y participación activa de la población.
- Que se implemente de inmediato el Comité Provincial para la Prevención y Mitigación de Desastres Naturales.
- Ante la posible ocurrencia del fenómeno de "El Niño", se deben ejecutar acciones preventivas en forma prioritaria. Entre estas tenemos:
 - Obras a corto plazo: ampliación y mejoramiento de drenes existentes para tener el sistema apto para la evacuación, desarenamiento y deshiervo del cauce del río Piura.
 - Obras a mediano plazo:
 - Continuación de las defensas ribereñas en la margen derecha principalmente, aguas arriba del puente S. Cerro.
 - Construcción de pases vehiculares y peatonales en los drenes.
 - Entubados de drenes y reconstrucción de rejillas.
 - Pavimentación de concreto de vías canales.
 - Obras a largo plazo: estudio de factibilidad general de agua potable y alcantarillado y desagüe pluvial subterráneo impulsado mediante bombeo, teniendo en cuenta la utilización de aguas servidas y pluviales para el desarrollo agrícola.

Mediante una adecuada planificación y eliminación o reducción de situaciones de vulnerabilidad, es posible reducir los riesgos producidos por los desastres naturales.

ALCANCES

Dado el enfoque del presente trabajo y las limitaciones que se presentaron en la disponibilidad de los datos de la zona de estudio, para el estudio geotécnico (que constituye el fundamento de los estudios de Microzonificación) a nivel general de la ciudad de Piura, se ha obtenido un Mapa de Tipos de Suelos Predominantes, principalmente en función de su estado de compacidad y profundidad a niveles freáticos, que puedan influir en el comportamiento sísmico del subsuelo de la zona de estudio.

Se ha realizado una evaluación preliminar del potencial de licuación de suelos, encontrándose condiciones críticas que pueden originar este fenómeno ante un sismo intenso de VII u VIII MM.

Conscientes de las limitaciones de la información utilizada se considera que las zonas definidas en el Mapa de Microzonificación de los peligros que amenazan a la ciudad de Piura, son de carácter preliminar y deben ser tomadas como base para estudios de investigación posteriores.

Además de identificar zonas sometidas a los fenómenos naturales, durante el trabajo de campo, se detectaron zonas de probable vulnerabilidad frente a un desastre producido por sismos e inundaciones, dadas las características físicas de la estructura urbana (tipos de materiales de construcción, estructuración deficiente, antigüedad, etc.).

La ocurrencia de un sismo severo o fenómeno de "El Niño" sobre las condiciones de vulnerabilidad existentes nos lleva a estimar el riesgo de un desastre. Resaltando la vulnerabilidad en forma preliminar de los servicios públicos vitales, para tomar posteriormente medidas más específicas tendientes a mitigar los efectos destructores que ocasionan estos fenómenos.

Lo más importante de este trabajo es el hecho de que este tipo de investigación se realice "a priori" de un evento severo, lo que se traduce en una minimización de daños materiales y pérdidas de vidas humanas.

Se espera que la información contenida en este trabajo, contribuya al conocimiento de los fenómenos geodinámicos que amenazan a la ciudad de Piura y la microzonificación obtenida, sea considerada en la planificación para el desarrollo y seguridad de dichas áreas, y que la metodología seguida, pueda ser aplicada en el estudio de áreas propensas a desastres naturales de las demás ciudades del país.

INDICE

	Pág.
Resumen.	I
Alcance de los Estudios.	VI
I.- ASPECTOS GENERALES.	1
1.1 Ubicación Geográfica y Descripción.	1
1.2 Climatología.	1
1.2.1 Parámetros Climatológicos.	2
1.3 Fenómeno El Niño y las Alteraciones Climáticas.	5
1.3.1 El Niño 1982-1983 en Piura.	6
1.3.2 Conclusiones y Recomendaciones.	8
II.- ASPECTO SOCIO-ECONOMICO.	10
2.1 Aspecto Poblacional y Proyecciones al año 2020.	10
2.1.1 Población e Índice de Crecimiento Poblacional Urbana y Rural de Piura y Castilla	10
a) Según Censos 1972 y 1981.	10
b) Proyecciones de la Población Urbana y Rural al 2020.	11
2.1.2 Zonas Residenciales y Distribución de Clases Sociales.	14
2.1.3 Población Urbano Marginal de Piura y Castilla.	15
2.2 Aspecto Económico a Nivel de Microregión del Bajo Piura.	17
2.3 Situación Actual de la Vivienda.	19
2.3.1 Déficit de Vivienda.	20
2.3.2 Estratificación Socio-económica de la Demanda de Vivienda.	23
2.3.3 Características Físicas de las Viviendas.	25
III.- CARACTERISTICAS BASICAS: CONDICIONES FISICAS LOCALES.	28
3.1 Características Topográficas del Medio Urbano.	29
3.2 Características Geológicas.	30
3.2.1 Del Bajo Piura.	30
3.2.2 Del Area de Estudio.	32
3.3 Características Geomorfológicas.	34
3.3.1 Del Bajo Piura.	34
3.3.2 Fotointerpretación Geomorfológica de la Ciudad de Piura.	37
3.4 Aspectos Hidrológicos e Hidrogeológicos.	38
3.4.1 Hidrología.	38
3.4.1.1 Morfología y Evolución del Río Piura	39
3.4.1.2 Régimen de Descargas de Descargas del Río Piura en la Estación Puente S. Cerro.	41

	Pág.
3.4.1.3 Comportamiento del Río Piura durante las máximas avenidas ocurridas en 1983.	41
a.- Caudales Picos del Río Piura.	43
b.- Relación entre Precipitación y Descarga.	44
3.4.1.4 Análisis de Frecuencia del Río Piura y Selección de Años Típicos.	45
3.4.1.5 Distribución de Frecuencias.	46
3.4.2 Hidrogeología.	46
3.4.2.1 Los Acuíferos en la Ciudad de Piura.	46
3.4.2.2 Napa Superficial.	47
a.- Alimentación de la Napa Superficial y Confinada.	48
b.- Profundidad y Dirección de Flujo	49
c.- Influencia de la Presa Derivadora "Los Ejidos" sobre la napa freática.	50
d.- Efectos Nocivos de la Napa Freática.	52
3.5 Fenómenos Geodinámicos y Microzonificación del Potencial de Peligro.	54
3.5.1 Internos.	54
3.5.1.1 Actividad Sísmica de Piura.	54
a.- Sismicidad Histórica de Piura.	55
b.- Sismicidad Instrumental.	62
3.5.1.2 Intensidades Epicentrales e Isocistas de Sismos ocurridos en la Región.	62
3.5.1.3 Distribución Espacial de la Actividad Sísmica.	64
3.5.1.4 Análisis Sismotectónico.	66
3.5.1.5 Riesgo Sísmico de Piura.	67
a.- Mapa de Isoaceleraciones.	68
b.- Período de Retorno y Probabilidad de Ocurrencia de Intensidades.	69
c.- Sismos Máximos y Sismos Probables de Diseño.	69
3.5.1.6 Medidas de Control para la Mitigación de Desastres Sísmicos.	71
3.5.2 Externos.	75
3.5.2.1 Inundaciones.	75
a.- Por desborde de Río.	75
b.- Por Precipitación Pluvial.	78
3.5.2.2 Identificación de Areas Inundables.	83
a.- Problemática de la Laguna Negra y sus Efectos.	85

	Pág
3.5.2.3 Medidas de Control de Inundación:	
Sistema de Evacuación Pluvial de la Ciudad de Piura.	87
a.- Evaluación del Estado Actual y Medidas Preventivas para Control de Inundaciones.	90
3.5.2.4 Erosión del Cauce y Riveras del Río Piura	98
a.- Condiciones del Cauce del Río Piura durante el período pluvial de 1983.	99
b.- Zonas Críticas en las Márgenes del Río Piura.	101
3.5.2.5 Medidas de Control de Erosión:	
Encauzamiento y Defensas Ribereñas del Río Piura.	101
3.6 Características de Mecánica de Suelos de la Ciudad de Piura.	106
3.6.1 Recopilación de Estudios de Suelos.	106
3.6.2 Tipos de Suelos Predominantes.	107
a.- Tipos de Suelos.	108
b.- Estudio de Suelos del Cauce del Río Piura.	112
3.6.3 Incidencia de las Lluvias de 1983 en los Suelos de la Ciudad de Piura	114
3.7 Análisis de Deformación por Sismo.	115
3.7.1 Licuación como Potencial de Riesgo.	115
3.7.1.1 Evaluación preliminar del potencial de licuación por acción sísmica.	117
a.- Variación del Valor de "N" en el área Urbana.	117
b.- Valor Crítico de "N".	117
c.- Comparación de los Valores de "N" registrados con los valores críticos.	119
d.- Identificación de Areas Susceptibles al Fenómeno de Licuación de Suelos.	120
3.8 Microzonificación del Potencial de Peligro.	121
IV.- ESTRU URBANA Y VULNERABILIDAD PRELIMINAR DE LA CIUDAD DE PIURA.	124
4.1 Etapas del Crecimiento Histórico de la Ciudad de Piura.	124
4.2 Características de la Estructura Urbana de la Ciudad de Piura.	125
4.3 Uso Actual del Suelo.	126
4.4 Densidad y Sectorización.	130
4.5 Proceso de Urbanización y sus Efectos en el Aspecto Físico y Socio-económico.	131
4.5.1 Modalidad de Urbanización y Vulnerabilidad.	131
4.5.2 Efectos en el Aspecto Físico y Socio económico.	132

	Pág.
4.6 Vulnerabilidad Preliminar de la Ciudad de Piura y Riesgos de Desastre.	134
4.6.1 Vulnerabilidad de la Ciudad de Piura.	134
4.6.2 Riesgo de Desastre.	138
4.7 Necesidad de un Plan Urbanístico.	139
4.8 Sistema de Infraestructura Urbana.	140
4.8.1 Estado Actual del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado.	141
4.8.2 Análisis Preliminar de la Vulnerabilidad y Medidas de Prevención de los Servicios Básicos.	146
4.8.3 Sistema de Abastecimiento de Energía Eléctrica.	150
4.8.4 Estado General del Sistema de Transporte y Comunicaciones.	151
a.- Sistema Vial y Condiciones de Vulnerabilidad.	151
b.- Transporte Aéreo.	155
c.- Situación del Sistema de Comunicación.	156
d.- Funciones que desempeñan los Medios de Comunicación en Prevención y Mitigación de Desastres Naturales.	157
V.- AREAS DE EXPANSION URBANA Y LINEAMIENTOS DE DESARROLLO URBANO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES.	158
5.1 Factores Considerados en la Selección de Areas de Expansión Urbana.	158
5.2 Selección de Areas adecuadas para el Desarrollo Urbano.	158
VI.- PROBLEMAS DETECTADOS Y SUS INVESTIGACIONES.	161
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	168
a.- Conclusiones.	168
b.- Recomendaciones.	175
ANEXOS.	
BIBLIOGRAFIA.	

RELACION DE CUADROS

CAP. I

- 1.- Parámetros Climatológicos.

CAP. II

- 1.- Índice Poblacional Anual 1972-1981.
- 2.- Proyección de la Población de Piura-Castilla.
- 3.- Tasa de Crecimiento Poblacional Urbana y Rural de Piura-Castilla.
- 4.- Población proyectada según Concentración Urbana y Rural. Piura-Castilla. 2000-2020.
- 5.- Población de Asentamientos Humanos con respecto a la Ciudad de Piura-Castilla.
- 6.- Area Urbana de Piura. Población de Asentamientos Humanos.
- 7.- Población de Asentamientos Humanos en Piura-Castilla. 1989.
- 8.- Porcentaje de la PEA, según categorías ocupacionales.
- 9.- Población, Hogares, Viviendas, Incrementos y Tasas de Crecimiento. 1972-1981-1989.
- 10.- Tipos de Viviendas en la Ciudad de Piura. 1972-1981-1989
- 11.- Demanda Estratificada de Vivienda Nueva: 1989-1991-1995. Ciudad de Piura.
- 12.- Estratificación Socio-Económica de la Demanda de Viviendas según hogares. Piura-Castilla. 1989.
- 13.- Síntesis del Diagnóstico de Vivienda de la Ciudad de Piura.

CAP. III

- 1.- Caudal y Período de Retorno.
- 2.- Período de Retorno y Aceleración.
- 3.- Sismo Máximo y sismo probable de diseño.
- 4.- Variación del cauce del Río Piura.
- 5.- Valor Crítico de "N". Índice de Intensidad Sísmica.
 $I_s=6$. (VII MM).
- 6.- Valor Crítico de "N". Índice de Intensidad Sísmica.
 $I_s=6$. (VIII MM).

CAP. IV

- 1.- Conexiones domiciliarias y Población servida de Agua Potable de Piura-Castilla.
- 2.- Conexiones domiciliarias y Población servida de Alcantarillado. Piura-Castilla.
- 3.- Servicios Básicos de las Viviendas según Clasificación de Adecuados e Inadecuados en la Ciudad de Piura. 1972-1981-1989.

FIGURAS.

CAP. I

- 1.- Ubicación Geográfica - Departamento de Piura.

CAP. II

- 1.- Demarcación Política Demográfica. Provincia de Piura.

CAP. III

- 1.- Esquema de los elementos de la ecuación del Embalse Hídrico Actual en la zona afectada por Napa Freática con profundidad menor de 3.0 mts.
- 2.- Curvas de Nivel Freático - 1986.
- 3.- Actividad Sísmica. 1979.
- 4.- Mapa de Isocistas de Sismos de 1912, 1953 y 1970.
- 5.- Actividad Sísmica y Cortes.
- 6.- Perfil de Profundidades Focales BB'.
- 7.- Perfil de Profundidades Focales AA'.
- 8.- Zonas afectadas por los sismos 1555-1974.
- 9.- Esquema Sismotectónico.
- 10.- Regionalización Sismotectónica.
- 11.- Isoaceleraciones para períodos de 10, 25, 50 y 100 años.
- 12.- Período de Retorno y Probabilidad de Ocurrencia e Intensidades.
- 13.- Perfil Estratigráfico A-A.
- 14.- Perfil Estratigráfico DD y EE.
- 15.- Perfil Estratigráfico JJ de acuerdo al valor "N".

GRAFICOS.

CAP. I

- 1.- Temperaturas Medias Anuales.
- 2.- Temperaturas Medias Mensuales.
- 3.- Precipitación Anual.
- 4.- Climograma.

CAP. II

- 1.- Población Urbana y Rural de la Ciudad de Piura según Censos.
- 2.- Proceso de Crecimiento de la Población Urbana de Piura-Castilla.
- 3.- Aspecto Socio-Económico a Nivel de Microregión del Bajo Piura..

CAP. III

- 1.- Descarga Máxima probable en el Río Piura. Estación Puente Sánchez Cerro - Período 1925-1989.
- 2.- Picos de Avenidas en $m^3/seg.$ Año 1983.
- 3.- Clasificación de Años Característicos.
- 4.- Río Piura: 1925-1990. Masas Anuales. Curvas de Duración.
- 5.- Período de Retorno y Probabilidad de Ocurrencia de Intensidades.

RELACION DE LAMINAS

CAP. II

- 1.- Zonas Residenciales y Distribución de Clases Sociales.

CAP. III

- 1.- Topografía.
- 2.- Geología Bajo Piura.
- 3.- Geología y Geomorfología del Río Piura.
- 4.- Geomorfología Bajo Piura.
- 5.- Fotointerpretación Geomorfológica de la Ciudad de Piura.
- 6.- Nivel Napa Freática. 1970.
- 7.- Efectos del fenómeno "El Niño" e identificación de zonas inundables.
- 8.- Sistema de Evacuación Pluvial.
- 9.- Ubicación de Calicatas y Perforaciones.
- 10.- Tipos de Suelos.
- 11.- Cortes Longitudinales.
- 12.- Perfiles Estratigráficos del Subsuelo.
- 13.- Napa Freática Superficial y Efectos Sísmicos.
- 14.- Microzonificación del Potencial de Peligro.

CAP. IV

- 1.- Evolución Histórica de la Ciudad de Piura.
- 2.- Situación Actual de la Ciudad de Piura.
- 3.- Sectorización y Densidades.
- 4.- Materiales de Edificaciones.
- 5.- Altura de Edificaciones.
- 6.- Vulnerabilidad Preliminar de la Estructura Urbana.
- 7.- Riesgo de Desastre.
- 8.- Sistema Vial y Vulnerabilidad.
- 9.- Zonas de Expansión Urbana.

ANEXOS

ANEXO I

Informacion Meteorologica

ANEXO II

Cuadro # 1 Registro de caudales 1926-1990

Cuadro # 2 Frecuencias relativas y periodos de retorno de las descargas medio anuales del rio Piura.

Cuadro # 3 Magnitudes e intensidades.

Cuadro # 4 Aceleraciones horizontales maximas registradas en el area epicentral.

Cuadro # 5 Escala condensada de intensidades MM .Efectos en las construcciones.

Cuadro # 6 Perfiles estratigraficos representativos .

ANEXO III

Cuadro # 1 Densidad y sectorizacion Piura -1989.

Cuadro # 2 Densidad y sectorizacion .Castilla -1989.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACION GEOGRAFICA Y DESCRIPCION.

La zona de estudio se ubica en la provincia de Piura y abarca los distritos de Piura y Castilla (Figura N° 1).

La provincia se encuentra situada en la costa Noroeste del Perú, entre las coordenadas geográficas 4° y 6° de Latitud Sur y los 80° y 81° de longitud Oeste.

Su capital es la ciudad de Piura y su altitud corresponde a las cotas que varían de 26 a 42 m.s.n.m., ubicada geográficamente en el valle denominado Bajo Piura.

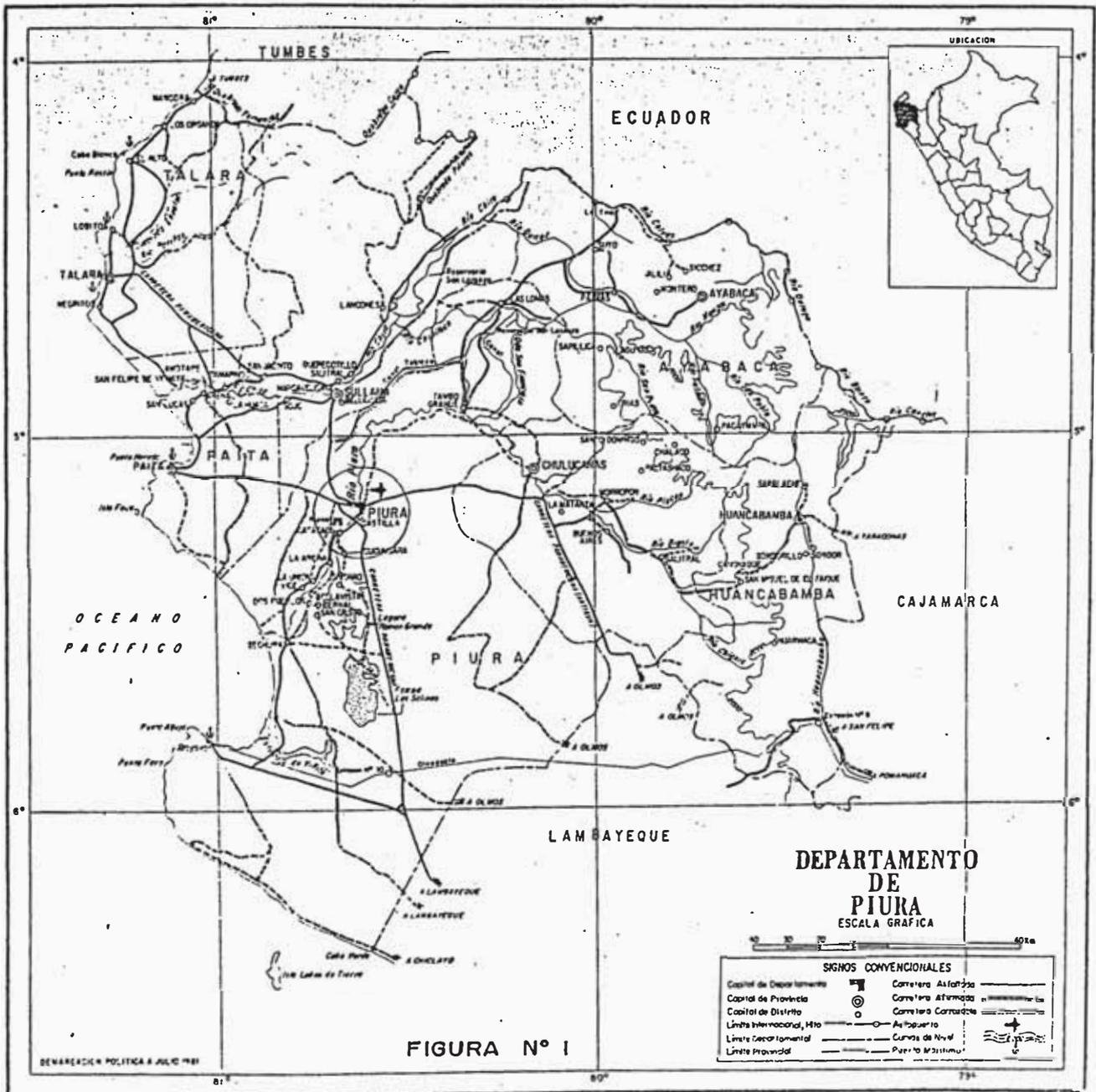
La ciudad de Piura está dividida políticamente en dos distritos: el distrito de Piura en la margen derecha del río del mismo nombre, y el de Castilla en la margen izquierda.

A pesar de esta división política y de la separación que realiza el río, ambos distritos constituyen una sola unidad urbana, ocupando una superficie de 3,479.58 Has., con una población estimada a 1990 de 333,197 habitantes.

La ciudad de Piura es el centro principal del sistema urbano de la Región Grau. Se caracteriza por ser el centro administrativo comercial, de industria liviana y de servicios en general.

1.2 CLIMATOLOGIA.

El estudio de las condiciones climáticas está orientada a evaluar los principales elementos climáticos que caracterizan al área en estudio. Para los efectos de dicha



evaluación se ha utilizado la información climatológica existente de estudios anteriores, así como la recopilada recientemente del Proyecto Chira-Piura.

De todas las estaciones existentes en la cuenca del río Piura, con fines del presente estudio, solamente se ha tomado en cuenta la estación de Miraflores cuya zona de influencia corresponde a la ciudad de Piura. Estos datos climatológicos son importantes para el planeamiento urbano, vial y agrícola.

1.2.1 PARAMETROS CLIMATOLOGICOS.

Como parámetros principales se determina la temperatura, presión atmosférica, precipitación, humedad relativa, evaporación y los vientos.

a.- TEMPERATURA. Con los datos proporcionados por el Dpto. de Hidrometeorología del Proyecto Chira-Piura se ha elaborado el Cuadro N° 1 en donde se aprecia la variación de los parámetros climatológicos.

Se observa la variación mensual de la temperatura media, máxima y mínima del registro histórico 1972-1989 cuya temperatura media anual es de 23.5°C con una desviación estándar de 0.7.

La temperatura máxima es de 33.9°C y se produce en el mes de Marzo, mientras la temperatura absoluta más baja desciende hasta 16.6°C y se produce en Agosto y Setiembre.

La temperatura media máxima se registra en los meses de Febrero (27.2°C) y Marzo(26.9°C). De Abril a Julio es de 23.0°C, de Agosto a Diciembre vuelve a aumentar progresivamente.

Las variaciones de las temperaturas medias mensuales y anuales del período histórico, se puede apreciar en los Gráficos N° 1 y 2.

GRADOS CENTIGRADOS

MIRAFLORES

TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES

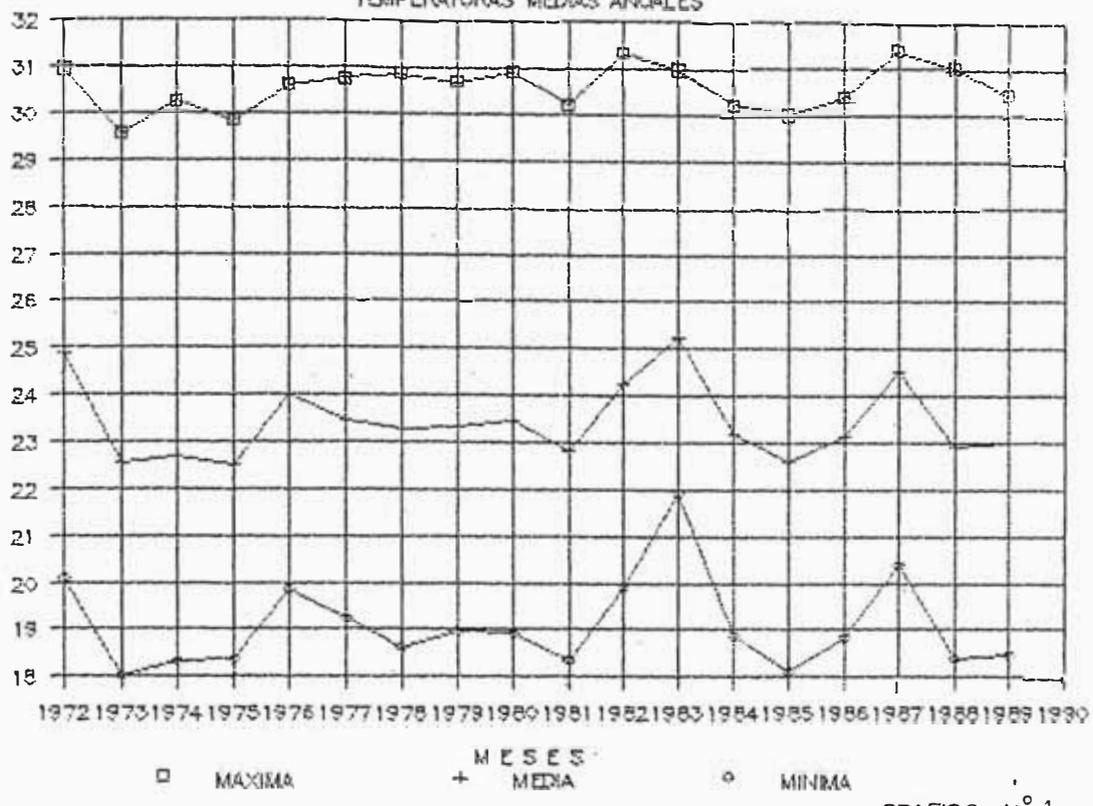


GRAFICO N° 1

GRADOS CENTIGRADOS

MIRAFLORES

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES

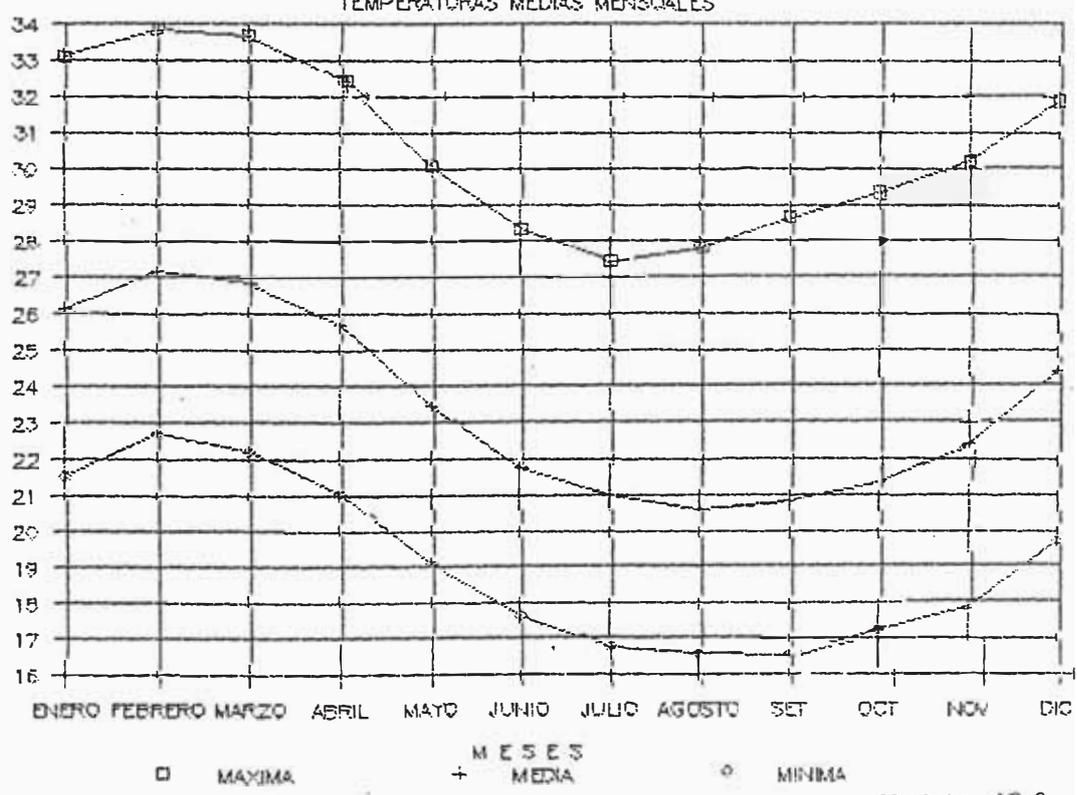


GRAFICO N° 2

b.- PRESION ATMOSFERICA. El promedio anual del registro histórico es de 1,016.2 mb

En el año 1983 la presión atmosférica máxima se produjo en Setiembre (1,015.7 mb) descendiendo hasta 1,009.6 mb en el mes de Enero. El promedio medio anual fue de 1,012.9 mb.

c.- PRECIPITACION. La precipitación pluvial en la ciudad es un fenómeno circunstancial, dependiendo del comportamiento de las corrientes marinas de Humboldt y de El Niño, y del frente intertropical de baja presión presentándose algunos años muy lluviosos y otros totalmente secos.

La abundancia de lluvias se presenta en períodos aún imprevisibles haciendo cambiar la fisonomía climática clasificada como de clima seco y cálido.

La precipitación total promedio en el período (1972-1990) en la zona de influencia de la Estación de Miraflores que comprende los distritos de Piura es de 63.1 mm., sin considerar El Niño catastrófico de 1983 donde llovió un total de 2,273 mm contra los 678.9 mm que se tuvo desde el año 1972-1982 durante todos los meses de esos años (Gráfico N° 3).

En los meses de Enero, Febrero y Marzo se produce el 82% de la precipitación total. De Abril a Diciembre las precipitaciones son muy escasas, prácticamente nulas.

A pesar que durante todo el año se produce una fuerte evaporación principalmente en el Valle del Alto Piura, las precipitaciones que normalmente deberían ser abundantes no ocurren, debido a que las masas de agua evaporada son transportadas a las vertientes orientales.

d.- HUMEDAD RELATIVA. Los principales factores que influyen sobre la humedad son la dirección de los vientos y la configuración del terreno. Esta humedad disminuye de oeste a este en la medida que se adentra en la región.

En la zona del Bajo Piura y en la misma ciudad se nota cierta oscilación en la humedad a lo largo del año, pues en el primer semestre asciende de 67% a 75%, mientras que en el segundo semestre desciende de 74% a 69%.

La humedad relativa promedio anual del registro histórico (1972-1989) alcanza el 71%.(Cuadro N°1). Los meses de menor humedad son Enero, Febrero y Marzo, concordando con los meses más calurosos (Gráfico N° 4)

e.- EVAPORACION. En la zona de Piura (estación Miraflores) se registra un promedio anual de evaporación de 1,825mm.

En la zona comprendida hasta los 500 m.s.n.m. se estima una evaporación promedio anual de 1,451 mm, mientras que en las zonas comprendidas entre los 1,500 m.s.n.m. el promedio anual de evaporación es de 834.5 mm, variando en sentido inverso a la altitud y por lo tanto retardando el proceso de evaporación.

f.- VIENTOS. Los registros en el Período 1972-1989 revelan predominancia en la dirección sur-norte, con velocidades que fluctúan entre 3 y 4 m/seg.

Los vientos predominantes se producen en los meses de Agosto a Diciembre con un promedio de 3.9 m/seg.

En el Cuadro N° 1 se aprecia la abundancia de vientos con pequeña fuerza pero de empuje constante, ocasionando en su accionar que las Dunas y los Médanos invadan los caminos y canales. Las partículas más finas de arena contaminan el aire y en general, aumentan la incomodidad producida por el calor.

MIRAFLORES

PRECIPITACION ANUAL 2,273.3

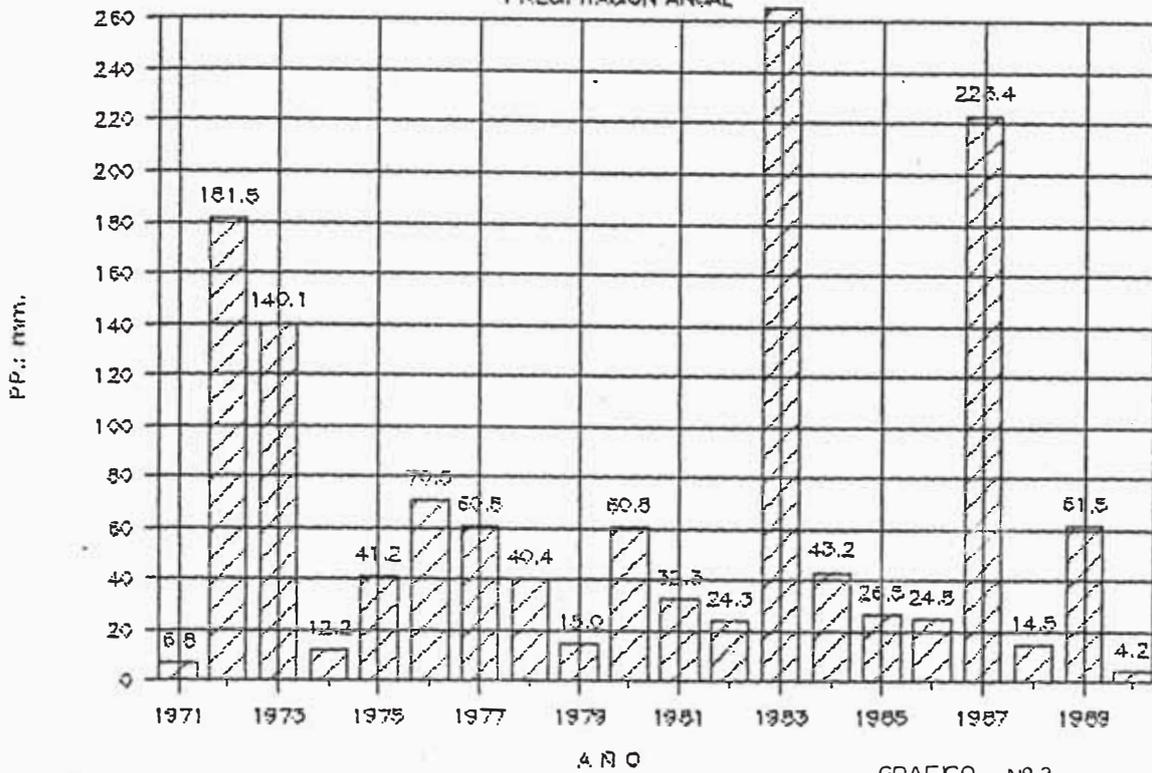


GRAFICO Nº 3

MIRAFLORES 1972-1990

CLIMOGRAMA

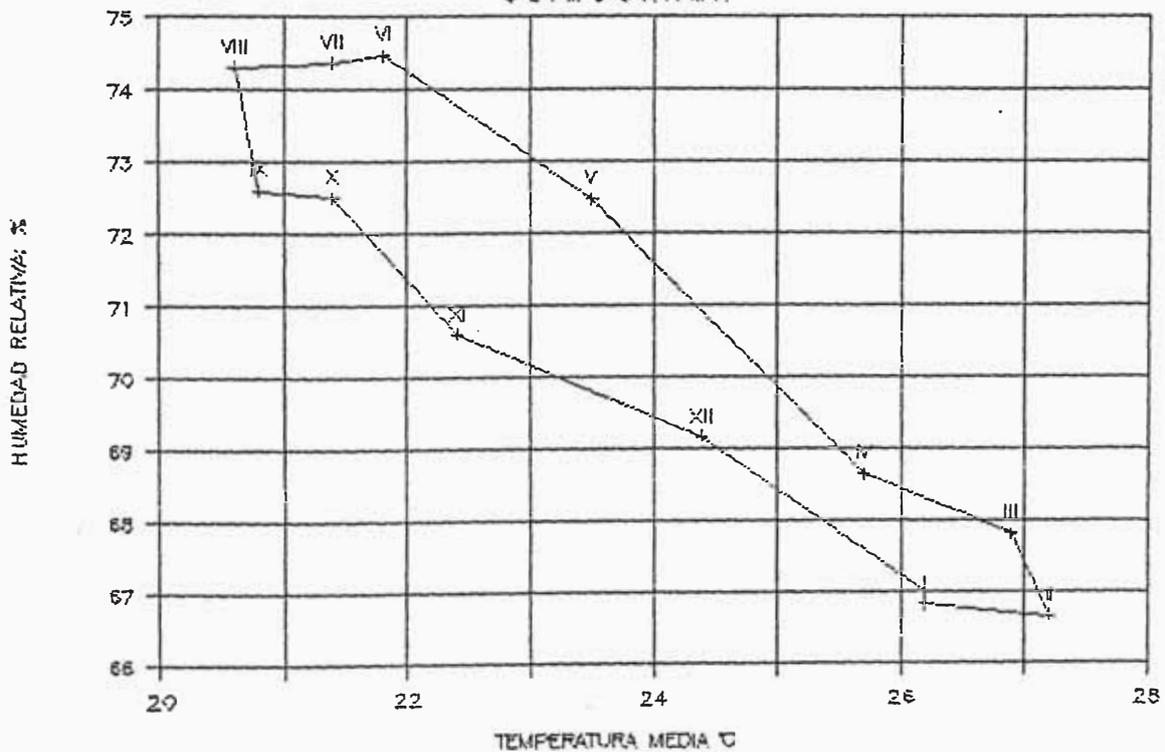


GRAFICO Nº 4

CUADRO N° 1

PARAMETROS CLIMATOLOGICOS

ESTACION MIRAFLORES. SERIE HISTORICA 1972 - 1989.

LATITUD: 05°10'00"
 LONGITUD: 80°36'51"
 ALTITUD: 30 m. s. n. m.

CUENCA : PIURA
 CATEGORIA : MAP

MES	T° C		HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD VIENTO (m/s)	PRECIPITACION (mm.)		PRESION ATMOSFERICA (mb.)
	MEDIA	MAXIMA MINIMA			MAXIMA	MEDIA	
E	26.1	33.1 21.5	67	3.8	324.5	26.4	1015.1
F	27.2	33.9 22.7	67	3.5	161.7	23.8	1014.5
M	26.9	33.7 22.3	68	3.4	427.1	54.1	1014.5
A	25.7	32.5 21.1	69	3.6	778.4	49.0	1015.3
M	23.5	30.1 19.1	72	3.7	379.4	22.6	1016.2
J	21.8	28.4 17.7	75	3.5	192.4	11.0	1017.0
J	21.0	27.5 16.8	75	3.4	1.1	0.1	1017.2
A	20.6	27.8 16.6	74	3.7	1.1	0.2	1017.4
S	20.8	28.7 16.6	73	3.9	2.6	0.3	1017.5
O	21.4	29.4 17.2	73	3.8	6.7	1.0	1017.4
N	22.4	30.2 17.9	71	4.0	8.4	1.6	1016.9
D	24.4	31.9 19.8	69	4.0	10.4	1.6	1015.8
	23.5	30.6 19.1	71	3.7	2273.3	193.2	1016.2
	0.7	0.2 1.0	PROM. ANUAL		TOTAL ANUAL	PROMEDIO ANUAL	

1.3 FENOMENO DE EL NIÑO Y LAS ALTERACIONES CLIMATICAS.

El fenómeno de El Niño es un evento que se presenta frente a las Costas de Ecuador y Perú cuyas consecuencias, dependiendo del grado de intensidad con el cual se presenta, afecta el ecosistema marino y el comportamiento atmosférico de las costas del Pacífico Sud-Ecuatorial.

El fenómeno de El Niño de 1983 incidió en forma desastrosa en la economía del país, calificándolo por ello, Niño catastrófico entre otros presentados, según reseñas y registros; estos son:

FENOMENO EL NINO		ANO
I	Débil	1932, 1951, 1963, 1969.
II	Moderado	1791, 1804, 1814, 1854, 1877/78, 1844, 1953, 1965, 1976.
III	Intenso	1828, 1845, 1871, 1940/41, 1957, 1958, 1972.
IV	Muy Intenso	1891, 1925.
V	Catastrófico	1983.

El fenómeno El Niño no es cíclico, no tiene una periodicidad conocida. Como puede verse en el cuadro anterior, se han registrado con intensidades menores que en 1983 siendo más lluvioso que el año 1925 y mucho más que el de 1891, y además por inferencia histórica el más lluvioso que otros eventos anteriores a 1790.

Un análisis estadístico de toda esta información conduce a concluir que las lluvias de 1983 podría constituir un evento con una recurrencia de por lo menos una vez cada 200 años.

Este fenómeno tiene implicancias no sólo a nivel Nacional sino a nivel Mundial, y fundamentalmente sus efectos se traducen en alteraciones de la temperatura, de los vientos,

de la posición de la banda de convergencia Intertropical y de la intensidad y distribución espacial de las precipitaciones.

1.3.1 EL NIÑO 1982-1983 EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA.

El fenómeno El Niño puede definirse y asociarse en forma muy sintética con los siguientes hechos observados para o durante su ocurrencia:

- PRESENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES DEL MAR TEMPLADAS, con temperaturas más altas de lo normal. Estas aguas en la zona norte del Perú, en la época del verano, normalmente tienen temperaturas de 22° a 24°C. Hay reseñas que en 1891 (Niño muy intenso), cerca de las Islas Galápagos (a unos 1400 km. al N-NO de Piura) se presentaron temperaturas de 27°-28°C.

En el año 1965 (Niño moderado) se registraron temperaturas de 24°-27°C y en 1983 (Niño Catastrófico) las temperaturas fueron de 26°-29°C.

- PRESIONES ATMOSFERICAS EN ZONA NORTE MAS BAJA DE LO NORMAL

De los registros de 1955-1983 de Córpac, promediando las presiones atmosféricas para Talara, Piura y Chiclayo, se observa que en los años 1963 y 1969 (Niño Débil) se presentaron bajas de presión del orden de 0.8 - 1.2 mb; en 1965 y 1976 (Niño Moderado) bajó la presión entre 1.3 a 1.8 mb.; en los años 1957, 1958 y 1972 (Niño Intenso) la presión bajó entre 1.8 y 2.1 mb, y en el año 1983 (Niño Catastrófico) descendió hasta en 3.3 mb.

- MAYOR ALTURA DEL NIVEL MEDIO DEL MAR. Este incremento fue del orden de los 50 cm. en el verano de 1983.

- CAMBIO EN LA DIRECCION DEL VIENTO SUPERFICIAL. Normalmente los vientos en la zona de Piura proceden del Sur y cambian de dirección hacia el Este en la parte próxima a la Línea Ecuatorial; al bajar la presión atmosférica, cambia la dirección del viento y entonces vienen del Oeste, debido a que simultáneamente en la zona del Pacífico Oeste (Australia, Indonesia, etc.) ha subido la presión atmosférica. En este caso se genera una circulación del aire: de Oeste a Este en la parte más baja de la atmósfera desde la zona de Indonesia hasta la zona del Pacífico, donde se origina un movimiento ascendente del viento, luego se producen los vientos de altura de Este a Oeste, para finalmente descender en la zona del Pacífico Oeste. De esta manera, los vientos bajos que vienen del Oeste están cargados de alta humedad y originan fuertes lluvias en la Costa Norte del Perú.

- PRECIPITACIONES MAYORES Y DIFERENTES A LO NORMAL. En el Valle de Piura, la precipitación anual promedio varía casi desde cero en la costa hasta 900 mm en la zona de la sierra, y en la ciudad de Piura, la precipitación media anual fue de 65 mm, cifra establecida por las lluvias de los 11 años últimos (1971-1981).

El primer semestre de 1983 llovió un total de 2,272.6 mm, contra los 678.9 mm que se tuvo en el período 1972-1982 durante dicho semestre. Normalmente las lluvias más intensas se presentan en el Valle de Piura en las zonas de 1300 a 1800 m.s.n.m.; pero en dicho año las mayores precipitaciones se presentaron en forma diferente, entre las alturas de 0-300 m.s.n.m.

El diagrama de precipitaciones es un informe adecuado para confirmar la magnitud del evento, pues muestra las precipitaciones pluviales para el período Enero-Junio de 1983.

Para la ciudad de Piura resulta que el valor medio y normal para Enero es de 7.4 mm de lluvia, mientras que en Enero de 1983 ascendió a 324.5 mm. Para Febrero los valores respectivamente, de 15.8 y 161.7 mm, para Marzo de 27.8 y 427.1 mm, Abril de 5.7 a 778.4 mm, Mayo de 0.4 y 379.4 mm, y Junio de 0.4 y 192.4 mm. (Ver en Anexo).

La predicción y la correlación entre los aspectos climáticos señalados, no se tienen aún cabalmente estudiados. No se sabe cuando y con qué magnitud dan origen al fenómeno de El Niño y su intensidad.

La presentación de El Niño condujo a la realización de diversos estudios científicos relacionados con la evolución de este fenómeno, y los cambios climáticos derivados a gran escala y los efectos físicos detallados en la región afectada.

1.3.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL FENOMENO DE "EL NIÑO".

Las conclusiones y recomendaciones más importantes de estos eventos científicos son:

- 1.- Con el conocimiento actual que se tiene del fenómeno de El Niño, con sus diferentes grados de intensidad, es difícil presentar un esquema que permita racionalmente pronosticar (determinístico) el fenómeno.

Pueden utilizarse criterios probabilísticos que permitan conocer las tendencias del fenómeno a presentarse cierto año (predicción), aunque con ciertas limitaciones siempre y cuando se disponga de una adecuada información Océano-atmosférica tanto en tiempo como en espacio.

- 2.- Una de las formas más eficaces de prever el fenómeno, es en base a un control permanente de los parámetros Océano-atmosféricos, con todas las técnicas de observación disponibles. Una evaluación sinóptica de toda la información obtenida en toda la vasta zona del Océano Pacífico, principalmente en la tropical, comprendida entre las longitudes 70°W y 140°E, debe permitir anticipar la presencia de El Niño en nuestras costas. La información Océano-atmosférica que cubra por lo menos el período entre Junio y Noviembre de cada año, es importante para estudiar las tendencias para el próximo año.

- 3.- Recomiendan que las investigaciones del mar y de la atmósfera se consideren explícitamente en los planes de desarrollo de los Países que reciben el impacto del fenómeno, y en los sistemas de prevención contra los efectos catastróficos, de modo que haya un adecuado apoyo de los organismos Estatales y privados a todas las actividades relacionadas con la investigación en los campos de la Meteorología y Oceanografía y Biología, al igual que al desarrollo del pronóstico de los cambios climáticos de corta y larga duración.

- 4.- Los datos Oceanográficos y meteorológicos acumulados durante décadas pasadas constituyen un recurso científico único para describir el fenómeno "El Niño", determinando su impacto social y desarrollar una respuesta regional a futuros eventos de esta naturaleza. Estos datos se encuentran muy dispersos en diversas organizaciones y entidades.

Se recomienda que se organice un programa regional coordinado para implementar un sistema de control de calidad de datos de gran alcance y poner a disposición de los científicos de entidades de investigación como de las universidades comprometidas en el estudio de la naturaleza y el impacto de "El Niño".

CAPITULO II

ASPECTO SOCIOECONOMICO

2.1 ASPECTO POBLACIONAL Y PROYECCIONES AL AÑO 2,020.

2.1.1 POBLACION E INDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL URBANA Y RURAL DE PIURA Y CASTILLA.

Los distritos de Piura y Castilla concentran más de la mitad (56.4%) del total poblacional de la Provincia de Piura y conforma precisamente el primer centro urbano de la Región Grau. Actúa en forma de metrópoli Regional siendo el principal punto de atracción de la población interior de los departamentos de Piura y Tumbes.(Figura N° 1).

a.- SEGUN CENSO DE 1972 Y 1981.

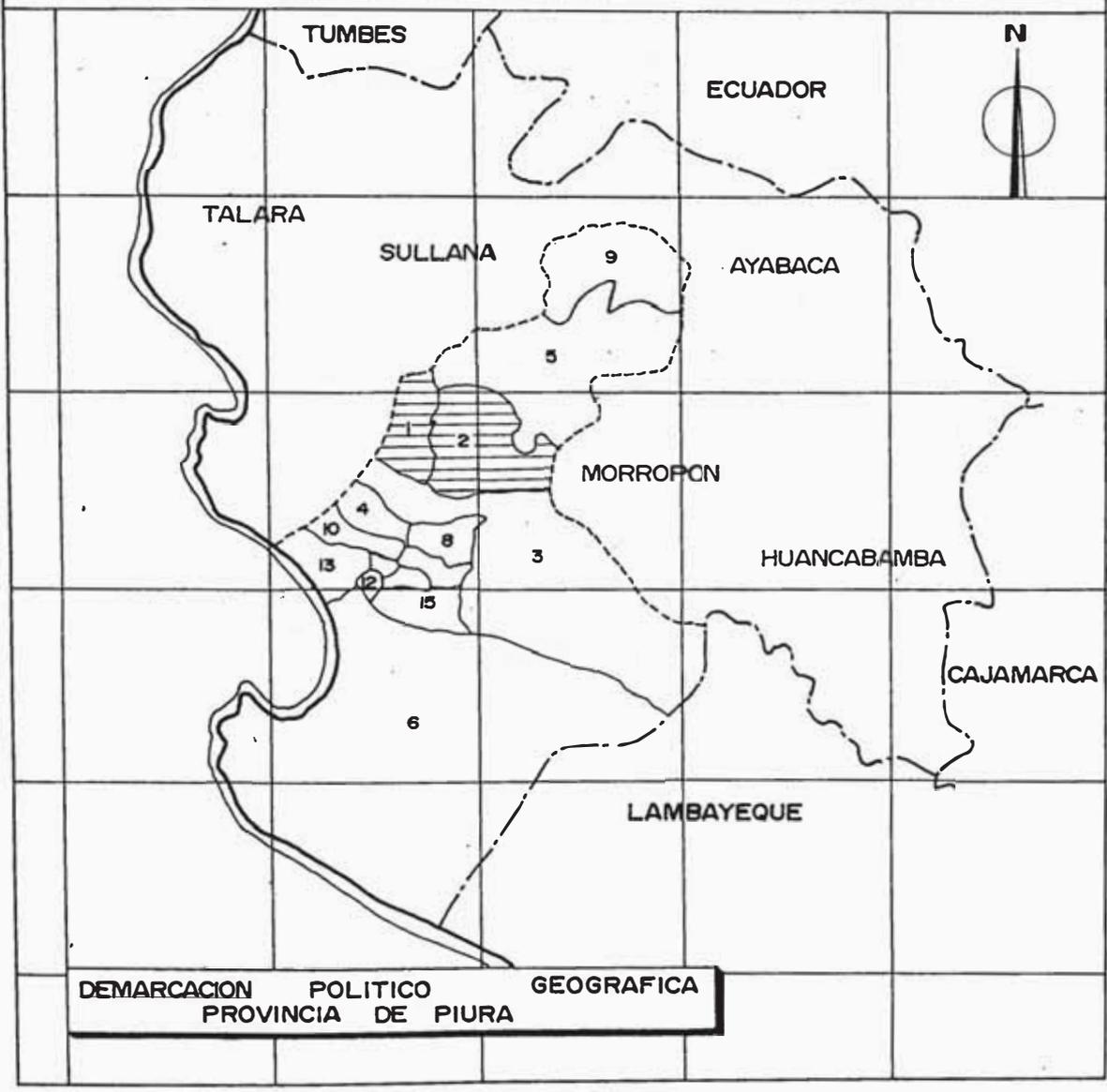
La población histórica del crecimiento poblacional consignada a través de los censos oficiales realizados entre 1972-1981, nos indican que en este período la población urbana se incrementó de 126,010 a 207,974 hab. (95.8% y 96.8% respectivamente).(Gráf. N° 1).

En cambio la población rural disminuyó de 4.2% a 3.2%, lo que hace notar que el dinamismo de crecimiento de la ciudad, de la cual el 66% de la población total urbana (141,713 hab.) se ubica en Piura y el restante en Castilla.

CUADRO # 1
INDICE POBLACIONAL ANUAL 1972 - 1981

DISTRITO	TOTAL %	URBANA %	RURAL %
Piura	6.3	6.5	1.1
Castilla	4.2	4.3	3.4

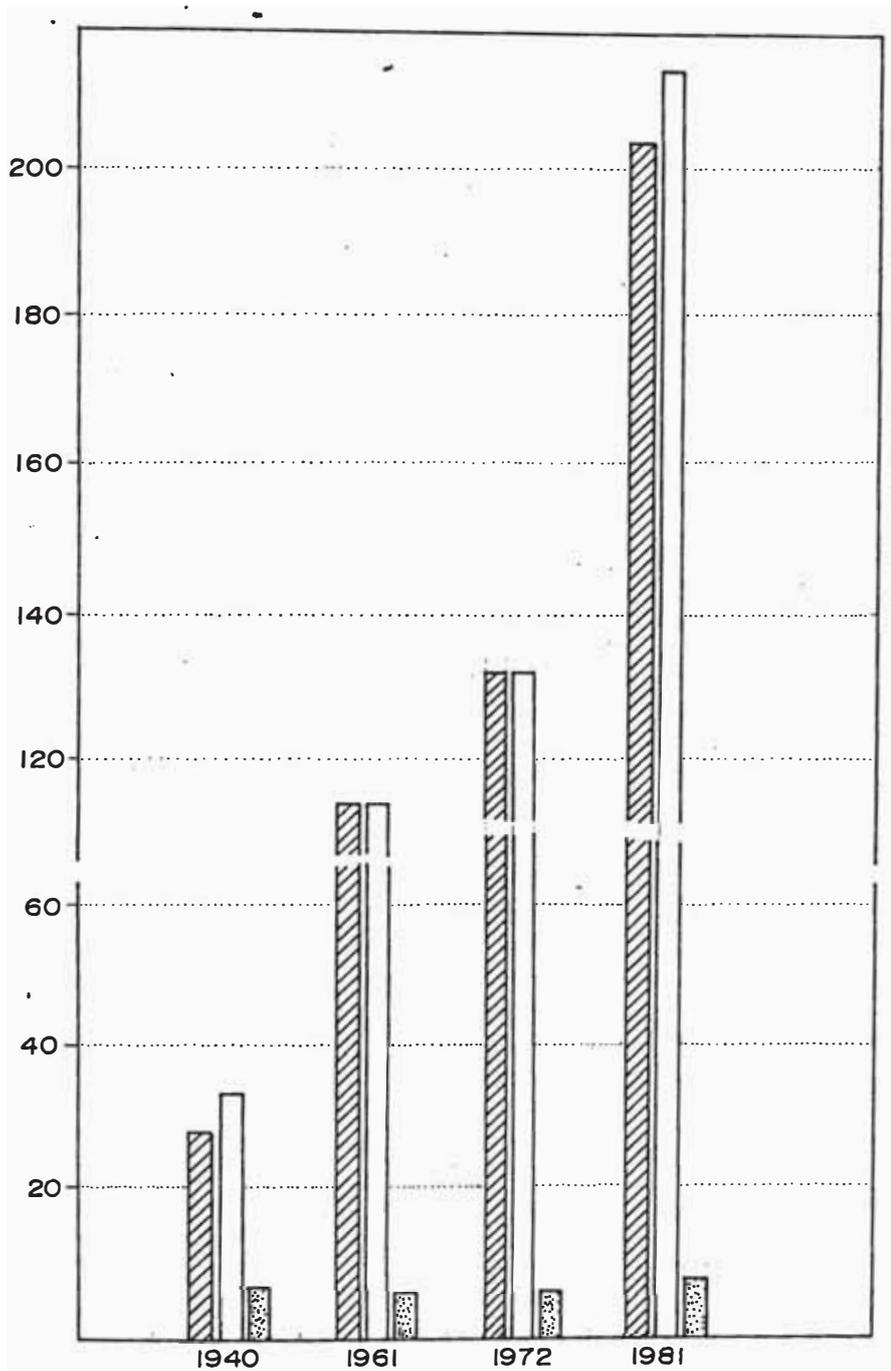
DISTRITO	POBLACION URBANA	%
1. PIURA	222,837	98.6
2. CASTILLA	90,051	95.0
3. CATACAOS	30,737	62.5
4. LA UNION	14,611	49.3
5. TAMBOGRANDE	12,165	19.1
6. SECHURA	11,359	63.0
7. LA ARENA	8,414	32.9
8. CURA MORI	5,216	47.9
9. LAS LOMAS	5,137	27.2
10. VICE	3,790	33.5
11. BERNAL	2,521	57.2
12. RINCONADA LLICUAR	2,350	96.0
13. BELLAVISTA	2,015	46.7
14. EL TALLAN	1,764	25.6
15. CRISTO NOS VALGA	1,293	32.9



DEMARCACION POLITICO GEOGRAFICA
 PROVINCIA DE PIURA

FIGURA N° 1

POBLACION URBANA Y RURAL DE LA CIUDAD DE PIURA SEGUN CENSOS



LEYENDA:

-  POBLACION TOTAL
-  POBLACION URBANA
-  POBLACION RURAL

GRAFICO N° 1

El cuadro # 1 muestra una tasa de crecimiento poblacional de Piura más elevada con respecto a Castilla.

b.- PROYECCIONES DE LA POBLACION URBANA Y RURAL AL AÑO 2020

- ESTIMACION DE LA POBLACION: 1981 - 1995

Asumiendo un proceso sostenido de urbanización cuyo ritmo de cambio está dado por los porcentajes de población urbana observados en los últimos años, se ha previsto que ésta crecerá de 207,934 hab.(en 1981) a 377,957 hab.(en 1995) llegándose a incrementar en 1.8 veces en este lapso.

CUADRO # 2
PROYECCION DE LA POBLACION DE PIURA - CASTILLA

Año	Total		Población			
	Absoluta	%	Urbana Absoluta		Rural Absoluta	
1989	320,708	100	312,888	97.6	7,820	2.4
1990	333,949	100	326,029	97.6	7,920	2.4
1991	343,764	100	335,810	97.7	7,954	2.3
1992	353,860	100	345,884	97.8	7,976	2.2
1993	364,271	100	356,261	97.8	8,010	2.2
1994	374,998	100	366,948	97.9	8,050	2.1
1995	386,257	100	377,957	97.9	8,300	2.1

Fuente : INADUR

En el cuadro # 2 se presenta la población en cifras absolutas y relativas, de Piura - Castilla.

Se observa que la población total estimada para 1990 y 1995 nos indica una tasa de crecimiento promedio de 2.95 % media anual, significando un incremento poblacional importante.

El rápido crecimiento de la ciudad generada principalmente por el aporte migracional, se expresa básicamente por la ampliación de los asentamientos humanos que representan en 1989 más del 50 % de la población urbana de Piura.

En perspectiva, la población urbana de Piura seguirá creciendo aunque con una menor intensidad. De acuerdo al cuadro # 2, en el período 1989 - 1990, a pesar del aumento que experimenta, se mantiene la misma cantidad relativa (97.6 %) con respecto a la población total. Hasta 1995 la población aumentaría a 377,957 habitantes que en cifras relativas representa un 97.9 %.

CUADRO # 3

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL URBANA Y RURAL

DE PIURA - CASTILLA

Período	Total	Urbana	Rural
1972 - 1981	5.53	5.65	2.22
1981 - 1989	5.14	5.24	1.66
1989 - 1990	4.13	4.20	1.28
1990 - 1995	2.95	3.00	0.94

Fuente : INE

Estimación : INADUR

El cuadro # 3 nos muestra la variación de las tasas de crecimiento poblacional desde el último período censal hasta 1995, las cuales comparándolas con el resto de distritos de la provincia de Piura, nos manifiesta que presentan las más altas (ver gráfico # 2).

Vemos que en el período 1990 - 1995 la población urbana aumentaría con una tasa de crecimiento del 3.0 %, mientras que la rural decrece con un 0.94 % media anual.

La población total en este período aumentaría con una tasa promedio de 2.95 % media anual, indicándonos un crecimiento importante de la población.

- ESTIMACION DE LA POBLACION: 1981 - 2000 Y 2020.

La proyección de la población urbana de las localidades de Piura y Castilla presentadas en el Cuadro # 4 al año 2000 preveen un incremento de 289,196 habitantes para el período comprendido entre 1981 y 2000, es decir, un incremento en 2.4 veces en este lapso.

En cifras relativas, la población urbana de Piura que representó el 66 % del total (Piura y Castilla), representará el 72.3 % en el año 2000 y 81.3 % en el año 2020.

Piura al igual que otras ciudades de la Costa si bien manifiesta un alto crecimiento absoluto, en términos relativos, expresan un ligero descenso. Así vemos que en cifras relativas, la población urbana total que representó en 1981 el 96.8 % representará el 97.4 % y 97 % en el año 2000 y 2020, respectivamente.

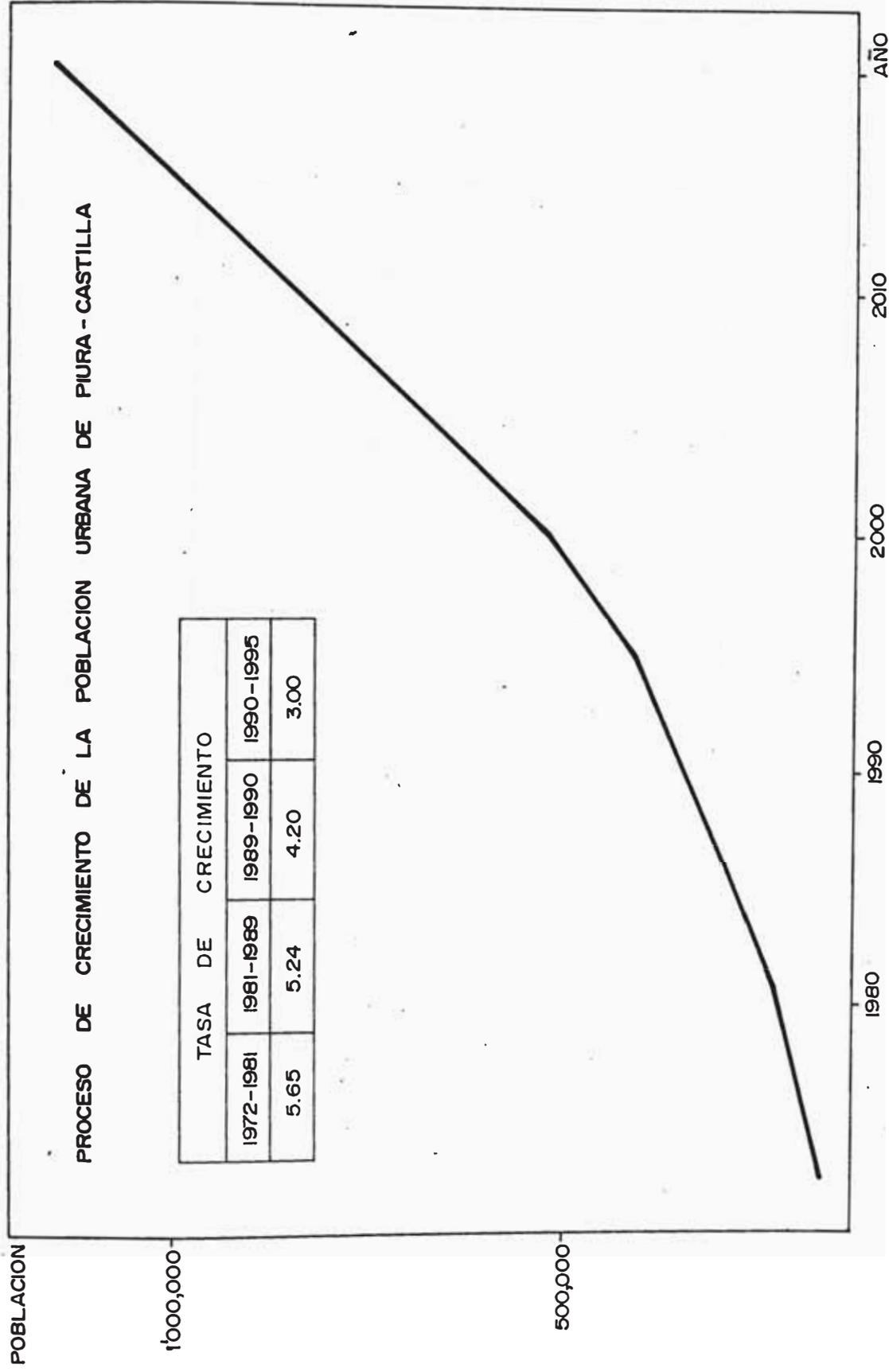


GRAFICO N° 2

CUADRO # 4
POBLACION PROYECTADA SEGUN CONCENTRACION URBANA Y RURAL
PIURA Y CASTILLA: 2,000 - 2,020

AÑO	2000			2020		
	AREA	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
PIURA	369,004	5,898	374,902	824,223	16,984	841,207
CASTILLA	128,126	7,601	145,727	315,925	18,759	334,684
TOTAL	497,130		510,629	1'140,148		1'175,891
%	97.4	2.6	100	97.0	3.0	100

2.1.2 ZONAS RESIDENCIALES HOMOGENEAS Y DISTRIBUCION DE CLASES SOCIALES.

En la ciudad de Piura se distinguen las siguientes zonas residenciales que se muestran en la Lámina N° 2.1.

- 1.- Area Central Antigua.
- 2.- Urbanizaciones.
- 3.- Asentamientos Consolidados.
- 4.- Asentamientos en Proceso de Consolidación.
 - 4.1 Ocupados.
 - 4.2 Incipiente Ocupación.

Las zonas residenciales predominantes son los asentamientos en proceso de consolidación de incipiente ocupación, donde mayormente se ubica a la clase baja proletariado y semiproletariado (76 %).

Los pobladores de esta zona son trabajadores manuales, obreros, jornaleros y comerciantes informales.

Un 16 % pertenece a la Clase Media Baja (pequeña burguesía), ocupando los asentamientos consolidados y el Area Central antigua.

La ocupación predominante de los trabajadores de estas zonas residenciales son las que están vinculadas en actividades tales como: obreros, trabajadores independientes y asalariados, jornaleros y asalariados de campo; también pobladores vinculados a las actividades comerciales formales e informales y empleados asalariados.

La clase media alta (7.5 %) y alta (0.5 %) ocupan las urbanizaciones cuyos pobladores realizan en su mayoría actividades profesionales y comerciales; también hay trabajadores de empresas públicas y privadas.

2.1.3 POBLACION URBANO MARGINAL DE PIURA Y CASTILLA.

El principal componente del crecimiento demográfico del área urbana de Piura son las migraciones que se intensificaron con las lluvias de 1983 que afectaron a todo el departamento de Piura. La población migrante procede principalmente de Ayabaca, Huancabamba y Morropón y en menor medida del Bajo Piura.

Estas migraciones han determinado una mayor extensión del área urbana donde se asientan mayoritariamente los asentamientos humanos evidenciando una alta tasa de crecimiento en el período 1981-89, que llega al 7.3% medio anual superior al de la ciudad (ver Cuadro # 5).

CUADRO # 5
POBLACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS CON RESPECTO A LA
CIUDAD DE PIURA - CASTILLA: 1981 - 1989

	1981		1989		TASA DE CRECIMIENTO	
	Absoluto	%	Absoluto	%		
Asentamientos						
Humanos (2)	103,727	49.9	170,618	54.5	7.37	
Resto de la Ciudad	104,207	50.1	142,270	45.5	4.56	
Total	207,934	100	312,888	100	5.24	

Fuente: INE. Censos Nacionales de Población y Vivienda.

(1) Estimaciones INADUR.

(2) No se tiene información de 4 A.H., por lo que esta población sería mayor.

Existen 55 A.H. siendo el más poblado el A.H. Marco Polo que representa el 13.1 % de la población, seguida del A.H. Chiclayito con 8.1 %, A.H. El Indio con 5.3 % en Castilla, A.H. Nueva Esperanza con 8.9 %, A.H. San Martín con 6.3 % y A.H. Santa Rosa con 4.4. % en Piura. Aproximadamente el 50 % de los A.H. aparecen en la década de los 80 presentando diferentes niveles de consolidación y desarrollo (Ver Cuadro # 6).

El Cuadro # 7 demuestra que la mayor población urbana marginal de Piura está ubicada en el sector oeste (29.4 %), seguida del sector sur (13.9 %) que lo conforman A.H. más recientes y están ubicados en zonas no recomendables para expansión urbana. Referente a Castilla el 77 % de la población urbana está constituida por A.H. marginales, en mayor proporción que en la zona urbana de Piura (51.6 %)

CUADRO N° 6:
AREA URBANA DE PIURA POBLACION DE ASENTAMIENTOS HUMANOS
(Cifras Absolutas y Relativas)

N° ASENTAMIENTOS HUMANOS DE PIURA Y CASTILLA		Población	
		<u>Absoluta</u>	<u>%</u>
	TOTAL	170,618	100.0
01	Campo Polo	24,500	14.4
02	Chiclayito	15,000	8.8
03	El Indio	10,000	5.9
04	Talarita	7,000	4.1
05	La Primavera	3,500	2.1
06	Tacalá	2,264	1.3
07	Juan Pablo II	1,475	0.9
08	Los Médanos	1,246	0.7
09	María Goretti	1,100	0.6
10	Los Monteros	1,000	0.6
11	Calixto Balarezo	1,020	0.6
12	Los Almendros	803	0.5
13	Miguel Grau	582	0.3
14	Victor Raul Haya de la Torre	356	0.2
15	Miguel Cortez	210	0.1
16	Los Algarrobos	8,286	4.8
17	Santa Rosa (Ira. Etapa)	8,174	4.8
18	San Martín	10,552	6.2
19	Nueva Esperanza	10,370	6.1
20	C. Gonzales de Velazco	5,136	3.0
21	Santa Julia	4,338	2.5
22	Pachitea	4,506	2.6
23	San Pedro	4,944	2.9
24	Micaela Bastidas	4,200	2.5
25	Santa Julia (Ricardo Jaúregui)	3,046	1.8
26	18 de Mayo	2,776	1.6
27	Santa Julia (López Albújar)	2,442	1.4
28	Túpac Amaru II	2,544	1.5
29	Víctor Raul Haya de la Torre	2,156	1.3
30	San Sebastián	2,592	1.5
31	Santa Rosa (Sector Los Ficus)	2,280	1.3
32	Santa Julia (Túpac Amaru I)	1,944	1.1
33	Ignacio Merino	1,662	1.0
34	José Olaya	1,656	1.0
35	Quinta Julia	1,518	0.9
36	A. Avelino Cáceres	1,440	0.8
37	Santa Julia (Fátima)	1,440	0.8
38	José María Arguedas	1,300	0.8
39	Las Capullanas	1,782	1.0
40	Almirante Miguel Grau	998	0.6
41	Once de Abril	840	0.5
42	Jorge Chávez	1,146	0.7
43	28 de Julio	1,800	1.0
44	Buenos Aires	1,380	0.8
45	Santa Rosa (sector C. Valle)	552	0.3
46	Santa Rosa (Las Malvinas)	510	0.3
47	Alfonso Ugarte	396	0.2
48	Tangará	312	0.2
49	31 de Enero	-	-
50	Juan Pablo II	-	-
51	Alan Perú	-	-
52	Jorge Basadre	-	-
53	Los Heraldos	314	0.2
54	<u>6 de Setiembre</u>	<u>1,300</u>	<u>0.8</u>

Fuente: Consejo Provincial de Piura 1989.
Consejo Distrital de Castilla 1989.

CUADRO #7
POBLACION DE LOS A.H. EN PIURA Y CASTILLA - 1989

Localización	Población Urbana	Población Urbana Marginal-1989		
		# de A.H. Absoluta	Población	Relativa
Piura-Castilla	318,824	55	187,578	58.8
Piura	227,837		117,522	51.6
Sector Sur		15	31,770	13.9
Sector Centro		2	4,818	2.1
Sector Sur-Oeste		4	3,930	1.7
Sector Nor-Oeste		2	10,026	4.4
Sector Oeste		17	66,978	29.4
Castilla		15	70,056	77.0 *

* No se ha tomado en cuenta 2 A.H. por no haber información.

2.2 ASPECTO ECONOMICO A NIVEL DE MICROREGION DEL BAJO PIURA

La microregión del Bajo Piura está formado por los principales asentamientos urbanos del eje Piura-Sechura: Piura, Catacaos, La Unión y Sechura. Esta microregión se caracteriza por tener extensas plantaciones de algodón con tierras excelentes que garantizan una alta productividad y una importante dinámica económica que repercute también en todo el departamento.

En términos generales, cerca del 28 % de la PEA de la Microregión se dedica a la agricultura, más del 27 % en las actividades de servicios, 17 % en las comerciales. Le siguen en importancia la PEA manufacturera (12.5 %) y en menor medida las ubicadas en la construcción y transporte con 6.3% y 5.4 %, respectivamente. (Gráfico N° 3).

Una parte importante de las actividades manufactureras tiene como principal materia prima el algodón, existiendo fábricas desmontadoras de aceites de algodón, de jabón, textiles, etc. Esta materia prima ha contribuido a dinamizar parte de las actividades financieras, comerciales y de servicios.

La carretera Piura-Sechura es la principal vía de circulación de los principales productos pesqueros y agrícolas.

La producción agropecuaria destinada a la alimentación es insuficiente, debiendo ingresar productos de otras regiones, principalmente hortalizas, menestras, tubérculos y ganados de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas.

En relación a la PEA según categorías ocupacionales, se aprecia en el Cuadro N° 8 que el mayor porcentaje forma parte de los trabajadores independientes, siguiendo en importancia indistintamente las actividades que van de acuerdo a las funciones de cada ciudad.

CUADRO # 8

PORCENTAJE DE LA PEA SEGUN CATEGORIAS OCUPACIONALES

Ciudad	Trabajador Independiente	Obreros	Empleados
Piura	34.9	23.3	29.4
Catacaos	56.6	24.5	3.8
La Unión	78.4	10.8	10.8
Sechura	76.7	20.0	1.1

DISTRIBUCION DE LA PEA OCUPADA DE 15 AÑOS Y MAS DEL DISTRITO DE PIURA Y EL RESTO DEL BAJO PIURA

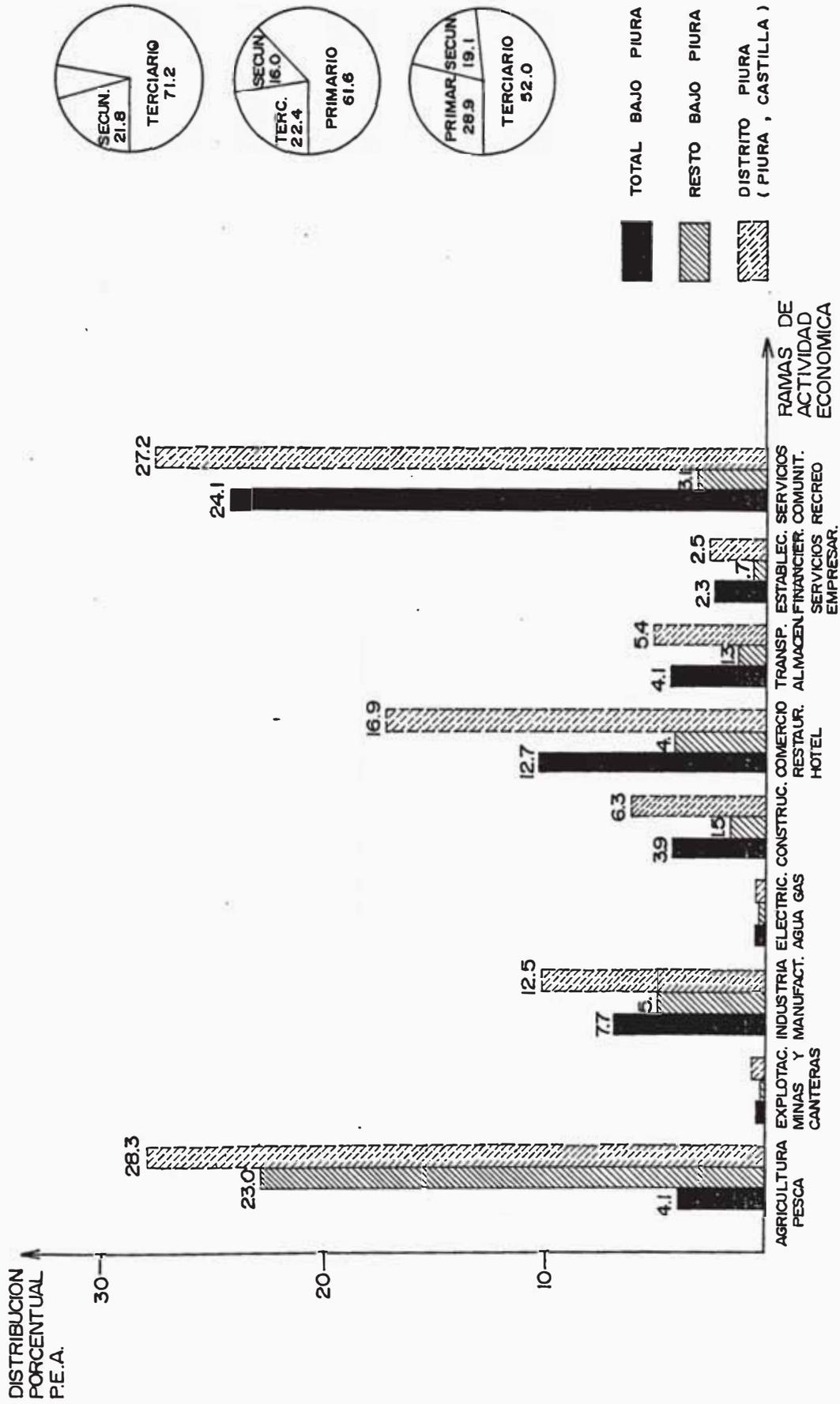


GRAFICO Nº 3

2.3 SITUACION ACTUAL DE LA VIVIENDA

Actualmente la ciudad de Piura tiene una densidad de 167 Hab./Ha. fundamentalmente afectada por la concentración de la población en el casco central y los asentamientos humanos que contribuyen a una mayor densificación del suelo.

La construcción de viviendas en la ciudad de Piura expresa un crecimiento acelerado similar al de la población aunque sin considerar en muchas de ellas condiciones adecuadas de habitabilidad.

Una de las características de la población de la ciudad es que está mayormente desempleada o subempleada, por lo que su problema principal no es la vivienda sino el empleo que le permita un nivel de vida mejor para acceder a una vivienda digna, considerando que su capacidad de pago para adquirir suelo y vivienda es muy reducida o prácticamente nula.

En el año 1972 el número de viviendas llegó a 21,057 unidades, en 1981 se incrementó en un 61 % evidenciando una tasa de crecimiento de 5.4 % anual, ligeramente menor que la de los hogares.

En el período de 1981 a 1989 hubo un incremento de viviendas de 48 % con una tasa de crecimiento de 5 % ligeramente menor al período anterior (Cuadro N° 9).

El incremento acelerado de viviendas en la década del 70 estuvo vinculado a la aparición de pueblos jóvenes, y se intensificó en la década de los 80, significando un cambio fundamental en el patrón de crecimiento físico de la ciudad de Piura. En la actualidad existen cerca del 55 % de las viviendas localizadas en 55 asentamientos humanos ubicados en el sector sur, y oeste en Piura y hacia el sur y este en Castilla.

Actualmente en la ciudad de Piura el 42 % de las viviendas están ocupadas por 7 personas y más siendo mayor en los asentamientos humanos consolidados en donde predomina la casa independiente.

CUADRO # 9

POBLACION, HOGARES, VIVIENDAS, INCREMENTOS Y TASAS DE CRECIMIENTO

1,972 - 1,981 - 1,989

Año	Población	HOGARES		VIVIENDAS		
		Incremento Absoluto	Tasa de Creci- miento (%)	Incremento Absoluto	Tasa de Crecimiento	Tasa de Crecimiento
1972	126,010	22,439	5.61	31,057	60.9	47.7
1981	207,934	14,443	64.4	33,882	12,882	60.9
1989	318,824	18,738	50.8	50,059	16,177	47.7

TIPOS DE VIVIENDA

En el Cuadro #10 se aprecia que el tipo predominante es la casa independiente unifamiliar, aumentando del 81.6 % en 1972 al 95 % en 1981, mientras que los departamentos en edificios alcanzan tan solo el 2 %, tendencia que se mantiene en 1989 lo que explica un crecimiento urbano extendido y de baja densidad para la ciudad de Piura.

CUADRO # 10

TIPOS DE VIVIENDA EN LA CIUDAD DE PIURA 1972 - 1981 - 1989

	1972		1981		1989	
	Absoluta	%	Absoluta	%	Absoluta	%
Casa Independiente	21,057	100.0	33,882	100.0	50,059	100.0
Dpto. Edificio	17,189	81.6	32,201	95.0	48,056	96.0
Vivienda en Quinta	643	3.1	678	2.0	1,052	2.1
Viv. Casa Vecindad	130	0.6	339	1.0	501	1.0
Const. Inprovisada	314	1.5	155	0.5	100	0.2
Choza o Cabaña	2,652	12.6	414	1.2	250	0.5
No const. para Viv.	51	0.2	-	-	-	-
Otro Tipo	74	0.4	93	0.3	100	0.2
TOTAL	4	-	-	-	-	-

Fuente: INE. Censos Nacionales de Población Y Vivienda 1972 y 1981. Estimaciones INADUR.

2.3.1 DEFICIT DE VIVIENDA.

Actualmente los déficits de vivienda es uno de los problemas que es analizado desde dos puntos de vista:

Cuantitativo y Cualitativo. La demanda de vivienda se debe al mayor incremento de familias con respecto al número de viviendas, considerando además que algunas de las

edificaciones existentes se encuentran en condiciones inadecuadas, tanto en el aspecto constructivo como en el número mínimo de ambientes con que debe contar una vivienda.

1.- ANALISIS CUANTITATIVO.

El déficit de vivienda es la diferencia entre el número de hogares y el número de viviendas, a lo que se añade el 1 % de las viviendas que están sujetas a reposición por niveles de obsolescencia, lo cual señalaría una demanda de 6111 viviendas, es decir, las que hacen falta constituir en 1989, para alojar a cada familia en una unidad de vivienda en la ciudad de Piura (Cuadro # 11). Con el incremento demográfico a 1990 alcanza un requerimiento de vivienda de 8,987 unidades y a 1995 a 21,805 unidades de vivienda.

Actualmente el 42 % de las viviendas están ocupadas por 7 personas y más, siendo mayor en los asentamientos humanos consolidados en donde predomina la casa independiente, y según la distribución de clases sociales (realizados por la Municipalidad de Piura), dicho porcentaje pertenece a la clase media baja y a la clase baja. (Algunas urbanizaciones denominadas populares y todos los asentamientos humanos, respectivamente).

2.- ANALISIS CUALITATIVO.

El análisis del déficit cualitativo se establece según las condiciones de habitabilidad de la vivienda, considerando tanto el nivel de cobertura de los servicios básicos, como del nivel de consolidación y estado de la construcción.

POR SERVICIOS BASICOS.

El déficit se centra fundamentalmente en la falta de cobertura y deficiencia de la aestructura de servicios de agua potable, desagüe y energía eléctrica.

CUADRO # 11

DEMANDA ESTRATIFICADA DE VIVIENDA NUEVA: 1989 - 1991 - 1995
CIUDAD DE PIURA

ESTRATO SOCIO -	DEFICIT A 1989	%	DEMANDA ACUMULADA (Nº VIV)	%	DEMANDA ACUMULADA (Nº VIV)	REQUERIMIENTOS A 1991	%	DEMANDA ACUMULADA (Nº VIV)	REQUERIMIENTOS A 1995	%
Bajo	3,694	60.4	3,131	60.4	6,825	60.4	6,055	12,880	60.4	
Medio	2,136	35.0	1,809	35.0	3,945	35.0	3,501	7,446	35.0	
Alto	281	4.6	238	4.6	519	4.6	460	979	4.6	
TOTAL	6,111	100.0	5,178	100.0	11,289	100.0	10,016	21,305	100.0	

Agua Potable.-En relación al problema del agua potable, el sistema de captación es por pozos tubulares y con una red de distribución antigua cuyo deterioro se aceleró con el período pluvial intenso de 1983. El 4.7 % de viviendas existentes requieren conexiones domiciliarias de agua potable, es decir, 2,353 viviendas. La deficiencia de servicios de infraestructura urbana básica de agua, es debido a la falta de recursos económicos para implementar las plantas de almacenamiento y sistema de distribución.

El problema en general se presenta en todos los asentamientos humanos ya que cuentan con el servicio de agua en un 32 %.

Se considera que una solución integral al abastecimiento de agua estará dada por el aprovechamiento de las aguas del Proyecto Chira-Piura.

Desague.- Se ha considerado básicamente dos sistemas : Alcantarillado y letrinas familiares, predominando estas últimas en los asentamientos humanos de incipiente ocupación.

El 32 % de las viviendas existentes no cuentan con conexiones domiciliarias de desagüe, de los cuales el 7.6 % no cuentan ni con el sistema tradicional de letrinas.

La deficiencia de servicios de infraestructura básica de alcantarillado, se debe al escaso recurso económico para implementar el sistema de tratamiento de aguas servidas y descarga domiciliaria.

Los asentamientos humanos son los que representan esta deficiencia, ya que cuentan con el servicio de desagüe con el 51 %.

Energía Eléctrica.- La deficiencia del servicio de energía eléctrica es uno de los principales problemas de la ciudad debido al alto costo del sistema

empleado. A pesar de contar con el recurso generador de energía en la zona, no se cuentan con los recursos económicos suficientes.

Este servicio atiende al 63 % del área consolidada y no cuentan con este servicio los asentamientos humanos en reciente ocupación.

El 22 % de las viviendas de la ciudad de Piura carecen de conexiones domiciliarias de energía eléctrica, es decir 11,013 unidades de viviendas.

Infraestructura Vial.- El problema en general se presentan en los asentamientos humanos en proceso de consolidación y en incipiente ocupación por no tener un trazo definido de las vías.

En cuanto al servicio de transporte, éste es deficiente y restringido, tanto interdistrital como urbano, existe deficiente interconexión interdistrital y falta de mantenimiento de la infraestructura vial.

En cuanto a la red vial, Piura carece de vías troncales que enmarquen el crecimiento de la ciudad.

El 60 % de las vías secundarias se encuentran deterioradas dado el año 1983, siendo necesaria su rehabilitación a corto plazo.

La solución para integrar Piura es la construcción de puentes perimetrales para el tránsito pesado diferenciándolo del liviano.

2.3.2 ESTRATIFICACION SOCIO-ECONOMICA DE LA DEMANDA DE VIVIENDAS

DESCRIPCION DE ESTRATOS ECONOMICOS DE LAS FAMILIAS

ESTRATO SOCIO-ECONOMICO ALTO

Está conformado por familias vinculadas principalmente al comercio mayorista, a la industria formal, a los servicios públicos o privados, como funcionarios, gerentes de alto rango, profesionales calificados y técnicos.

En este estrato no hay necesidad imperiosa de acceder a una vivienda nueva, ya que sus ingresos y ocupaciones le confieren un sector social donde las condiciones de habitabilidad de las viviendas y la calidad de vida de los ocupantes son óptimas, aún estando habitados por dos familias.

ESTRATO SOCIO-ECONOMICO MEDIO

Las familias son en su mayoría funcionarios, directores o gerentes de rango intermedio o alto, además de medianos comerciantes, pequeños industriales, profesionales liberales, técnicos y también empleados. La mayoría de familias que integran este estrato necesitan viviendas disponiendo de mayores posibilidades económicas para acceder a diferentes programas de viviendas que ofertan tanto el sector público como privado.

ESTRATO SOCIO-ECONOMICO BAJO

Las familias que integran este estrato están articulados predominantemente al comercio informal, pequeña producción informal, siendo obreros, artesanos y empleados tanto del sector público como privado.

Además, aquí se registran los mayores niveles de subempleados y desempleados.

En este estrato es donde se plantea el verdadero problema de la vivienda, donde las condiciones de habitabilidad y calidad de vida reflejan claramente sus limitadas condiciones económicas y sociales.

Se asume que existe un 29.52 % de las familias del subestrato VI que se sitúan en los niveles de extrema pobreza y de consumo (ver cuadro N° 12).

CUADRO # 12
ESTRATIFICACION SOCIO-ECONOMICA DE LA DEMANDA DE VIVIENDAS
SEGUN HOGARES PIURA - CASTILLA - 1989

ESTRATO SOCIO-ECONOMICO		RANGO DE INGRESOS	HOGARES	%
ALTO	I	10.8 I.M.L. y más	4.6	4.6
MEDIO	II	7.2 - 10.8 I.M.L.	22.65	35.0
	III	3.6 - 7.2	12.31	
BAJO	IV	1.9 - 3.6 I.M.L.	14.31	60.4
	V	1.1 - 1.9	16.62	
	VI	0.0 - 1.1	29.52	

2.3.3 CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS VIVIENDAS

Se aprecia una homogeneidad por sectores consolidados y en proceso de consolidación con tipos de edificación similares y materiales constructivos iguales. Dentro de estas características predominan en los sectores consolidados, materiales tales como el ladrillo, bloques de concreto, techos aligerados y livianos, pisos de concreto u otros, etc.; y en los sectores en proceso de consolidación predomina el adobe, la quincha, techos livianos (eternit o cañas), pisos de tierra, etc..

De este análisis se aprecia que el 43 % del total de viviendas (50,059) presentan características de inadecuadas, es decir, en mal estado de conservación (adobes, quincha, calaminas, maderas, caña, etc.), y que requieren intervención en la edificación en cuanto a muros, pisos y cobertura. Además, existe el 20 % que requiere ampliación de ambientes para dormitorios y servicios higiénicos básicamente.

El 57 % presenta viviendas en aceptable estado de conservación (ladrillo, adobe, quincha, calamina, madera, caña, etc.).

Una encuesta realizada por INADUR revela una preferencia de los estratos de bajos ingresos: de sustituir las paredes de adobe, quincha, esteras y otros materiales, por ladrillo y cemento. Así se tiene que de las viviendas con más de 20 años de antigüedad, el 90 % se ha consolidado con materiales convencionales, mientras que las viviendas con menos de 5 años permanecen mayoritariamente con materiales precarios o provisionales.

Una síntesis del diagnóstico de vivienda nos muestra el cuadro N° 13

CUADRO # 13

SINTESIS DEL DIAGNOSTICO DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE PIURA

Aspectos Físicos y Legales de Viviendas de Estrato Social Medio y Medio Bajo de la Ciudad de Piura		%
Viviendas Ocupadas (promedio)		83.5
Area de la Vivienda	Total	68.0
	Construída	84.0
Títulos de Propiedad		53.0
Viviendas Edificadas Autoconstruídas		57.0
Viviendas Edificadas Financiadas con Ahorro Propio		76.0
Casas Habitación		92.0
Paredes de Material Noble		72.0
Pisos de Concreto		45.0
Techos de Calamina		88.0
Servicios Básicos con Conexiones Domiciliarias	Agua	60.0
	Desagüe	80.0
	Luz	73.0
Estrato Bajo		60.8
Estrato Medio Bajo		12.3
Viviendas del Sector Informal		42.0

Problemas Principales Servicios: Servicios Básicos de Infraestructura: agua, desagüe, luz.
Edificaciones: Deterioro y Falta de Mantenimiento.

CAPITULO III

CARACTERISTICAS BASICAS: CONDICIONES FISICAS LOCALES

Las lluvias excepcionales de 1983 afectaron enormemente la infraestructura urbana, quedando completamente destruída. Tratándose de una ciudad importante con un alto índice poblacional dentro de la Región Grau, fue necesario ejecutar trabajos de reconstrucción y trazar lineamientos para que la planificación urbana considere adecuadamente los efectos de los desastres naturales que la amenazan; estos son: las inundaciones que sufren cada vez que se presenta el fenómeno de El Niño (debido a su posición próxima a la línea ecuatorial) y los eventos sísmicos, por estar dentro de la región caracterizada por un alto grado de sismicidad.

La herramienta básica de la planificación urbana son los estudios de Microzonificación; para ello es primordial el conocimiento de las condiciones naturales del sitio, considerando las características topográficas, geológicas y geomorfológicas con el objeto de apoyar con un mejor conocimiento a las características de unidades litológicas y definir las características físicas donde se decide cimentar.

También se consideran las características hidrológicas e hidrogeológicas, y principalmente las sísmicas.

Todo el conocimiento de estas características básicas de la zona de estudio resultan trascendentes para los fines de este estudio de microzonificación.

3.1 CARACTERÍSTICAS TOPOGRAFICAS DEL MEDIO URBANO.

Los distritos de Piura y Castilla están físicamente divididos por el río Piura, el cual cruza la ciudad de noreste o suroeste pasando por urbanizaciones, casco antiguo y asentamientos humanos asentados en ambas márgenes del río.

La topografía de ambos distritos es generalmente casi llana, con escasas diferencias de nivel, pues las cotas fluctúan entre los 25 y 40 m.s.n.m., presentando zonas deprimidas con cotas inferiores a 29 m.s.n.m. donde se encuentran gran parte de las urbanizaciones: Angamos, Santa Isabel, Barrio Pachitea, Grau, 4 de Enero, Titanes, A.H. 18 de Mayo y A.H. Quinta Julia. Esta franja es casi paralela al lecho del río Piura y según antecedentes históricos constituyó un antiguo lecho de dicho río.

También se ubican a la zona El Chilcal y hacia el norte gran parte de los terrenos de la UDEP, Urb. Ignacio Merino y zona industrial sobre las cotas 29 a 30 m.s.n.m.; en las zonas exteriores inmediatas sobre todo en el sector sur y suroeste las cotas bajan hasta los 25 m.s.n.m..

La cota mínima (25 m.s.n.m.) también se presenta en el lecho del río y la máxima altura con cota 40 m.s.n.m. está en el área de la Urb. San Eduardo aproximadamente a 1,500 m. de distancia, al norte del centro de la ciudad, cuya cota es de 35 m.s.n.m..

En las riberas, las edificaciones tienen cotas que oscilan entre 28 y 30 m.s.n.m..

Se puede decir que la pendiente promedio en la localidad de Piura, se manifiesta en el sentido noreste a sureste y en Castilla en el sentido suroeste. De esta manera podemos observar que la tendencia general del terreno de Piura y Castilla está ligada a la dirección y ubicación relativa del río. (ver lámina N° 1).

En los terrenos de expansión urbana hacia el noroeste presenta una topografía natural casi plana, existiendo a lo largo de la carretera a Paita y Sullana desniveles de

aproximadamente 2 m. de profundidad, al parecer por extracción de material para la elaboración de unidades de albañilería.

3.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS.

3.2.1 DEL BAJO PIURA.

Las unidades estratigráficas reconocidas en el área de estudio, la cual se ubica en el Bajo Piura, están constituidas por rocas sedimentarias y metamórficas cuyas edades abarcan desde el Terciario Superior hasta el Cuaternario reciente.

Las características más importantes de las unidades estratigráficas se describen a continuación:

a. Cenozoico.

a-1 Terciario Superior: Formación Zapayal (TS-Z)

Denominada así debido a que una de sus buenas exposiciones aparece a lo largo de las Salinas Zapayal. Las exploraciones petrolíferas han permitido establecer que esta formación se encuentra extensamente distribuida en la región.

- Hacia el norte, se adelgaza terminando en un cuchillo cerca de Sullana.
- Por el sur es muy potente y se le encuentra en todo el área del desierto de Sechura.
- Por el este, se acuña a pocos kilómetros de la Panamericana.
- Por el oeste se encuentra hasta los bordes del Cerro I.

La formación Zapayal aflora en los tramos de la carretera de Piura-Paita y Piura-Sullana.

Litológicamente esta formación presenta dos niveles:

- El Zapayal Superior está constituido por lutitas, arenas y conglomerados arenosos. Aquí se localizan las napas más importantes.
- El nivel inferior está constituido por lutitas, en parte bentonitas, limonitas, areniscas y diatomitas. Desde el punto de vista hidrológico, esta formación y en

especial su nivel superior, tiene importancia ya que constituye el reservorio acuífero en la zona de estudio.

b. Cuaternario.

b-1 Depósito Aluvial (Q-A1).

Son acumulaciones de clásticos que se encuentran constituídos por arenas, arcillas, limos, gravas y conglomerados, intermezclados en diferentes proporciones debido a que han sido depositados bajo condiciones muy variables en cuanto a volumen y velocidad de flujo.

Estos depósitos constituyen el área agrícola del valle de Piura, y son de potencia reducida que continen al acuífero superficial de agua salobre.

b-2 Depósito Eólico (Q-e).

Constituyen los depósitos más importantes del área de estudio. Se presentan en forma de mantos o en forma de dunas que cubren gran parte del Bajo Piura. Se le ha reconocido en el terreno como cobertura superficial y en el subsuelo, intercalados con limos y arcillas, lo que denota cambios climáticos ocurridos (ver lámina N° 2).

ESTRUCTURAS GEOLOGICAS.

El cuadro estructural regional de la zona costera del noroeste peruano comprende: el Macizo de los Cerros Illescas situado a 100 km. al sur oeste de Piura, formado por rocas metamórficas paleozoicas y pre-cambrianas y la depresión parandina (desierto de Sechura-Piura), donde las rocas terciarias alcanzan un espesor mayor de 2,500 m. Dentro de este marco regional, la falla Illescas constituye uno de los principales elementos tectónicos de la región ya que se encuentra dividiendo las áreas estructurales:

- a) Al Oeste del macizo de Illescas.
- b) Al Este la cuenca de Sechura-Piura.

Consideramos de importancia señalar la existencia de esta falla, a pesar de su distancia de Piura, puesto que ya ha jugado un papel importante en la evolución estructural de la región suponiéndose que ha sufrido reactivación durante el cuaternario. Su presencia y su posibilidad de reactivación ha sido tomada en cuenta para el riesgo sísmico en la ciudad de Piura.

3.2.2 GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.

Las unidades litológicas existentes en el área de estudio comprenden a formaciones terciarias y cuaternarias.

En el área de Los Ejidos el río Piura atraviesa la formación Zapayal del terciario. En la margen izquierda es posible observar un afloramiento de esta formación y está compuesto de lentes de limonita y arenisca. La estratigrafía no es continua y numerosos lentes de arcilla y arena son visibles en el afloramiento.

Los lentes de arena generalmente están solidificados. El espesor puede verse en el afloramiento y en las perforaciones que se han realizado.

Los depósitos aluviales del cuaternario que se encuentran en la margen derecha del río Piura, se componen principalmente en limo arenoso (SM), arena pobremente graduada (SP) con lentes de limo y arcillas muy delgadas.

En los registros de perforación fueron encontrados bolsones de gas a profundidades que variaban entre 11 y 21 m.

Los depósitos de arcilla son explotados en varios lugares a lo largo del alineamiento del canal principal Los Ejidos (en Castilla) como fuente para la fabricación de ladrillos.

En los tramos que cruza el casco urbano, las formaciones terciarias están constituídas por la formación Zapayal cuyas rocas incluyen lutitas, limonitas gris verdosas, areniscas friables a veces cementadas, con nódulos de Carbonato de Calcio e impregnación de sales y sulfatos; en conjunto, su distribución es errática, heterogénea y discontinua.

Durante el hincado de las tablaestacas se pudieron constatar la resistencia que ofrece a la penetración.

Los depósitos cuaternarios están formados por arenas eólicas y fluviales finas, con presencia de lentes de limo-arcilloso-arenoso, que se interpreta como acumulaciones de tipo lagunar o pantanoso dentro del cauce del río Piura.

Estos depósitos se encuentran superficialmente con un espesor promedio de 5 a 10 m. partir de la cota 25 m.s.n.m..

En las riberas se observan que estos depósitos están intercalados con desmontes de recientes construcciones destruidas, restos de pilotes del edificio Palacio de Justicia, estructuras del Puente Viejo de Piura, muros de ladrillo de antiguas bocatomas de irrigación, cimientos de construcciones antiguas, restos orgánicos, troncos de algarrobos, además del relleno de arena eólica usada para cubrir y compensar los desniveles.

En el área urbana de la ciudad la arena encontrada es de origen eólico (perteneciente a la era cuaternaria) y se ha consolidado por efectos mecánicos de lluvia y saturación. Este depósito arenoso ha sedimentado junto con partículas finas de limo que le proporciona cierta cohesión aparente, lo cual es motivo de la estabilidad de los cortes verticales de las calicatas.

In situ se observan minúsculas estratificaciones de arena SP y SM formadas por sedimentación. Al referirnos a la arcilla CL afirmamos que se trata de la formación Zapayal, depositada también por sedimentación y preconsolidada por efectos de desecación natural del terreno.

En la lámina N° 3 se muestra las unidades litológicas existentes en las riberas del río Piura.

ESTRUCTURAS GEOLOGICAS.

Los estratos de la formación Zapayal esencialmente son planos. Se ha podido localizar estratos locales cruzados, los mismos que se encuentran en la salida de las quebradas al este de Los Ejidos.

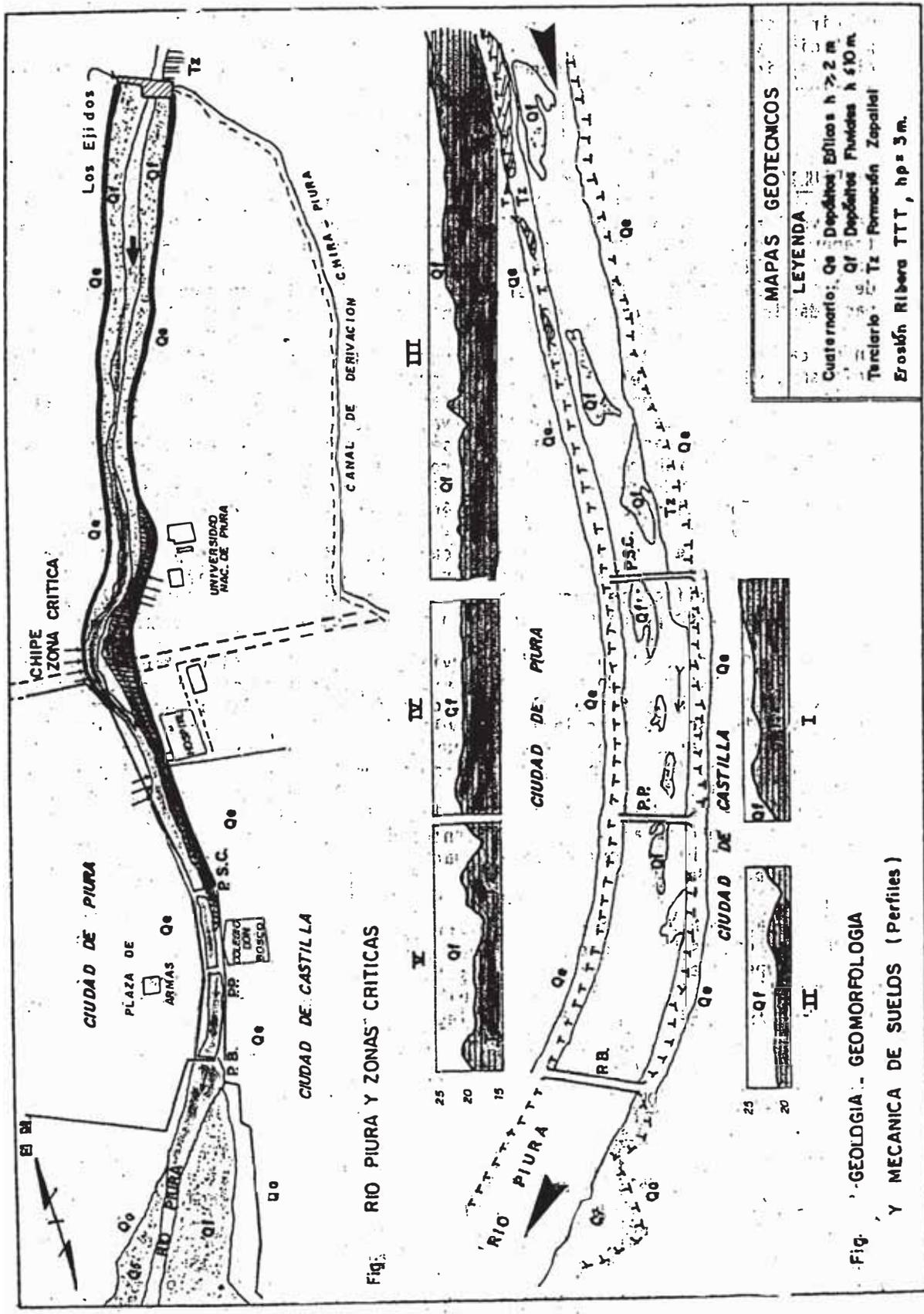


Fig. RIO PIURA Y ZONAS CRITICAS

Fig. GEOMORFOLOGIA Y MECANICA DE SUELOS (Perfiles)

MAPAS GEOTECNICOS
 LEYENDA
 Cuaternario: Qe Depósitos Esflicos h > 2 m
 Qf Depósitos Fluidos h < 10 m
 Terciario: Tz Formación Zepallal
 Erosión Ribera TTT, hps 3 m.

No hay un patrón de fractura definido o junta visible en el afloramiento; sin embargo, una junta de calcita se localizó en una perforación a una profundidad de 18.5 m., otras juntas de calcita son visibles en el afloramiento de la margen izquierda.

En fotografías aéreas tomadas al este de Los Ejidos se han observado algunos desplazamientos, los cuales fueron examinados en trincheras y estudiados los afloramientos de las quebradas, no encontrando ninguna discontinuidad estructural.

En el área del terreno de la Urb. Los Geranios (margen derecha del río Piura) no se han observado evidencias de fallamiento de alguna importancia; sin embargo aguas arriba de este terreno a unos 3 km. de distancia, se nota una inflexión abrupta del curso del río que va de norte a sur; este hecho parece evidenciar un control estructural, mediante la existencia de una falla de rumbo NE-SO que afecta el basamento rocoso constituido por la formación Zapayal.

No existen suficientes elementos de juicio para establecer su identidad definitiva, ni tampoco su edad probable o su dinámica actual; sin embargo, la distancia a que se encuentra del terreno excluye cualquier posibilidad de riesgo directo sobre la estabilidad de las obras futuras para los efectos de la seguridad física del área.

3.3 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS.

3.3.1 DEL BAJO PIURA.

Desde el punto de vista regional, la ciudad de Piura está situada dentro de la región de la costa, la cual se extiende desde la ribera del mar hasta los primeros contrafuertes andinos conformando extensas pampas desérticas a semidesérticas con una topografía plana, en parte suavemente ondulada o con lomas constituidas por acumulaciones eólicas denominadas dunas o barcanas.

Estas llanuras desérticas son cortadas por diversos cursos de drenaje, que en este caso está representado por el río Piura, el mismo que ha formado un valle de poco fondo, de pendiente suave, de curso divagante y con terrazas en ambos márgenes.

Este hecho ha dado lugar a la formación de extensas superficies de terrenos áridos que en gran parte son verdaderos arenales, y en otros, son tierras apropiadas para el cultivo donde crea una vegetación típica de algarrobos y zapotales.

Hacia el sector de la ribera marina, aguas abajo de Piura, se tiene extensas superficies aterrazadas denominados tablazos que son de origen marino y que están constituídos por bancos potentes de conchas (material de gran dureza). Estos tablazos indican dos hechos importantes:

- a) Han constituídos antiguos fondos marinos.
- b) La región ha sufrido levantamientos epirogenéticos que han dado lugar a su emersión hasta los niveles actuales.

Evidencias encontradas en una calicata profunda efectuadas en las cercanías de los terrenos de los geranios, indican que este sector también fue ocupado por el mar en épocas pretéritas al igual que el área de la ciudad de Piura. Este hecho está evidenciado, por el hallazgo de restos de fauna marina en el subsuelo a unos 8 m. de profundidad, como caballitos de mar, resto de peces y de conchas.

De manera general se puede establecer que el mar se extendía hasta la cercanía de las estribaciones andinas, durante el pleistoceno.

El área de estudio está emplazada dentro de la unidad geomorfológica más importante de la región, denominada Planicie Costanera, donde localmente se conoce como las pampas del desierto de Sechura.

En forma general se describen las unidades geomorfológicas que se identifican en el área de interés denominado el Valle del Bajo Piura. Estas son:

- Llanura Fluvio-Aluvial.
- Afloramientos rocosos.
- Depósitos eólicos.
- a. Llanura Fluvio-Aluvial.

Esta unidad geomorfológica se encuentra ubicada a lo largo del río Piura.

La zona del Bajo Piura comprende desde la ciudad hasta Sechura y tiene una longitud de aproximadamente 50 kms. Se encuentra delimitado en ambos flancos por depósitos eólicos. En la margen derecha se observan algunos afloramientos rocosos de la formación Zapayal y del tablazo Máncora.

El relieve de esta unidad es suave, casi plana, siendo su pendiente muy débil, lo que ha motivado que las aguas del río en su recorrido, formen una amplia llanura.

A lo largo del reconocido río se observan terrazas de poca altura apreciándose en algunos sectores hasta dos niveles. Estos niveles de terrazas litológicamente están conformadas de la siguiente manera:

- El primer nivel de terraza T1 es la más alta y la más antigua; se encuentra entre los 6 y 8 m. por encima del lecho del río Piura y está constituida por depósitos detríticos de arenas, limos y arcillas.

La irregularidad extrema de los diversos horizontes de arenas, arcillas y limos representan cambios climáticos abruptos y superficies de deposición igualmente irregulares, lo cual no permite establecer niveles litológicos continuos en el suelo.

- El segundo nivel de terraza T2 es la más joven y se encuentra entre los 2 y 4 m. sobre el lecho del río; la composición de los sedimentos son arcillo-arenosos y arcillo-limosos y constituye el área de inundación del río en época de incremento extraordinario de su caudal.

b. Afloramientos Rocosos.

En el Bajo Piura los afloramientos pertenecientes a la formación Zapayal son escasos, estando mayormente cubiertos por depósitos eólicos.

El Bajo Piura es, topográficamente, de poca elevación con respecto al nivel del mar y está caracterizada por dos planicies a diferentes niveles; una de ellas se encuentra hacia el norte del valle y está formada por un tablazo, y 15 a 20 m. más bajo se ubica la otra planicie, formada por el valle y sus ramales. Al sur del valle se puede apreciar que el tablazo ha sido fuertemente erosionado.

c. Depósitos Eólicos.

Esta unidad geomorfológica comprende aquellas áreas que en la actualidad, se encuentran cubiertas por depósitos de arena en forma de mantos propiamente dichos o en forma de dunas (antiguas o fósiles y recientes o móviles).

En el Bajo Piura se encuentran dunas fósiles bajo la forma de mantos de arena y dunas, las cuales se encuentran en ambos flancos de la llanura y cubriendo formaciones más antiguas.

El viento, que tiene dirección sur a norte, juega un papel importante en el transporte de las arenas, el cual arranca el material de las playas marinas, lo arrastra y lo va depositando en ambos flancos de la llanura (Lámina N° 4).

3.3.2 FOTOINTERPRETACION GEOMORFOLOGICA DE LA CIUDAD DE PIURA

Objetivo.- es el reconocimiento de las características morfológicas del relieve y el río y en base a esto hacer un diagnóstico acerca de los diferentes problemas de geodinámica externa que puede afectar a la ciudad de Piura.

Alcances.- el estudio se ha hecho en base a interpretación de fotografías aéreas del año 1983, así como una comprobación de campo que ha permitido el plano. Solo muestra el cauce del río Piura y parte del área urbana de las localidades de Piura y Castilla después de las lluvias excepcionales a fines de 1983.

Características.- la fotointerpretación abarca una longitud de 5 a 6 km. desde la zona de El Chipe hasta aguas abajo del puente Bolognesi, donde su curso cambia de ancho y el río divaga en su lecho sin control aparente.

En el cauce se observa sedimentaciones de materiales recientes depositados por el río Piura de características meandriiformes evidenciadas que permite la baja velocidad de las aguas y su constante sedimentación.

Hacia el norte de la ciudad, el cauce es más definido, y al sur se ensancha siendo su ancho variable cuya restricción mayor se observa en los tres puentes cuyas luces son las siguientes:

- Puentes Sánchez Cerro 116 m.
- Puente Piura 112 m.
- Puente Bolognesi 131 m.

En la lámina N° 5 se observan las terrazas depositadas por el río Piura a las que se han denominado T_1 y T_2 .

El cauce está formado por depósitos fluviales compuesto de arenas finas, limos y arcillas. En la margen izquierda se encuentra delimitada por afloramientos rocosos de la formación Zapayal, mientras que la margen derecha está íntegramente delimitada por depósitos eólicos.

Por la sinuosidad que desarrolla el río aguas arriba del Cuartel Reyna Farge a lo largo de la margen derecha del sector estudiado (zona El Chipe) y por tanto es más erosivo y ha profundizado más sus canales. Es desde el punto de vista geomorfológico zona crítica siendo por esto necesaria la construcción de defensas ribereñas en este margen, al estar expuesta a la erosión e inundaciones.

La ciudad se encuentra cubierta por depósitos de arena eólica de perfil topográfico plano y ondulado, observándose gran proliferación de algarrobos pequeños y adultos, así como gran extensión de maleza.

Hacia el sector Sur-oeste se ha identificado una inmensa zona húmeda y la presencia de una gran laguna, producto de las lluvias torrenciales caídas en ese año.

3.4 ASPECTOS HIDROLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS.

3.4.1 HIDROLOGIA.

Las lluvias en la cuenca del río Piura, originaron avenidas de gran caudal en forma continua con mucha persistencia y duración como históricamente nunca había

ocurrido ni podía predecirse. Esto puede apreciarse en el registro mensual de caudales e hidrogramas en el período 1926-1990 que aparece en el adjunto elaborado por el Dpto. de Hidrología y Meteorología del proyecto Chira-Piura. Se presenta un análisis de las descargas medias anuales del río Piura, con la finalidad de tipificar los años hidrológicos de la serie histórica y establecer la sucesión de los años secos, muy secos, normales, húmedos, muy húmedos y excepcionalmente húmedos, teniendo en cuenta los riesgos de perjuicios unidos intrínsecamente a la naturaleza de los fenómenos hidrológicos y su secuencia.

Esta información requerida nos da una imagen cabal del comportamiento histórico de tales descargas y una idea de lo que causarían ambos factores: lluvias y caudales sobreabundantes.

3.4.1.1 MORFOLOGIA Y EVOLUCION DEL RIO PIURA.

El río Piura tiene su origen en la sierra de Huarmaca, en el cerro Sorogón a 2680 m.s.n.m. En su origen se denomina río Huarmaca, luego río Chanchaque y al unirse con el río Bigote se denomina río Piura.

A lo largo de su recorrido a través del valle del Alto Piura, reciben por su margen derecha e izquierda los aportes de sus afluentes que se forman a ambos lados de la cuenca discurriendo a través de quebrados y riachuelos.

Su curso inicial llega hasta Tambogrande en sentido sur-este a nor-oeste para luego variar de nor-este a sur-oeste hasta su desembocadura en Océano Pacífico.

La longitud total de su recorrido es aproximadamente de unos 300 kms. Su gradiente es más suave en la zona baja que en la cabecera.

En la zona de la sierra es decir en los primeros 20 kms. de su recorrido, su gradiente varía entre 5 % a 10 %, mientras en la parte baja, en la cual recorre una amplia llanura, su gradiente es del orden de 0.2 %.

En la parte baja del río no tiene un cauce que se pueda decir fijo. Se tiene referencias históricas que en los años 1871 y 1891, de crecientes extraordinarias,

cambió dos veces de curso. En 1871 se abrió un cauce por el centro del valle (Río Viejo), y en 1891 se trasladó al límite del tablazo de Paita (Río Letirá). En el presente siglo en 1983, parte de esos cauces antiguos fueron nuevamente ocupados por el río, de manera que fue a desembocar en las cercanías de Sechura (San Pedro). Por todas estas variaciones del cauce, tradicionalmente se le ha denominado río Loco.

El perfil transversal del río, es amplio con gran cantidad de meandros a lo largo del valle del Bajo Piura.

Como se sabe, el desarrollo de los meandros ensancha el cauce por socavación de las márgenes y variación de la zona de máxima erosión que se produce en la curva externa. En cambio en la parte interna no se produce tal erosión.

La energía asociada al escurrimiento de los caudales del río y la capacidad de transporte y depositación de materiales por la corriente son factores que deben ser profundamente estudiados para poder precisar los efectos sobre las estructuras proyectadas y su cimentación. El carácter impreciso que tiene el fenómeno El Niño, requieren de un proceso de análisis bastante complejo, viable a través de la Hidráulica Fluvial, asociada al pronóstico de las descargas futuras.

La evolución de la morfología del río por estas causas debe ser analizada en si misma y en cuanto afecte la estabilidad y eficiencia de las estructuras que el proyecto contemple.

ESTACIONES HIDROMETRICAS.

En la cuenca del río Piura existen numerosas estaciones de aforo localizadas estratégicamente, tanto en el curso principal del río como en sus tributarios.

En el presente estudio se ha utilizado información registrada en la estación Puente S. Cerro y controlada por el Dpto. de Hidrometeorología del Proyecto Chira-Piura. Se ha tomado en cuenta dicha estación pues corresponde al medio Piura, donde se encuadra el área de estudio.

Dicha estación dispone de un registro de 64 años comprendidos entre 1926 al 1990 (ver cuadro en anexo).

3.4.1.2 REGIMEN DE DESCARGAS DEL RIO PIURA EN LA ESTACION PUENTE SANCHEZ CERRO.

El río Piura ofrece una gran variabilidad en sus descargas tanto anuales como mensuales. Tal variación está estrechamente relacionada con el régimen pluviométrico de la zona, influenciado directamente por la corriente de El Niño.

Las descargas anuales registradas en la estación Puente S. Cerro, muestran una gran irregularidad variando en el período considerado (1926-1990) desde 362 m³/s. (11,418 mm³) ocurriendo en el año sin precedentes (1983), hasta 0 m³/s. en 1951.

Para el presente estudio se ha tomado los registros de la estación Puente Sánchez Cerro, por su ubicación, cuya área de influencia abarca gran parte de la zona. Además nos permite dar una idea del comportamiento de las descargas del río Piura.

El control es ejercido por la Dirección Especial del Proyecto Chira-Piura (D.E.P.CH.P.) que de acuerdo a un análisis que han realizado, afirman que su régimen es similar a los demás ríos de la costa peruana, con dos períodos diferentes: uno de avenida que corresponde generalmente a los meses de Enero a Abril, y el otro de estiaje, que corresponde a los meses restantes.

El análisis correspondiente al régimen mensual de descarga permite establecer que el río Piura proporciona aproximadamente el 70 % de su volumen total anual durante el período de avenidas y el resto (30 %) se descarga durante el período de estiaje.

3.4.1.3 COMPORTAMIENTO DEL RIO PIURA DURANTE LAS MAXIMAS AVENIDAS OCURRIDAS EN EL AÑO 1983.

La ocurrencia de este fenómeno en los primeros 5 meses de 1983 con características extraordinarias ha determinado precipitaciones cuyas intensidades y

persistencia han producido escorrentías muy importantes en la cuenca baja, la misma que ha sido recogida por su colector principal, el río Piura.

Durante los 6 meses de 1983, el río sufrió más cambios que tal vez durante siglos en el pasado. El cauce del río Piura fue erosionándose en profundidad y anchura, y cambiando de posición durante las avenidas de uno a otro lado de la inundación y en algunos puntos el cauce se trasladó aún más.

Estas condiciones de flujo modificaron el fondo del cauce, profundizándolo y por lo persistente de las fuertes avenidas, no permitieron que volviera a su condición de equilibrio antes que ocurriera las siguientes avenidas, creándose en consecuencia condiciones indeseables de nivel de fondo de río.

El contenido de los sedimentos arrastrados por el río ha alcanzado igualmente un volumen extremo. Se estima una cantidad aproximada de 150 millones de toneladas.

El probable período de retorno de tal volumen de sedimentos transportados es el que corresponde al volumen total de descarga, es decir, de unos 1000 años.

Las características y parámetros cambiantes del régimen de escurrimiento del río, originó a su vez un proceso dinámico muy intenso en la morfología del río, especialmente en su lecho, con lo cual se puso de manifiesto un factor muy gravitante en la cimentación y estabilidad de las obras a proyectarse y que deberá ser investigada en profundidad.

El gráfico N° 1 indica que las series combinadas para 1925-1989, dan los siguientes períodos de retorno vs. frecuencia.

DESCARGA MAXIMA PROBABLE EN EL RIO PIURA
PAPEL DE PROBABILIDAD EXTREMA

$$T_r = \frac{2n}{2m-1}$$

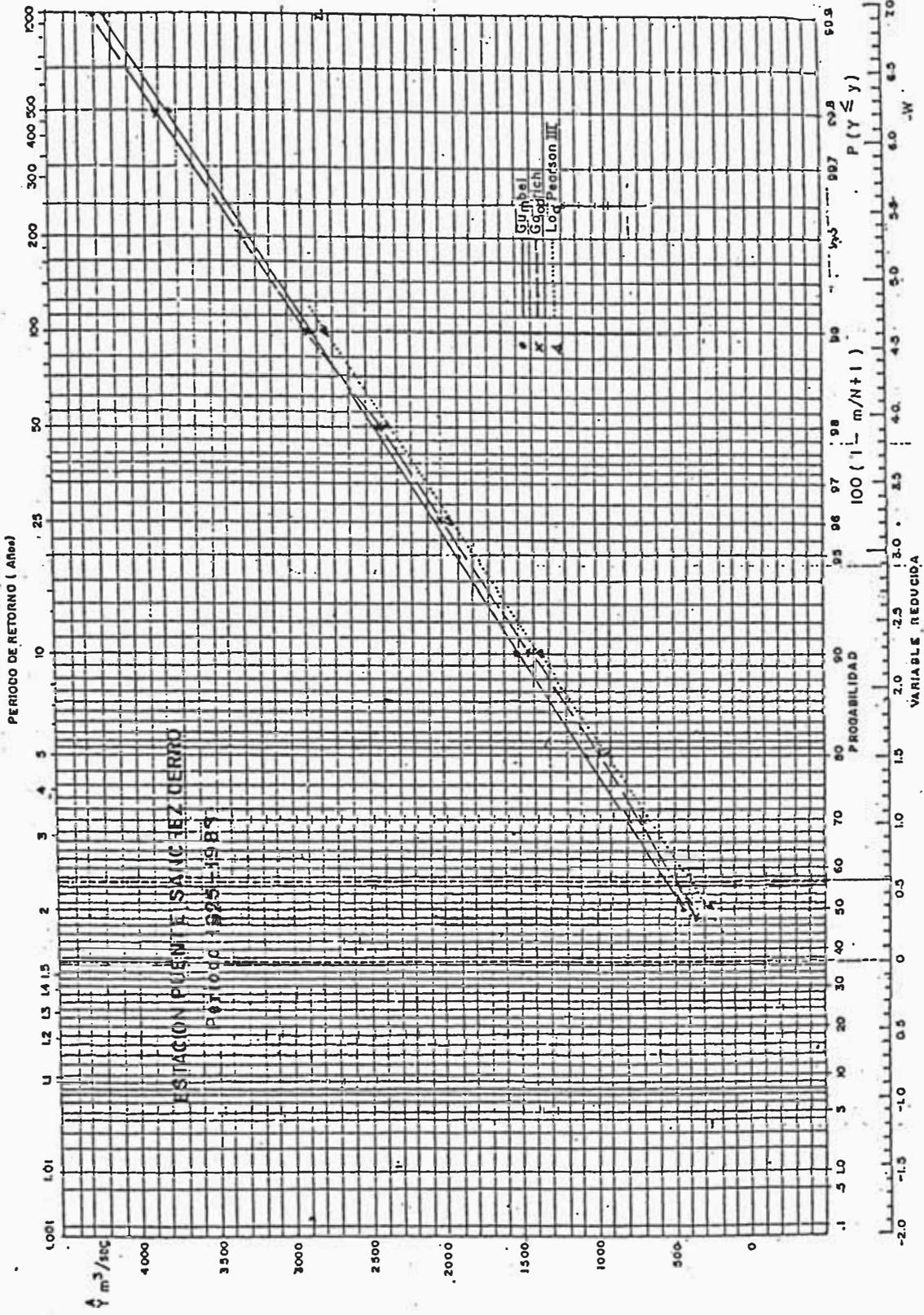


GRAFICO N°1

CUADRO N° 1

CAUDAL Y PERIODO DE RETORNO

PERIODO DE RETORNO	CAUDAL
(AÑOS)	M ³ /SEG.
200	3220
100	2820
50	2450
25	2800
10	1500

El caudal pico de 1983 excede el período de retorno de 200 años (Cuadro N° 1) y por ser un evento excepcional no debe ser considerado para diseño de puentes, alcantarillas y protecciones ribereñas en las obras a proyectarse, no por el aspecto económico, sino por el factor de recurrencia de este fenómeno que es de 100 años comparado con el diseño de una obra hidráulica que tiene una vida de 30 a 40 años.

Lo que nos permitiría adoptar parámetros hidrológicos para el diseño de las estructuras mencionadas, es un estudio más profundo de las características del fenómeno de El Niño.

El índice de riesgo asumido en el período de vida útil (40 años) de las estructuras de las obras de rehabilitación es bajo (20%) pues considera que los grandes caudales originan, como hemos relatado anteriormente, una degradación en el cauce, aumentando de esta forma la sección de escurrimiento, permitiendo el paso de los caudales registrados evitando mayor destrucción de ambas márgenes del río.

a.) CAUDALES PICOS DEL RIO PIURA EN LOS MESES DE ENERO -JUNIO.

Los períodos de avenidas del río Piura, según los hidrogramas observados antes de 1983, se caracterizan por la presencia de un caudal máximo o caudal pico de pocas horas de duración, continuando en seguida un proceso de recesión de los

caudales, lo que permitía que el cauce del río regresara a su condición de equilibrio. En cambio, el período lluvioso de 1983, se ha caracterizado por la continuidad de caudales superiores a los registrados durante igual período de tiempo histórico, presentándose hasta en siete oportunidades picos superiores a los 2,000 m³/s. con el valor máximo puntual de 3,200 m³/s. el día 21 de Mayo; este caudal pico es casi el de mayor magnitud registrada anteriormente con instrumentos confiables: 1,617 m³/s en 1972.

El período de retorno del volumen total de agua descargada por el río Piura durante las avenidas fue de 1000 años, conforme a las pruebas estadísticas exhaustivas que confirman este dato.

El diagrama correspondiente muestra que en 1983, la descarga total ascendió a 11×10^9 m³/s., lo que constituye el mencionado período de retorno alrededor de 1000 años.

Del Hidrograma (Gráfico N° 2) se observa el caudal pico de 3,200 m³/s. ocurrido en Mayo de 1983, presentado después de varios picos importantes en Marzo, Abril y Mayo. Este caudal máximo fue el virtual golpe de gracia para las estructuras que ya estaban seriamente dañadas.

Comparando este Hidrograma de Avenidas, con los años anteriores, se puede decir que aquella parte ocurrida hasta mediados de Febrero puede considerarse aproximadamente como una avenida de 25 años y aquella parte que ocurrió hasta fines de marzo, es comparable con la avenida registrada en 1943. Después de Marzo, el Hidrograma excede los registros anteriores.

b.) RELACION ENTRE PRECIPITACION Y DESCARGAS.

Con los datos de precipitaciones pluviales en el valle de Piura y los caudales del río Piura registrados por la DEPECHP se puede concluir que las precipitaciones frecuentes durante varios meses saturaron la cuenca resultando que el volumen de escorrentía y los caudales picos tendieran a incrementarse, a pesar que la magnitud de las precipitaciones, disminuía.

Las precipitaciones altas que caían en los inicios del período lluvioso daban caudales picos relativamente bajos.

Así tenemos que las precipitaciones registradas en la Estación Miraflores y Chulucanas, en los días 25 y 26 de Enero de 1983, de 142.4 mm y 202.5 mm. respectivamente dio un caudal de 1670 m³/s. el día 30.

En cambio en Mayo el día 20, la precipitación de 180.1 mm. dio como resultado una avenida de 3,200 m³/s., días previos las precipitaciones de dos días consecutivos de 66.6 y 57.3 mm. causó un caudal de 2,265 m³/s.

Esto demuestra la estrecha relación entre el Histograma de lluvias caídas y las descargas medidas notándose que a un aumento de las precipitaciones acumuladas, hay un consecuente humedecimiento del suelo y por lo tanto, la escorrentía superficial va en aumento. Esto es por la gran infiltración o retención del suelo, indicándonos que las grandes descargas se deben solo a momentos críticos de corta duración y de gran intensidad de las lluvias.

3.4.1.4 ANALISIS DE FRECUENCIA DEL RIO PIURA Y SELECCION DE AÑOS TÍPICOS.

La estación Puente Sánchez Cerro está influenciada por la captación en el Alto y Medio Piura; sin embargo no puede dejarse de señalar la importancia de esta estación, dado a que refleja en su gran registro de descarga, la historia hidrológica de la cuenca. En este caso no se ha efectuado un análisis de frecuencia mensual, porque no tendría representatividad, dado los efectos de captación; sin embargo, un análisis de frecuencia de las masas anuales nos ha permitido determinar la frecuencia con que se presentan los años muy húmedos, húmedos, normales, secos y muy secos (Cuadro # 2 de Anexo N° II), así como los períodos de retorno.

Los resultados indican por ejemplo que en el año 1983, se registró en la estación Puente Sánchez Cerro, una masa anual de 11,418.8 mm³ (362.1 m³/s.) con una frecuencia de 1.5 % y un período de retorno de 67 años, tipificándolo como un año excepcionalmente húmedo (gráfico N° 3); en el año 1972 cuya frecuencia fue de 50 %

CLASIFICACION DE AÑOS CARACTERISTICOS

RIO PIURA
ESTACION : PUENTE SANCHEZ CERRO

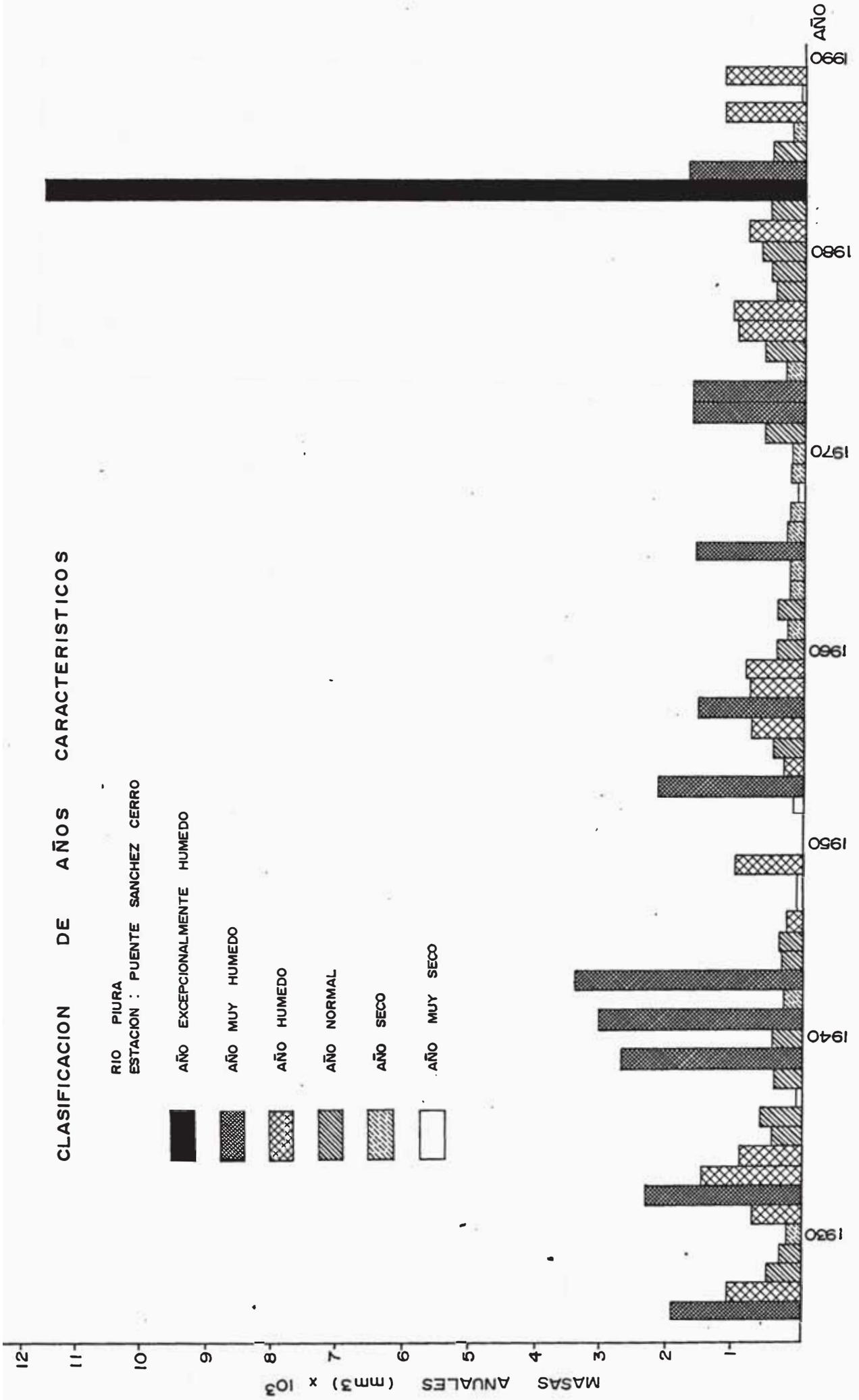
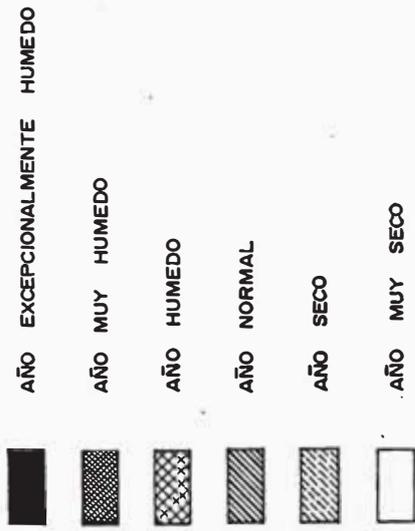


GRAFICO Nº 3

presentó una descarga de aproximadamente 1703.2 mm^3 ($54 \text{ m}^3/\text{s}$), con un período de retorno de 7.4 años, que lo tipifica como un año muy húmedo; finalmente el año 1986 se le considera un año seco ya que su descarga solo alcanza 162.5 mm^3 y su frecuencia y período de retorno del 85.1 y 1.18 años, respectivamente.

De esta manera podemos demostrar que el río Piura ofrece una fuerte variación en sus descargas.

3.4.1.5 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.

La distribución de frecuencias llamada también curvas de duración, se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un valor determinado de descargas en el tiempo, expresado en porcentaje.

La curva propiamente dicha resulta de graficar las descargas respectivas en el eje de las ordenadas y el porcentaje de tiempo en que las descargas son mayores o iguales que las indicadas, en el eje de las abcisas.

Para la cuenca del río Piura, las curvas de duración fueron obtenidas con la información de descargas mensuales en m^3/s ., elaborando una curva para cada mes respectivamente, así como también curvas para los módulos anuales, lo que se presenta en la figura como ilustración (Gráfico N° 4).

Del análisis de estas curvas se determina las disponibilidades de agua a un porcentaje deseado de persistencia; por ejemplo, las disponibilidades de agua en la estación Puente Sánchez Cerro, para el río Piura, a nivel actual, presentan un módulo de $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$. al 75 % de persistencia y de $22.1 \text{ m}^3/\text{s}$. al 50 %.

3.4.2 HIDROGEOLOGIA

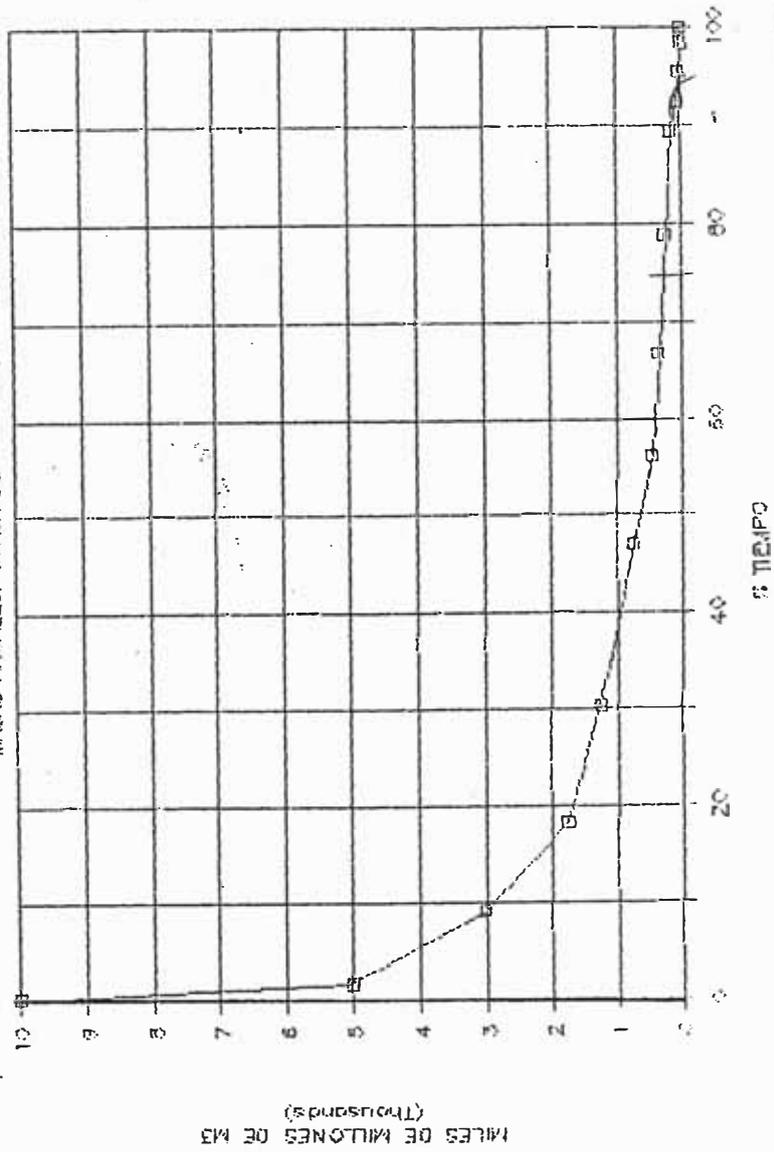
3.4.2.1 LOS ACUIFEROS EN LA CIUDAD DE PIURA.

En la zona de estudio se reconoce un complejo acuífero que contiene una napa libre superficial de contenido salino muy variable y otra más profunda confinada, dividida en varios niveles y de mejor calidad química. Ambas están separadas por un horizonte arcilloso de espesor promedio de 60 m.

GRAFICO N° 4

RIO PIURA: 1925-1990

MASAS ANUALES: CURVA DE DURACION



CARACTERISTICAS LITOLOGICAS

La litología del subsuelo se ha estudiado a través de los perfiles estratigráficos de los pozos perforados en la zona con fines de explotación de agua y de prospección geográfica realizada.

Algunos pozos llegan hasta los 2 m. de profundidad, atravesando los sedimentos del cuaternario y del terciario de la formación Zapayal.

Los perfiles estratigráficos nos muestran que en los primeros 30 m., aproximadamente, se presentan estratos de arcilla, arena arcillosa y arena con grava. Estos materiales pertenecen al antiguo trabajo de acarreo del río y a la parte superior de la formación Zapayal.

Intrayaciendo a esta secuencia se encuentra una capa predominante arcillosa, estimándose un espesor promedio de 60 m. en el que se observa intercalaciones delgadas de estratos arenosos y en algunos casos de grava. Esta unidad litológica desempeña un rol importante desde el punto de vista de la hidráulica e hidrogeoquímica de las aguas subterráneas.

Debajo, se presentan intercalaciones de estratos arenosos, arcillosos, arena-arcillosos, y en algunos casos, gravosos, con espesores variables de 2 a 50 m. En esta secuencia es donde se presenta la napa en carga, con sus diferentes niveles de confinamiento, de acuerdo a la distribución horizontal y vertical de los estratos permeables.

3.4.2.2 NAPA SUPERFICIAL.

La napa superficial o libre tiene su origen en la infiltración de las aguas del río y del sistema de riego existentes, siendo de poca profundidad y generalmente de contenido salino muy variable en la zona de estudio (medio y Bajo Piura).

Debido a la litología presente en esta zona, formados por sedimentos arcillo-limosos con mayor porcentaje de yeso y otras sales que se encuentran finamente diseminadas, hace que la permeabilidad y el caudal de la napa disminuya, notándose un mayor incremento de sales en solución aumentando conforme avanza hacia el mar.

a.) ALIMENTACION DE LA NAPA SUPERFICIAL Y CONFINADA.

NAPA SUPERFICIAL.

La napa superficial o libre en las infiltraciones de las aguas del río y del sistema de regadío existentes.

La recarga del freático superficial (Cendret-1969), se produce en la misma localidad, no existiendo efectos de las recargas alejados ni de los acuíferos interiores.

Los recargos locales más importantes son producidas por el exceso de riego de los jardines, las filtraciones desde tuberías deterioradas, los pozos sépticos y otros sistemas no conectados a la red de saneamiento, las filtraciones de canales revestidos que cruzan la ciudad y el flujo lateral proveniente de la Laguna de aguas negras (Fig. N 1).

Las intensas precipitaciones que irregularmente se presentan cada cierto número de años, ocasionan una elevación eventual del nivel freático. El mayor efecto se produce en zonas que constituyen una depresión topográfica, debido a que reciben escorrentía de las aguas de las áreas circundantes (Ver Fotos N° 1 y 2).

El río Piura actúa permanentemente como el alimentador del acuífero en máximas avenidas y como receptor de las aguas freáticas con la disminución de su caudal. Aunque no existen datos numéricos que así lo confirman, en épocas de máximas avenidas, pues ninguno de los estudios hechos hasta el momento coincidió con la ocurrencia de éstos.

De lo que si se tiene certeza es que el río funciona como dren en épocas de mínimas descargas, como lo confirma el estudio realizado sobre la influencia de la represa Los Ejidos sobre la napa freática de la ciudad de Piura.

Debido a los medios restringidos de evacuación natural, se producen almacenamientos de agua en el freático superficial por el exceso de formas e intensidad de recarga.

Normalmente las avenidas del río ocurren en los meses de Enero a Abril, y los altos niveles de agua en períodos cortos, se presentan en los meses de Febrero y Marzo, por lo general.

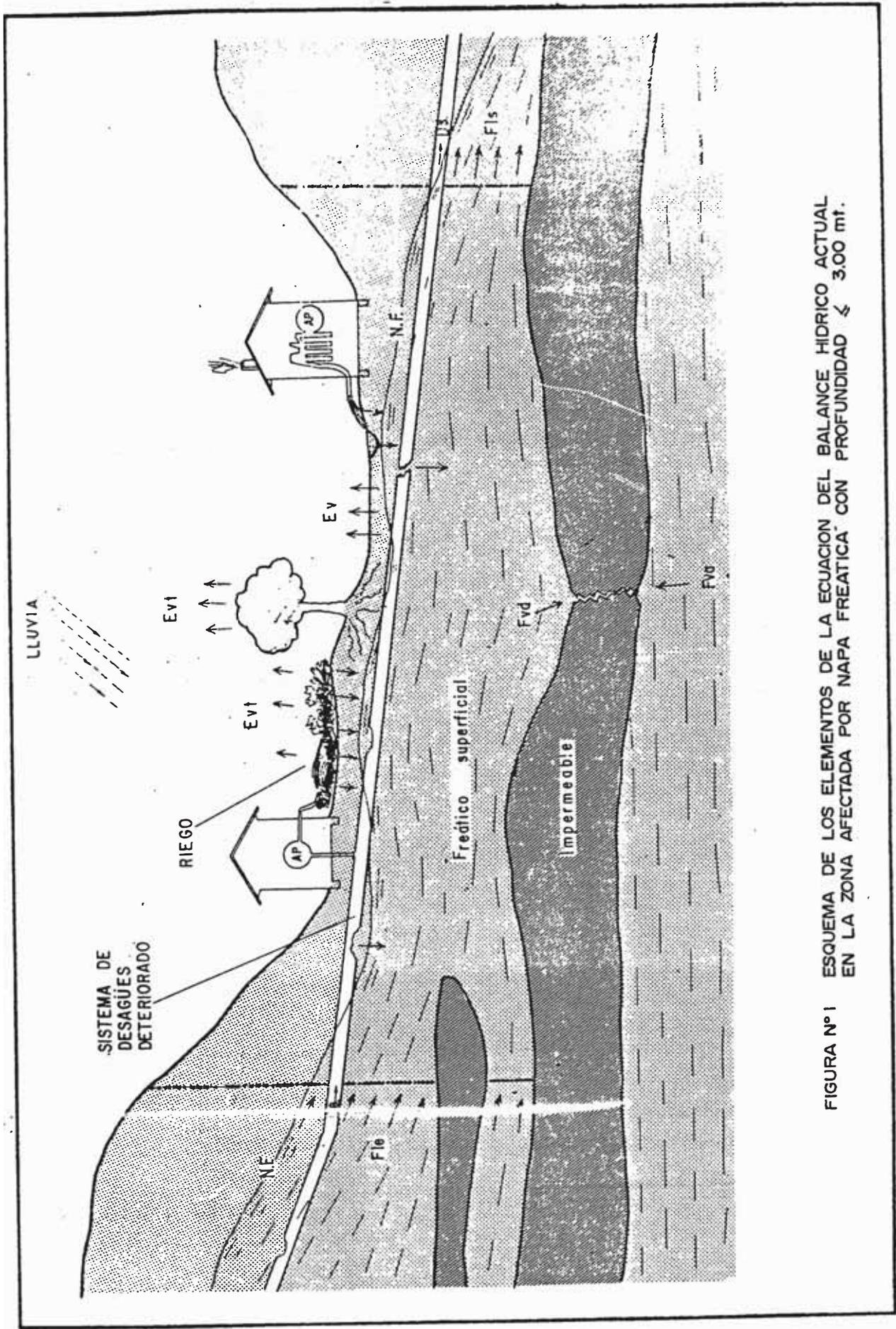


FIGURA Nº 1 ESQUEMA DE LOS ELEMENTOS DE LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO ACTUAL EN LA ZONA AFECTADA POR NAPA FREATICA CON PROFUNDIDAD \leq 3.00 mt.



FOTO N° 1

Calicata sobre el Dren 18 de Mayo que desemboca al río.
Se observa el nivel de agua a 2.0 metros en relación al fondo del dren.

Dependiendo de la configuración de la napa freática con respecto a la topografía del suelo, se ubican las zonas donde la napa freática está cerca a la superficie y que sigue constituyendo un problema que debe solucionarse.

LA NAPA SUPERFICIAL CONFINADA.

La napa superficial confinada se origina por la infiltración de las aguas de precipitación, del río y del riego de los sectores del Alto Piura y quizás parte del Medio Piura. Esta se encuentra a una profundidad promedio de 90 m. ascendiendo una vez atravesando el estrato confinante, a aproximadamente 25 m. de profundidad.

b.) PROFUNDIDAD Y DIRECCION DE FLUJO DE LA NAPA FREATICA.

PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREATICA.

Dada la condición de una topografía ondulada en la ciudad de Piura y alrededores, el nivel de la napa freática no refleja la situación de ésta con relación a la superficie del suelo (Lámina N° 6).

ZONAS AFECTADAS POR LA NAPA SUPERFICIAL.

El estudio realizado por el Centro de Drenaje y Ocupación de Tierras (CENDRET-1969) acerca de las causas y soluciones del problema del nivel freático superficial en la ciudad de Piura, identificó las zonas urbanas afectadas por la alta napa freática, cuando ésta se encuentra temporal o permanentemente a menos de 3 m. de profundidad. También identificó las áreas con profundidades mayores de 3 m.

Para esa fecha se recomendó la aplicación de medidas de control en dichas zonas, con el objeto de depresionar la napa freática a la mayor profundidad posible y evitar su elevación.

Este estudio determinó la ejecución de un sistema de drenaje adecuado propuesto para cada una de las zonas afectadas.

Debido a que este proyecto nunca llegó a ejecutarse, la D.E.P.CH.P., prosiguiendo su parte con estos trabajos ha determinado que las condiciones de fluctuación de la napa se mantienen para las zonas afectadas, asimismo ha estudiado las

condiciones de máxima elevación por influencia del represamiento "Los Ejidos", cuyo funcionamiento empezó en Abril de 1985.

DIRECCION DE FLUJO.

Los estudios realizados por la D.E.P.CH.P. sobre las fluctuaciones del nivel freático durante 15 años, demuestran la factibilidad que ofrece el valle para el análisis de recarga y dirección de flujo mediante pozos de observación.

Los estudios realizados por CENDRET, determinaron que el flujo sigue la dirección de la pendiente del terreno a partir de las zonas de recarga, encontrándose un flujo tangencial hacia el río Piura, demostrando su funcionamiento como un dren natural.

En la lámina N° 13 se presenta las zonas afectadas por recarga de la ciudad (1970) denominadas 2, 3, 4 y 8 coincidente con lo respecta al sector de Castilla, deduciéndose que los problemas aún continúan con similar intensidad; en la ciudad de Piura el efecto de recarga ha disminuído en los sectores 2, 3, 4 debido a las obras de reconstrucción del sistema de alcantarillado de la ciudad.

Se debe considerar también que las obras de encauzamiento del río en el tramo que pasa por ambas ciudades está entrando el flujo directo de aguas desde el cauce hacia los acuíferos adyacentes.

c.) INFLUENCIA DE LA PRESA DERIVADORA LOS EJIDOS SOBRE LA NAPA FREATICA.

La presa derivadora Los Ejidos es una estructura de embalse y regulación del volumen de agua del río Piura, constituída sobre su cauce; se encuentra ubicada a más de 4 kms. arriba de la ciudad de Piura.

La presa abastece de agua al canal de derivación ubicado en la margen izquierda, pasando los asentamientos humanos de Castilla: María Goretti, La Primavera, Víctor Raúl Haya de la Torre por el norte, Juan Pablo II, Calixto Balarezo, Chiclayito, González Prada y Urb. San Bernardo, por el sur.

Con la puesta en funcionamiento de esta obra hidráulica en Abril de 1985, hubo preocupación de los técnicos del Proyecto Chira-Piura que pudiera constituir nueva fuente posible de peligro potencial de recargo del acuífero superficial hacia la ciudad de Piura, a consecuencia de las filtraciones no controladas y no definidas que pudieran existir.

Por ello se planteó el estudio de la influencia de la presa derivadora Los Ejidos y su efecto de recargo permanente sobre la napa freática de Piura, en una extensión de 900 m. entre la presa y la ciudad, para determinar sus características y sentido de flujo subterráneo, así como el origen de otras recargas que pudiesen alimentar el Acuífero Superficial.

Para la evaluación de la napa freática de la ciudad, se instalaron 30 pozos de observación de tipo permanente distribuidos uniformemente en el área en 7 grupos o baterías, perpendiculares al eje del río, además hicieron 6 perforaciones y 6 pozos provisionales de apoyo a la red instalada con la finalidad de precisar la morfología de la napa freática.

Entre las conclusiones más importantes de este estudio, tenemos:

1.- Del análisis de los datos se concluye que no existe respuesta del acuífero de la ciudad de Piura, respecto al embalse "Los Ejidos". Al contrario se ha detectado su disminución con respecto al nivel de la napa freática en 1969 con la ejecución de las obras de reconstrucción.

2.- Se han detectado 3 zonas de recarga en el plano de curvas de contorno:

ZONA A: zona ubicada en la margen derecha del río Piura; comprende terrenos de cultivo y propiedades particulares cuya recarga proviene de riego en cultivos permanentes (pastos).

ZONA B: zona ubicada en la margen derecha; son áreas que comprende a las Urb. Bello Horizonte, Nuevo Cementerio Metropolitano de Piura. Esta zona es una depresión.

ZONA C: zona ubicada en la margen izquierda del río Piura, en Castilla, que comprende a la Urb. Miraflores.

- En las zonas B y C el flujo de recarga proviene del sistema de agua y desagüe en mal estado.

3.- Durante el tiempo que duró el mapeo de los pozos de observación no se detectó elevaciones en conjunto, sin embargo las zonas de recarga se mantuvieron constantes en el tiempo.

4.- El nivel freático para la zona de estudio presenta el gradiente hidráulico hacia el río Piura, el mismo que está funcionando como un dren natural.

En la Figura N° 2, se observa claramente las tres zonas de recarga A,B y C cuyas líneas de flujo se dirigen hacia el río Piura, demostrándonos de esta manera que dicho río funciona como un dren natural. También se observa que de la zona C parten líneas de flujo hacia el norte.

La morfología de la napa se ha mantenido con mucha uniformidad a pesar de las variaciones sufridas en el espejo de agua de la presa, lo que nos indica la no influencia del embalse, por cuanto se mantiene con gran regularidad en la forma de las curvas de contorno manifestado en su similitud, como también en la dirección de las líneas de flujo.

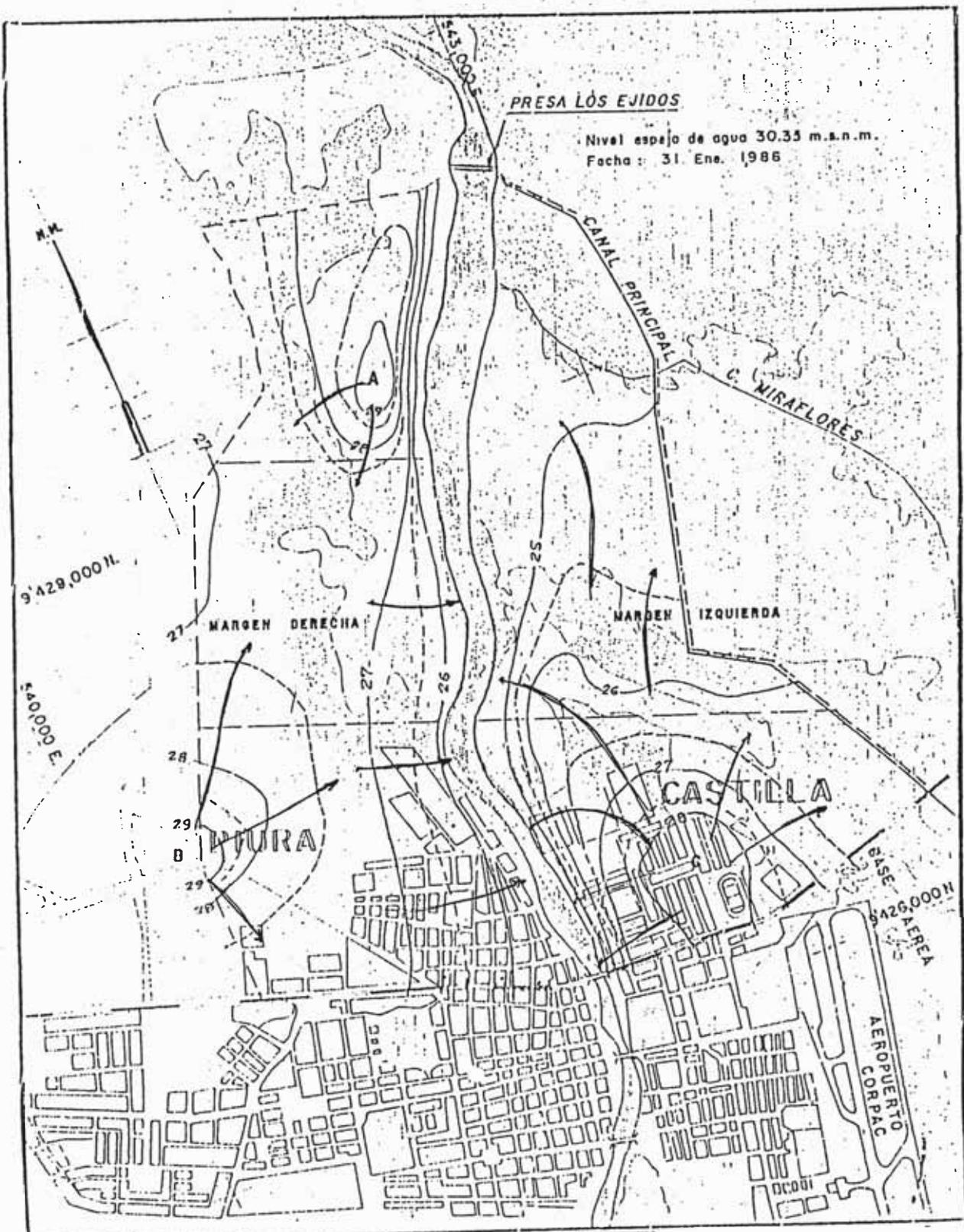
d.) EFECTOS NOCIVOS DE LA NAPA FREÁTICA.

Del estudio de las fluctuaciones de la napa freática en el tiempo y en el espacio, se puede identificar las zonas afectadas por la presencia del nivel freático a poca profundidad (menor de 3 m.) del suelo. Esto nos permite tomar medidas necesarias para evitar los siguientes efectos nocivos:

1.- EFECTO SOBRE EL CONCRETO.

NATURALEZA DEL PROCESO DE AFECTACION.

Cuando la napa freática es poco profunda, la intensidad del ascenso es mucho mayor dentro del rango en que se produce la capilaridad. Así el humedecimiento por capilaridad llega a la superficie del terreno y aún alas bases y paredes de las edificaciones de materiales de cierta porosidad.



PRESA LOS EJIDOS

Nivel espejo de agua 30.35 m.s.n.m.
 Fecha : 31. Ene. 1986

9'429,000 N.

5'40,000 E.

MARGEN DERECHA

MARGEN IZQUIERDA

CASTILLA

MIURA

BASE AEREA
 9'426,000 N.

AEROPUERTO
 CORPAC

LEYENDA
 — 28 —
 Curvas de Contorno. (m.s.n.m.)
 - - - 28.5 - - -

CURVAS DE NIVEL FREATICO - 1986

FIGURA N° 2

Aquí la tendencia a la concentración de sales (cloruro de magnesio y sulfatos) se hace intensa por la evaporación haciendo que esta acumulación sea progresiva e ilimitada. Las sales presentes al estar en contacto con el concreto y otros materiales cementados, reacciona de la siguiente manera:

- Los sulfatos reaccionan con el calcáreo hidratado y con aluminatos de calcio hidratados del concreto, para formar sulfatos de calcio y sulfo aluminato de calcio, respectivamente.

Estas reacciones van acompañadas de una expansión considerable, con la consecuente rotura o disgregación del concreto. La cristalización de los sulfatos, en general, tiene efecto similar.

- El cloruro de magnesio reacciona con el calcáreo hidratado formando cloruro de calcio de rápida solubilidad, resultando en una mayor porosidad y debilidad del concreto. Estos efectos nocivos al concreto dependen de las características de porosidad y composición del concreto y tipo de cemento empleado.

En la ciudad de Piura se han observado viviendas afectadas por la salinización de los suelos. Los ataques leves se presentan como manchas onduladas e irregulares a cierta altura de los zócalos o paredes, en las que el acabado está deteriorado. En otros casos donde la napa freática está a pocos centímetros de profundidad, la rapidez e intensidad del ataque ha causado el deterioro total de paredes de material noble.

2.- EFEECTO POR SISMO.

En Piura existen suelos con potencial de licuación ante la acción sísmica. Este problema se presenta en suelos arenosos y nivel freático alto, por lo tanto, su presencia tiene influencia notoria en los daños sísmicos.

3.5 FENOMENOS GEODINAMICOS Y MICROZONIFICACION DEL POTENCIAL DEL PELIGRO.

Los fenómenos naturales de origen atmosférico, hidrológico y geológico tales como torrenciales lluvias, terremotos y otros, son eventos que representan un peligro latente que bien puede considerarse como una amenaza para el desarrollo socio-económico de la ciudad de Piura.

La recurrencia periódica de graves episodios sísmicos (Piura 1912, Tumbes 1953) y de las catástrofes provocadas por el fenómeno "El Niño" (1925, 1972, 1983) son los principales eventos que ofrecen un alto riesgo por su peligrosidad.

Desde el punto de vista de geodinámica interna, la región Noroeste, donde se ubica la ciudad de Piura, se considera como una zona de alta sismicidad, dada la ocurrencia de numerosos sismos históricos que han afectado a la región, por las características tectónicas. distribución especial de los sismos y espesor del lecho sismoactivo.

Se producen fenómenos de geodinámica externa (erosiones) durante cada período lluvioso y en particular cuando éstos son muy intensos, en la cuenca del río Piura, que crea graves problemas de tipo económico y social a la gran población y asentamientos humanos ubicados en las riberas de dicho río y alrededores de la ciudad. Esto confirma que la ciudad de Piura presenta extensas áreas sensibles a los fenómenos geodinámicos, siendo altamente vulnerable al impacto de los fenómenos naturales.

3.5.1 Internos.

3.5.1.1 Actividad Sísmica de Piura.

Por conocimiento geológico, sabemos que el territorio peruano está situado sobre la franja sísmica muy activa, conocida como Círculo Circum-Pacífico, el cual tiene en esta zona una dirección Noroeste, paralelo a la costa; casi todos los movimientos sísmicos se han generado por la interacción de las placas oceánicas

(Nazca) y Continental, provocando una presión que al liberar energía dan lugar a los sismos superficiales y otros de focos profundos.

La actividad sísmica se ha analizado tomando en consideración la existencia de dos fuentes principales de información:

a) Fuente Histórica.

Basada en relatos escritos que describen los efectos que los sismos fuertes han originado en el área de estudio desde la conquista hasta el presente siglo.

b) Fuente Instrumental.

Se fundamenta en las mediciones y datos cuantitativos. Los sismos registrados instrumentalmente permiten determinar sus parámetros focales: magnitud, ubicación del hipocentro, período predominante, duración, máxima amplitud, etc.

El análisis instrumental de la actividad sísmica se efectúa solamente a partir de 1963. Esto es con el establecimiento de la red mundial, la precisión de ubicación de los epicentros así como la sensibilidad de detección, aumentó hasta límites confiables permitiendo una mejor delimitación de las zonas activas.

a.) SISMICIDAD HISTORICA DE PIURA.

De las publicaciones del Dr. Silgado (1975) se ha recopilado información de la historia de los sismos más notables en el Perú entre 1515 y 1974.

En base a estos datos históricos se ha tratado de determinar algún parámetro que permita una evaluación de la sismicidad. El parámetro más adecuado es la intensidad con que pueda haber incidido en la ciudad, que refleja el efecto de la naturaleza, en las construcciones, en los animales y personas.

Para el sismo más importante, el IGP ha calculado una magnitud aproximada en base a la fórmula de Shebalin. El epicentro de muchos de ellos ha sido deducido de los datos de intensidad estimada, y en realidad es solo un indicativo de la región donde ha ocurrido el sismo.

La historia sísmica de Piura a pesar de haber sido una de las primeras ciudades fundadas por los españoles a comienzos del siglo XVI, es relativamente escasa.

Los archivos de la iglesia de Piura, indican que la ciudad sufrió daños por los años 1619,1687 y 1814.

SINTESIS DE LAS CARACTERISTICAS SISMICAS DEL NOR-OESTE PERUANO.

De acuerdo al trabajo del Dr. Silgado mencionado inicialmente, los siguientes son los sismos más importantes ocurridos en la región y que han afectado a Piura.

SISMO DEL 10 DE FEBRERO DE 1814

Hora: 05 horas.

Epicentro: Piura.

Fue el primer sismo histórico que sacudió a la ciudad de Piura y causó daños a numerosos edificios y viviendas, catalogándose como un sismo medianamente destructor de intensidad VII MM.

SISMO DEL 20 DE AGOSTO DE 1857

Hora: 07 horas.

Epicentro: Piura.

Fue más intenso que el anterior, destruyó muchos edificios, se produjeron grietas y emanaciones de aguas negras en algunos lugares (claro caso de licuación del suelo).

En el presente siglo Piura ha soportado desde temblores fuertes que no causaron daños, hasta terremotos intensos que afectaron gravemente la ciudad.

SISMO DEL 09 DE ENERO DE 1906

Ocurrió a las 05 horas y el epicentro se ubicó al NW del país y se produjo un fuerte temblor en la ciudad.

SISMO DEL 28 DE SETIEMBRE DE 1906

Ocurrió a las 10:25 horas y el epicentro se ubicó en el Norte del Perú. Produjo una notable conmoción sísmica; en un área elíptica de 310,000 km². que comprende gran parte de la Costa, Sierra y hasta las estribaciones de la Cordillera Oriental.

El eje mayor de la elipse comprendió entre Guayaquil (Ecuador) y Tarma. El eje menor entre Trujillo y Moyobamba.

El sismo se sintió fuerte en la ciudad de Piura.

SISMO DEL 28 DE ABRIL DE 1906.

Ocurrió a las 13:00 horas y el epicentro se ubicó en el litoral de Tumbes, produciendo un fuerte temblor que causó alarma a la población de Piura, tuvo una intensidad de grado III MM..

SISMO DEL 24 DE JULIO DE 1912.

Hora: 06:50 horas.

Epicentro: Norte Peruano.

Según la historia fué el terremoto más destructor que azotó a la ciudad de Piura y poblaciones vecinas, ocasionando muertos y heridos y quedando en condiciones inhabitables el 99 % de las viviendas. Las estadísticas de la época elevaron las pérdidas a 1'500,000 soles.

Este sismo produjo grietas y surgencia de aguas negras en el cauce seco del río Piura (otro caso de licuefacción en pequeña escala).

Entre Trujillo y el Puerto de Salaverry se estimó una intensidad de grado VI (Picón 1926), el epicentro microsísmico estuvo situado dentro del departamento de Piura, en una región de la Cordillera Occidental, al este de Huaca, noreste de Piura y noroeste de Huancabamba (ver figura N° 8).

La intensidad que le asigna Sieberg (1930), quien estudió este terremoto, es del orden de X-XI MM., que parece bastante exagerada dada la calidad y tipo de construcciones de esa época. La intensidad parece que fué entre VIII y IX MM.. El

área conmovida a juicio de Rosales Valencia (1917) abarcó aproximadamente unos 358,425 km²., dentro de la cual sufrieron considerablemente las provincias de Huancabamba, Cajamarca y Guayaquil (Ecuador). También fueron afectados las ciudades de Trujillo y Salaverry.

SISMO DEL 6 DE JULIO DE 1938.

Hora: 23:50 horas

Epicentro: Noroeste del Perú.

Sentido fuertemente en Piura, Sullana, Chulucanas causando gran alarma. Se le percibió con regular intensidad en Chepén, localidad situada a unos 270 km. más al Sur.

SISMO DEL 12 DE DICIEMBRE DE 1953.

Hora: 12:31 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú - Sur de Ecuador.

Intensidad: grado VII-VIII MM..

Este sismo causó muertos y heridos y numerosos daños materiales en la población de Tumbes y Corrales. El fenómeno se percibió en un área aproximada de 700,000 km².. Fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó seriamente a la parte noroeste del Perú y parte del territorio ecuatoriano, y el área de mayor destrucción abarcó unos 5,000 km²..

Dentro de esta superficie sufrieron algunas construcciones recientes de concreto armado, de adobe y ladrillo, la intensidad del movimiento se apreció entre el grado VII y VII MM..

En los terrenos húmedos se produjeron largas grietas de norte a sur, algunas de ellas de 50 metros de profundidad y de 30 a 40 centímetros de ancho.

En la Quebrada de Bocapan, en los Esteros de Puerto Pizarro y otros lugares, se produjeron eyecciones de lodo.

En los alrededores de Zorritos, de las partes altas del Cañón del río Tumbes y en el Alto se produjeron deslizamientos de material suelto; según Pasadena le asigna una

magnitud de 7.7, cuyo epicentro determinado por la Sección Geofísica del IGP, fué de 3.6° latitud sur y 80.5° longitud oeste.

En la ciudad de Piura fué sentido fuertemente, posiblemente con una intensidad de grado V, pero no se produjeron daños.

SISMO DEL 8 DE AGOSTO DE 1957.

Hora: 08:50 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Intensidad: grado V-VI MM..

Entre Tumbes y Chiclayo sacudió el fuerte sismo ocasionando ligeros deterioros en las viviendas de cemento en la ciudad de Talara. En la ciudad de Piura causó mucha alerta.

SISMO DEL 20 DE NOVIEMBRE DE 1960.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Este sismo destructor aunque de menor intensidad del año 1912, ocasionó 2 muertos y varios heridos, y un buen monto de daños en las construcciones; horas después un pequeño tsunami golpeó las costas del departamento de Lambayeque.

SISMO DEL 30 DE AGOSTO DE 1963.

Hora: 10:30 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Intensidad: grado VIII MM..

Produjo la rotura de objetos decorativos y menaje en Piura.

SISMO DEL 09 DE DICIEMBRE DE 1970.

Hora: 23:55 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Intensidad: grado VIII MM..

Fué destructor en Querocotillo (Sullana) y alrededores.

Los efectos que se produjeron en los suelos blandos con napa de agua alta, fueron de licuefacción, agrietamientos, hundimientos y flujos.

Según el ingeniero Jaime de Las Casas, ha manifestado que este sismo fué muy parecido y de epicentro muy cercano al de 1953, de foco muy superficial de 25 km., y las magnitudes Richter-Getemberg fueron dadas así:

- Observatorio de Pasadena: 7.
- Observatorio del U.S. Geological Survey: 7.1
- Observatorio del U.S. Coast Geodetic Survey: 7.6.

En Piura, este sismo originó leves daños.

SISMO DEL 10 DE JULIO DE 1971.

Hora: 20:33 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú (Sullana).

En Sullana se derrumbaron las viviendas, que quedaron dañadas por el sismo sufrido en Diciembre de 1970, y ocasionó ligeros desperfectos en otras viviendas. Hubo gran alarma en Piura y Tumbes.

De esa fecha al presente ningún otro sismo importante ha ocurrido.

SISMOS DE EPICENTROS LEJANOS.

En la región del noroeste peruano y especialmente en los departamentos de Piura y Tumbes se han sentido fuertemente los sismos producidos en áreas lejanas; en efecto las ondas sísmicas ha medida que se incrementa la distancia filtran las ondas de período corto, permaneciendo las ondas de período largo, incrementándose su período con las distancias, las ondas superficiales, lo que hace que en terrenos blandos se produzca una amplificación por tendencias, sincronización entre los períodos de la onda modificada y del terreno; este fenómeno se podría denominar "efecto de inducción por sismos lejanos".

A continuación se tienen los siguientes sismos de epicentros lejanos y que se han sentido fuertemente en Piura y algunos en Tumbes y en Guayaquil (Ecuador).

SISMO DEL 14 DE FEBRERO DE 1619.

Este sismo fue sentido fuertemente en Piura y Trujillo.

SISMO DEL 28 DE OCTUBRE DE 1746.

Megasismo en Lima y tsunami en El Callao, el movimiento fue sentido hasta Guayaquil por el norte.

SISMO DEL 14 DE MAYO DE 1928.

Conmovió gran parte de los departamentos de Amazonas, Cajamarca y San Martín.

En cuanto a su influencia sobre Piura:

- La ciudad de Huancabamba quedó semi destruída.
- Los efectos de desperfectos se observaron en las edificaciones de las ciudades costeras de Piura, Lambayeque, Eten y Trujillo.
- Los efectos se extendieron hasta el Ecuador, causando deterioros de Loja; Richter-Gutenberg le asignaron una magnitud de 7.3. Ubicado en 5° latitud sur y 78° longitud oeste.

SISMO DEL 18 DE JULIO DE 1928.

Se sintió en toda la sierra, costa norte y en el Ecuador, donde hubieron casas dañadas y grietas en la cordillera así como daños en los caminos de Chumbi y Loma Grande.

Tuvo una magnitud de Richter-Gutenberg de 7 a una latitud sur 5.5° y longitud oeste 79°.

SISMO DEL 24 DE MAYO DE 1940.

Este megasismo fue sentido por el norte hasta el Ecuador en Guayaquil como un movimiento prolongado aunque no fuerte. En el NW del Perú, en Piura y Paita se estimaba una intensidad de III-IV MM.

b.) SISMICIDAD INSTRUMENTAL.

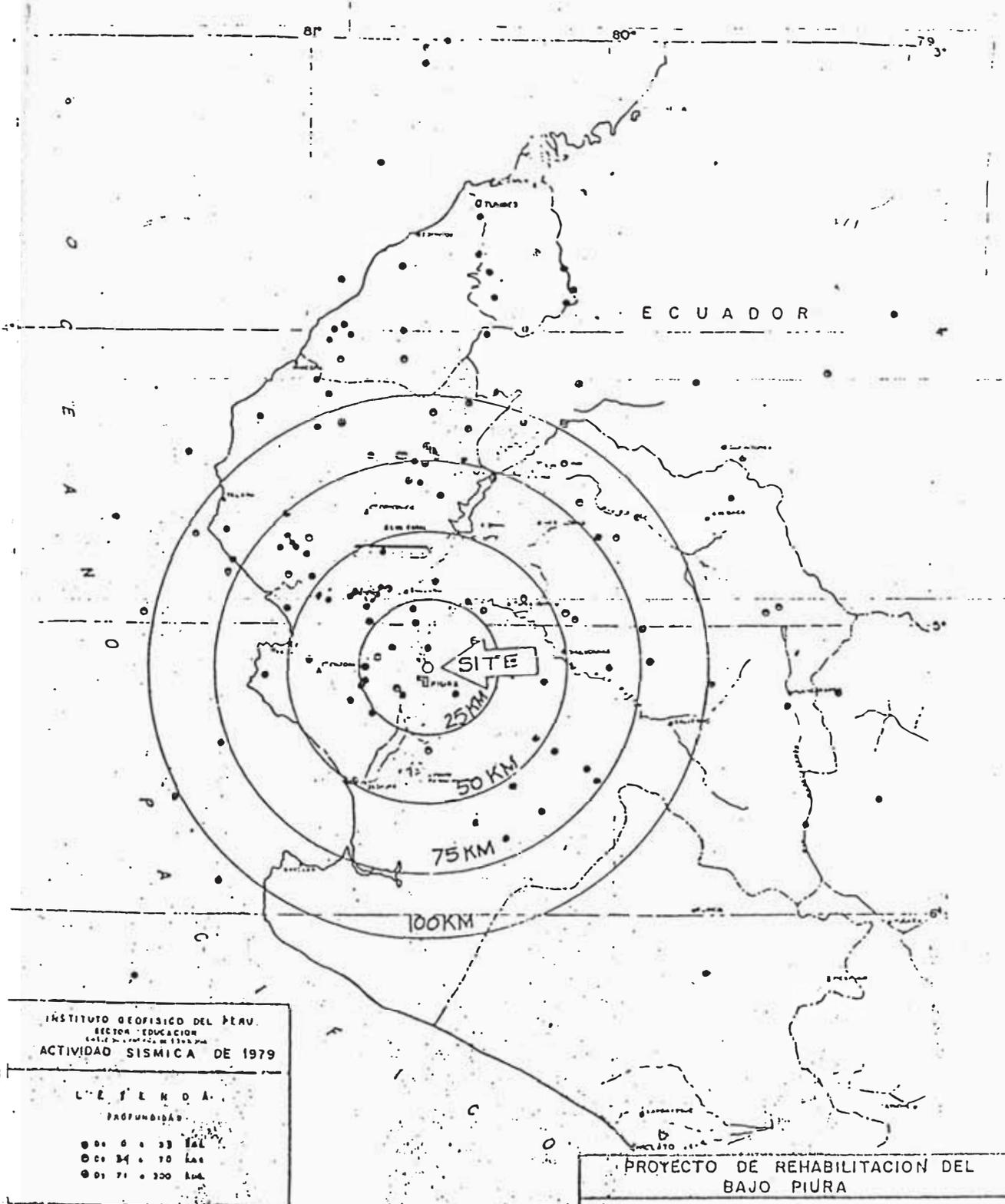
A pesar de que se dispone de información instrumental desde comienzos de siglo, la ubicación de epicentros adolece de grandes errores de posición (hasta de 1° geográfico; 110 km.), debido al pequeño número de estaciones a nivel mundial que fue lentamente incrementándose hasta 1962. A pesar de esto han elaborado un catálogo de sismos que abarca desde 1927 hasta 1981, el cual, ha sido usado para la elaboración del Mapa de Actividad Sísmica que se muestra en la figura N° 3, cada círculo constituye un epicentro, cuya profundidad y magnitud están dentro de un rango de escalas que se indica.

La magnitud está expresada en escala Richter Mb, es decir que el número asignado con magnitud Mb para cada sismo ha sido calculado usando las amplitudes de las ondas "P" (primarias) o "S" (secundarias) registradas en las estaciones sísmicas. A diferencia de la magnitud Ms, que es la calculada usando ondas superficiales, la magnitud Mb posee un rango más amplio, es decir, que se le puede calcular para cualquier rango de energía. Hay una relación entre ambas magnitudes que permite pasar de una escala a otra.

En el área de estudio se registran sismos superficiales, es decir, con profundidades menores de 300 km. y de varias magnitudes Ms, siendo el valor más alto obtenido de Ms: 7.7 (sismo del 12-12-1953), tal como se muestra en el cuadro N° 3 en Anexo N° II.

3.5.1.2 INTENSIDADES EPICENTRALES E ISOCISTAS DE SISMOS OCURRIDOS EN LA REGION.

La estimación de las intensidades de la Escala de Mercalli Modificada (MM) en el epicentro de los sismos ocurridos según Gutenberg y Richter se indican en el cuadro



INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU.
 SECTOR EDUCACION
 ACTIVIDAD SISMICA DE 1979

LEYENDA
 PROFUNDIDAD

- 01 - 0 - 33 km
- 01 - 34 - 70 km
- 01 - 71 - 300 km

PROYECTO DE REHABILITACION DEL
 BAJO PIURA

PRESA DERIVADORA LOS EJIDOS

ACTIVIDAD SISMICA

1979

CONSORCIO IECO-SALZGITTER-LAGESA

DIS.	INSR.	FECHA: AGOSTO-1981
DIB.	RECOM.	FIGURA N° 3
REV.	APROB.	

Nº 3, en anexo II. Se observan las intensidades epicentrales que concierne al área de estudio desde 1928 hasta 1972 (sismos instrumentales). De acuerdo a dicho cuadro se puede afirmar que los sismos con magnitudes mayores de $M_s=7.0$ e intensidades correspondientes (IX) registrados en las regiones o ciudades, han dejado daños de consideración y la calificación respectiva es ruinososa.

Los sismos que registraron magnitudes comprendidas entre $M_s=7.0$ a 6.5 y que corresponden a las intensidades VIII hasta VII, son calificados como destructivos a muy fuertes, donde posiblemente las construcciones sufrieron derrumbes en los tabiques, cornizas, paredes, etc.

Finalmente los sismos con magnitudes igual o menores a $M_s=6.5$ e intensidades comprendidas entre VI a V son consideradas como fuerte a moderado, las cuales han ocasionado daños leves.

En el cuadro Nº 3 se indican con "*" los sismos más cercanos a Piura; entre estos sobresale el sismo ocurrido en Querecotillo (Piura) con una intensidad comprendida entre VIII-VII MM. Esta intensidad se caracteriza por la formación de grietas en viviendas de adobe y de albañilería sin reforzar, así como con terrenos húmedos y de pendientes fuertes.

En el apéndice se indica la escala de intensidades Mercalli Modificada y sus efectos en las construcciones.

- MAPA DE ISOCISTAS.

Los mapas de isocistas del noroeste peruano presenta una marcada asimetría con respecto al epicentro. Esta asimetría se debe a varios factores, entre ellos:

- a) Inhomogeneidades del material entre el foco sísmico y el punto de observación.
- b) Forma y orientación de la fractura con respecto al punto considerado.
- c) Propiedades elásticas del material, condiciones del suelo, etc..

Estos últimos factores tienen influencia directa con el amortiguamiento de la severidad de las vibraciones que se reflejan en el grado de intensidad.

Se presenta la distribución de isocistas de tres sismos destructores (ver fig. N° 4):

- 24 de Julio de 1912.
- 12 de Diciembre de 1953.
- 9 de Diciembre de 1970.

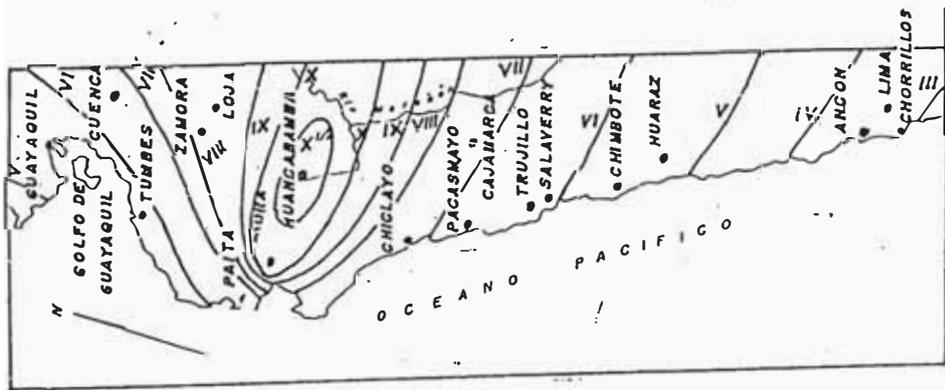
3.5.1.3 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA ACTIVIDAD SISMICA.

Los sismos en el área de estudio, presentan el mismo patrón de distribución espacial que el resto del territorio peruano, es decir, que la mayor actividad se localiza en el océano prácticamente al borde de la línea de la costa.

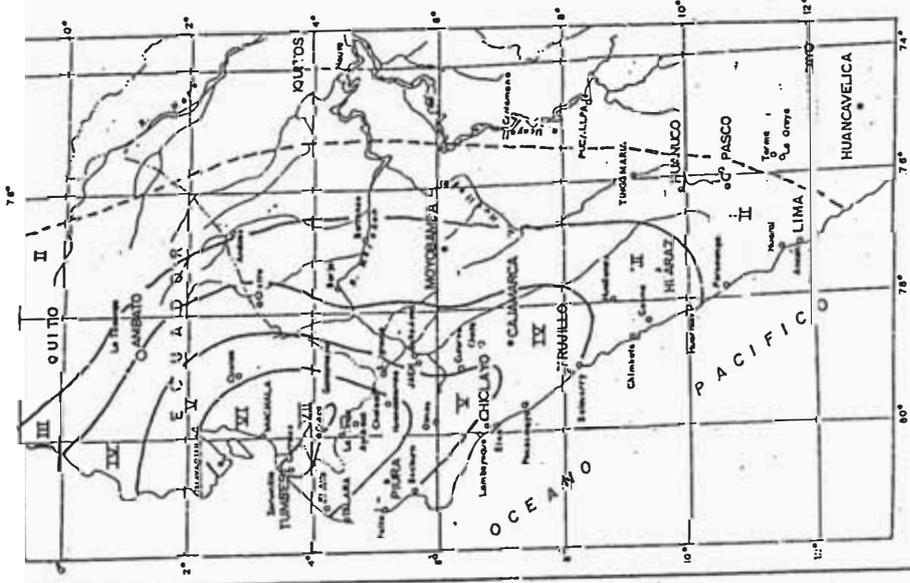
En la faja oceánica los sismos son superficiales e intermedios, de 15 a 100 kms.; mientras que los continentales, en su mayoría son intermedios profundos de 60 a 300 kms., y los profundos de 500 a 700 kms..

El mapa de sismicidad que muestra la figura N° 5, define claramente la distribución de los puntos activos. Las dos secciones perpendiculares, una con respecto a la otra (figuras 6 y 7) definen la configuración del buzamiento de las zonas sísmicas y muestran la actividad en función de la profundidad.

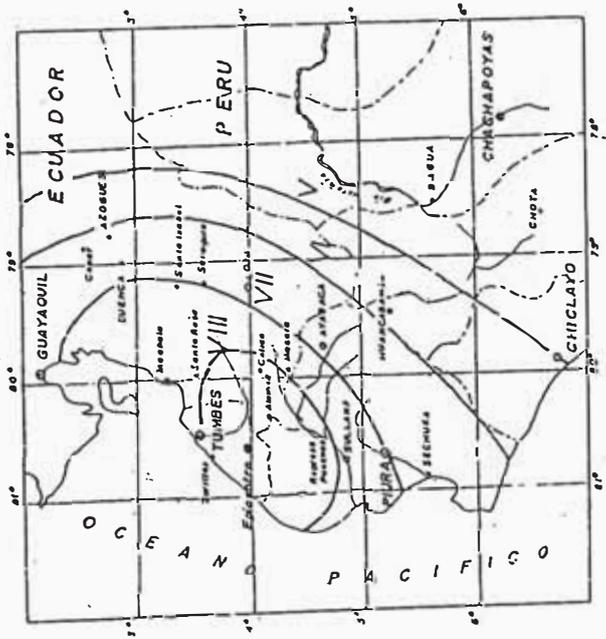
Una sección transversal B-B' es perpendicular a la línea de la costa y a la fosa del sector peruano. Este corte es perpendicular a la estructura de arco tectónico, y muestra el detalle y forma de la interacción de las dos placas, la de Nazca y la Continental. Es notable el buzamiento y configuración de la zona de Benioff; en ese sector el buzamiento tomado a un nivel de 20 kms. es de 21° a 19° hacia el continente. A una profundidad de 30 kms. se puede apreciar una marcada alineación horizontal de los focos sísmicos. Es interesante observar que en la parte central de la sección, la actividad sísmica sube hasta el nivel de 15 kms.. También se puede apreciar que esta desviación en la parte anterior muestra una ligera variación de la vertical en dirección al continente. Otra interesante característica es que en un sector situado en la parte izquierda del centro activo hay ausencia de actividad, esta zona de "silencio" tiene forma trapezoidal, teniendo como base superior el nivel activo de 30 kms. de profundidad.



TERREMOTO DEL NORTE DEL PERU
EL 24 DE JULIO DE 1912
Estudiados por A. SIEBERG
0 100 200 300 400 Km.
FUENTE: INGEOMIN 1971



LINEAS ISOSISTAS DEL TERREMOTO
DE TUMBES DEL 12 DE DICIEMBRE
DE 1953
REFERENCIA: E. SILGADO
0 100 200 300 Km.
FUENTE: INGEOMIN 1978



MAPA DE ISOSISTAS DEL TERREMOTO DE TUMBES
DEL 9 DE DICIEMBRE DE 1970
REFERENCIA: E. SILGADO
0 100 200 300 Km.
FUENTE: INGEOMIN 1978

MAPAS DE ISOSISTAS DE SISMOS DE 1912, 1953 Y 1970
FIGURA N° 4

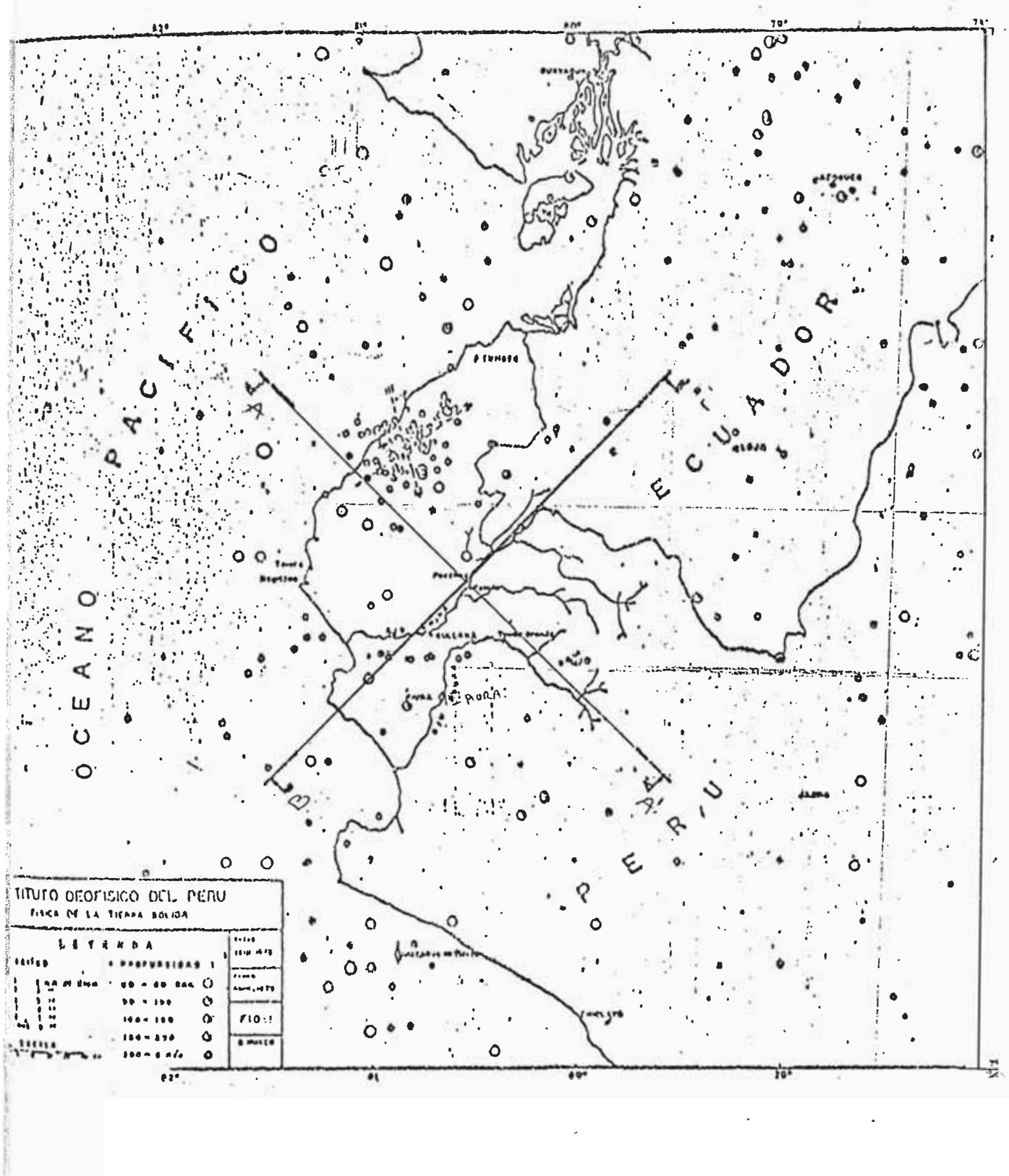


FIGURA N° 5

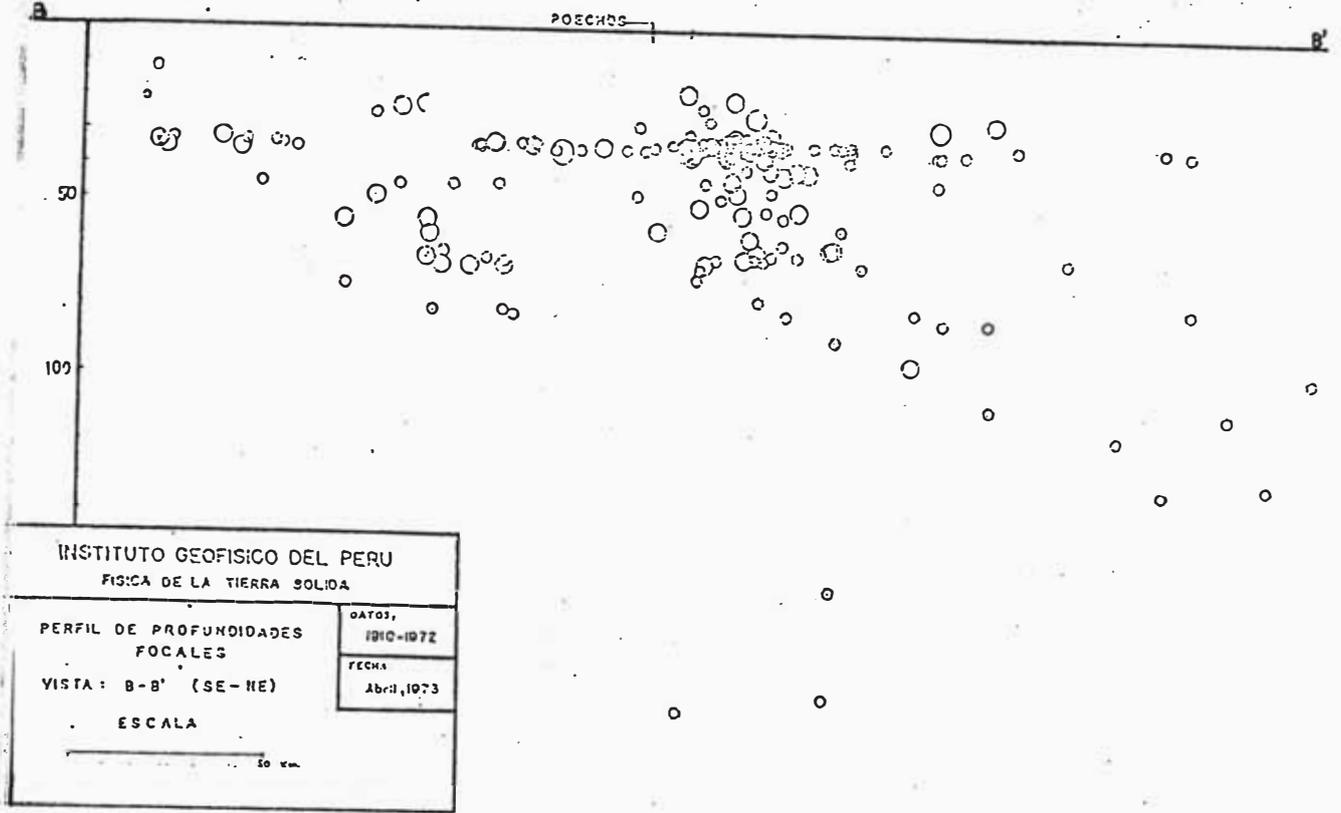


FIGURA Nº 6

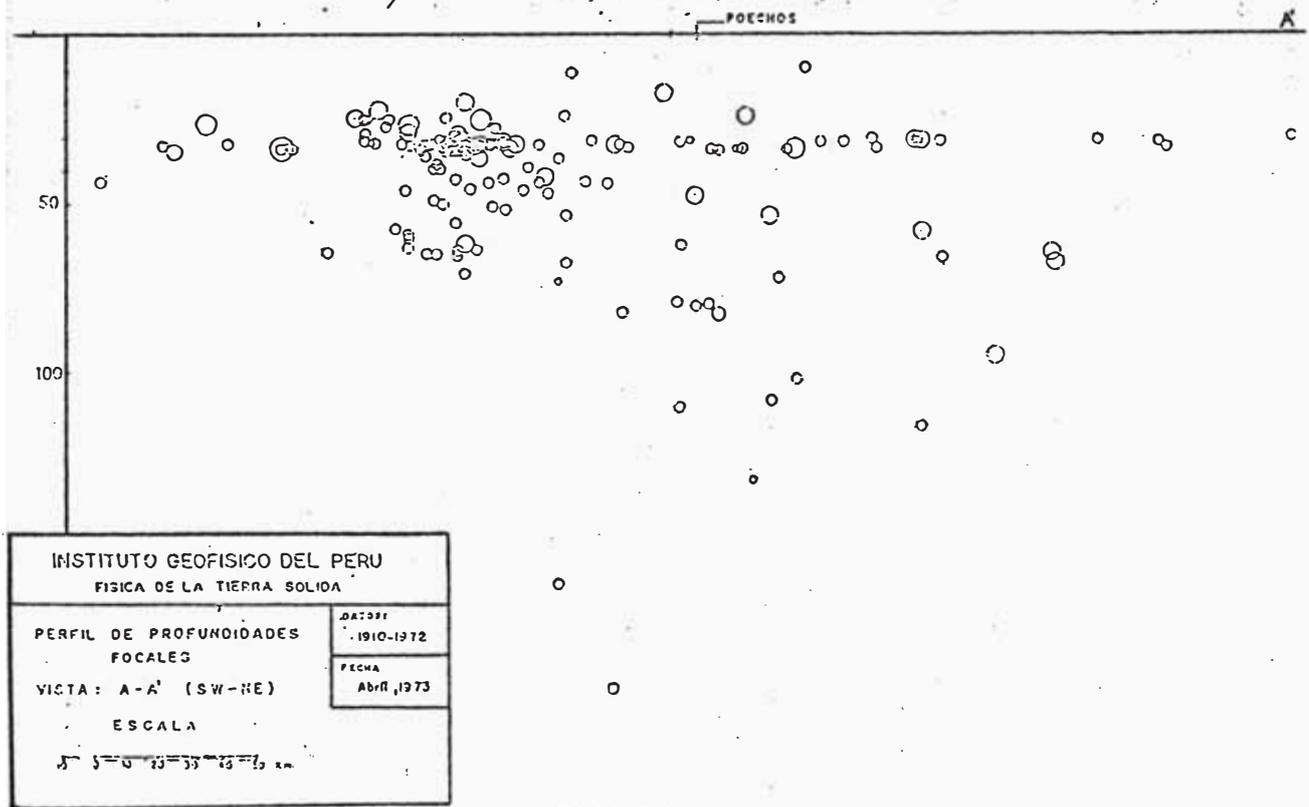


FIGURA Nº 7

La sección A-A' presenta características similares, aunque los niveles de sismicidad no están muy bien definidos, se puede apreciar que la actividad sísmica está concentrada entre los 20 y 100 kms. de profundidad. Debido a que no existe una distribución homogénea y tampoco se nota en forma clara el aumento de la profundidad de los sismos hacia el continente, se puede señalar una estructura tectónica algo más compleja que en el resto de la costa peruana.

La ciudad de Piura se encuentra al borde de un área donde por lo menos hasta la fecha no han ocurrido sismos; esta área es paralela a la costa y tiene un ancho aproximado de 50 a 60 kms.; coincide con la llamada Fosa de Sechura.

En la figura N° 8 se puede apreciar las zonas y poblaciones afectadas por terremotos; estas zonas activas muestran baja sismicidad, y son:

- a) Hacia el norte del paralelo 4° que comprende Tumbes y el sur de Ecuador, zona que se caracteriza por producir sismos con profundidades focales de 43 kms. o más, y hasta la fecha se han presentado sismos con magnitudes de Richter máximas de 6.5 a 7.7. Aquí se han producido los últimos sismos que han afectado el área de estudio.
- b) Hacia el sur del paralelo 6° que abarca Chiclayo, Trujillo y Chimbote, se caracteriza por tener profundidades focales hasta de 100 kms. y con magnitudes máximas iguales a la primera zona.
- c) Hacia el oriente, al este del meridiano 79° que comprende Huancabamba, Moyobamba, Chachapoyas, Jaen y Cutervo reprodujeron terremotos con profundidades focales hasta de 300 km. y magnitudes Ms: 6.5 a 7.0.

La actividad sísmica de esta zona le da un rasgo especial, que no se observa en las otras áreas costeras del Perú. Si se traza un perfil sísmico o sección transversal entre los paralelos 5° y 6° de latitud sur, se notaría una discontinuidad de la ocurrencia sísmica en un ancho del orden de la fosa de Sechura.

- d) Hacia el oeste del meridiano 80°30' abarca todo el litoral de Piura hasta Chiclayo, los hipocentros se produjeron tanto en la costa y el zócalo continental, con profundidades focales hasta de 60 km. y magnitudes máximas Ms: 6.5-7.1

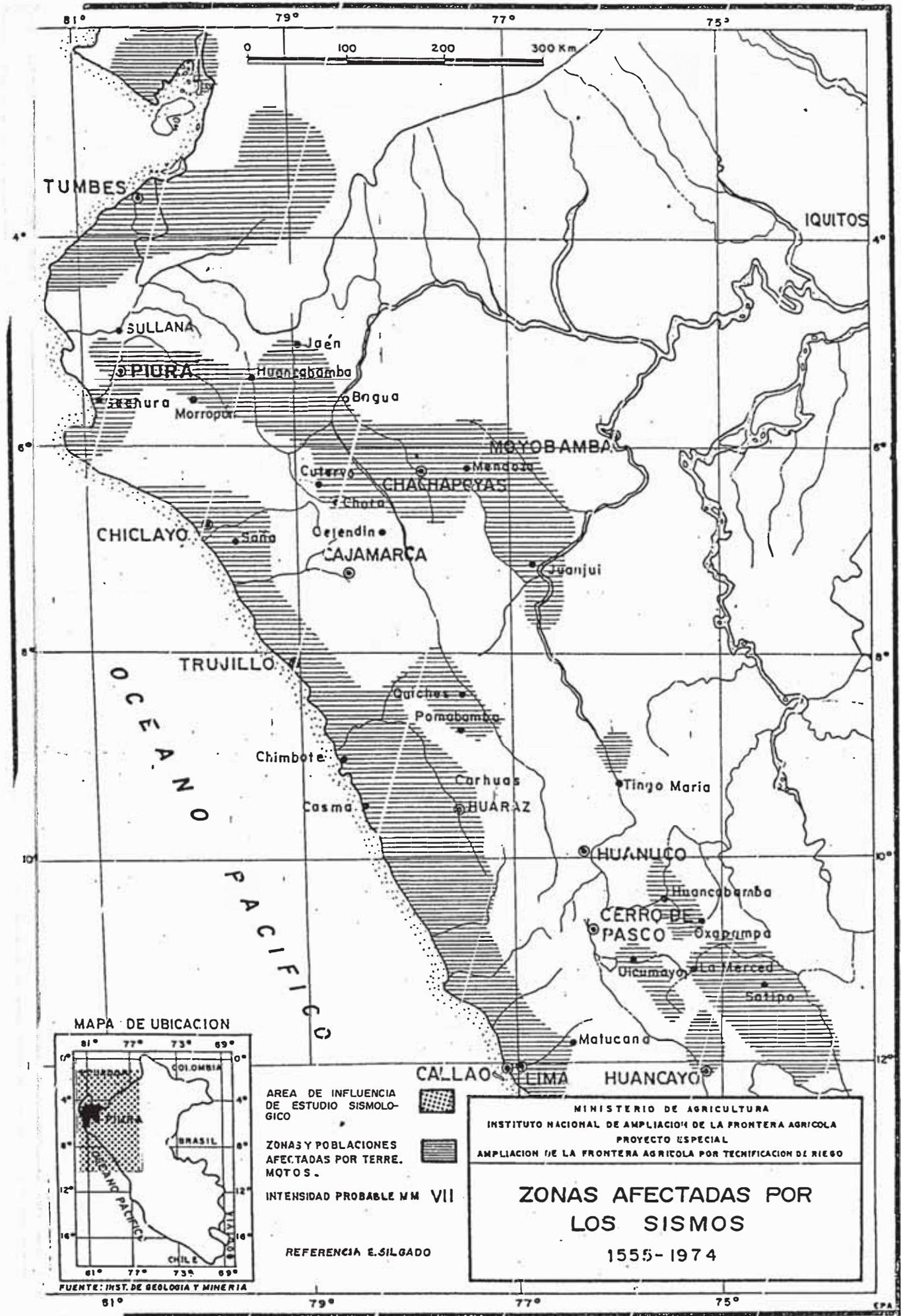


FIGURA N° 8

En otras zonas (región norte) la actividad sísmica es relativamente dispersa, pero es necesario recalcar que según la sismicidad histórica han ocurrido sismos cuyos epicentros no se pueden precisar, pero que han representado un peligro esencialmente en Huancabamba y el litoral piurano.

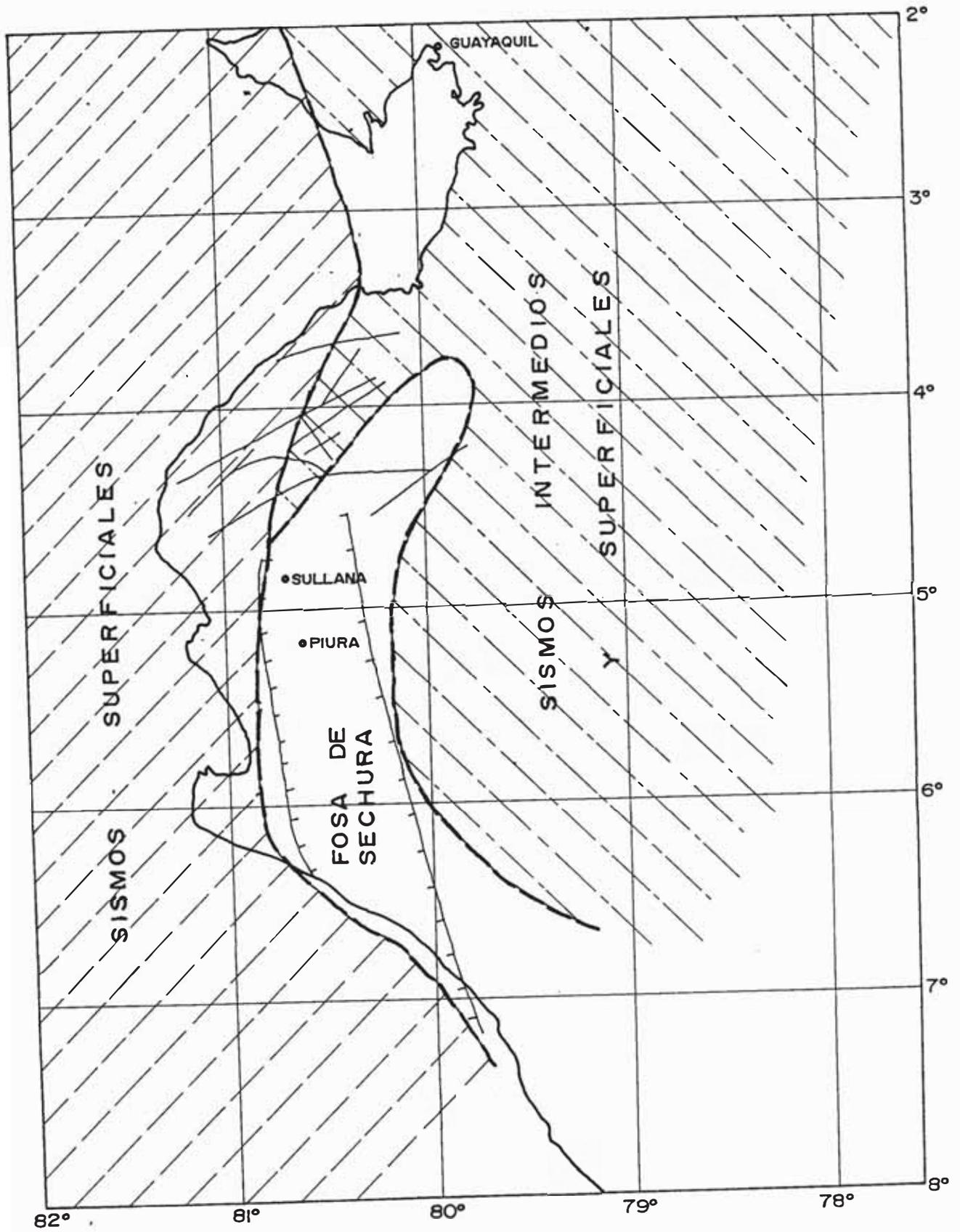
3.5.1.4 ANALISIS SISMOTECTONICO.

La tectónica de placas señala que para la región sudamericana la ocurrencia de sismos es debida a la interacción de la Placa Sudamericana (Continental) y la de Nazca (Oceánica), esta interacción se realiza por subducción, es decir la placa de Nazca se introduce debajo de la Sudamericana; posiblemente el movimiento de subducción sea en forma discontinua.

La distribución espacial de la actividad sísmica se presenta en zonas definidas (figura N° 9). La zona constituida por la actividad del borde continental y oceánica limitado hacia el continente por la llamada Fosa de Sechura, son sismos mayoritariamente superficiales. Esta fosa en el área de Piura paralela a la costa, casi no presenta actividad sísmica en un ancho de 50 km. desde el paralelo 4° sur hasta el paralelo 6.5° sur; la roca basal probablemente del paleozoico inferior, podría estar actuando como un núcleo poco deformable que separaría la actividad sísmica superficial costera y oceánica de la continental cuya actividad sísmica, mayoritariamente es intermedia con algo de superficial. La Fosa de Sechura parece impedir la ocurrencia de sismos debajo de la ciudad de Piura.

Teniendo en cuenta que la magnitud del sismo dependerá del espesor del lecho activo (60-130 km.), de la interacción de las placas por subducción, se puede decir que las condiciones para la ocurrencia de un sismo de máxima magnitud (6.9 Mb u 8.5 Ms), están presentes. Es posible que el período de retorno de este sismo sea más de 1000 años. Un sismo máximo puede originar una intensidad de IX MM en el área de Piura.

Por los antecedentes sismo-tectónicos delineados, los sismos más peligrosos para la zona de estudio lo constituirían aquéllos que ocurren en la costa.



ESCALA : 1 / 3'000,000

ESQUEMA SISMOTECTONICO

INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA

FIGURA N° 9

- REGIONALIZACION SISMO-TECTONICA.

Por las características tectónicas de Piura como es estar ubicada en la unidad de deformación Málmica (Cretásico superior-inferior), por la distribución espacial de los sismos, por el espesor del lecho sismo activo, Piura se ubica dentro de la región sismo-tectónica N° 3, que señala que alguna vez Piura ha sido y será sacudida por un sismo cuya máxima intensidad original, puede ser de IX o más grados en la Escala de Mercalli Modificada.

La figura N° 10 muestra la región sismo-tectónica para Piura.

3.5.1.5 RIESGO SISMICO EN PIURA.

La historia sísmica de la región Noroeste Peruano, al igual que en toda la costa peruana está caracterizada por un alto grado de sismicidad como se ha señalado anteriormente en la descripción de los efectos en detalle por Silgado, 1978 y de Las Casas, 1971.

Como la intensidad es la severidad con la cual el suelo de un área libre vibra bajo la acción de un terremoto, esta respuesta del suelo puede ser caracterizada mediante la máxima aceleración dinámica registrada en determinada área. En zonas donde no existen registros instrumentales de aceleraciones o alguna otra medida de la aceleración durante la sacudida ocasionada por un sismo, se emplean métodos indirectos que relacionan la intensidad observada (escala MM) en diferentes puntos con la magnitud (escala Richter) del sismo y distancia epicentral.

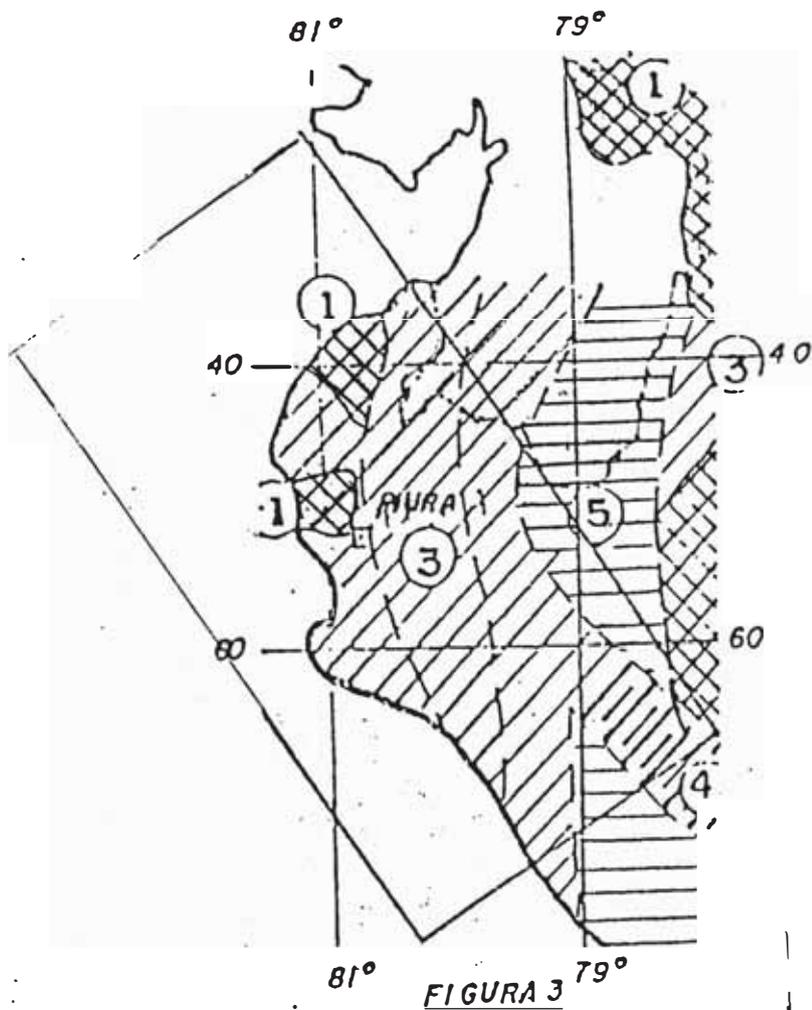
De acuerdo a estos datos históricos e instrumentales y prácticamente a partir de 1814, se ha calculado el riesgo sísmico en base a las intensidades originadas. Si las intensidades producidas ocurren al azar entonces es posible aplicar la relación de Poisson:

$$P(I) = e^{-vt}$$

donde: P(I) es la probabilidad de que ocurra un evento I.

v: frecuencia anual

t: tiempo



REGIONALIZACION SISMOTECTONICO
POSIBLE INTENSIDAD MAYOR O IGUAL QUE IX M.M

-  ZONA 1. — Zona Sísmoactivas del presente siglo con profundidades mayores que 20 Km.
-  ZONA 3. — Extensión de la zona 1 por similitud de tectonismo y datos históricos.
-  ZONA 4. — Actividad Sísmica Superficial mínimo de actividad al presente. Posible fallamiento visible.

POSIBLE INTENSIDAD VIII M.M

-  ZONA 5. — Actividad Sísmica actual mayor que 60 Km.

FIGURA N° 10

Según esto la probabilidad de ocurrencia es menor para intensidades altas, lo cual es tendencia general: los sismos más destructores (mayor energía) son menos frecuentes.

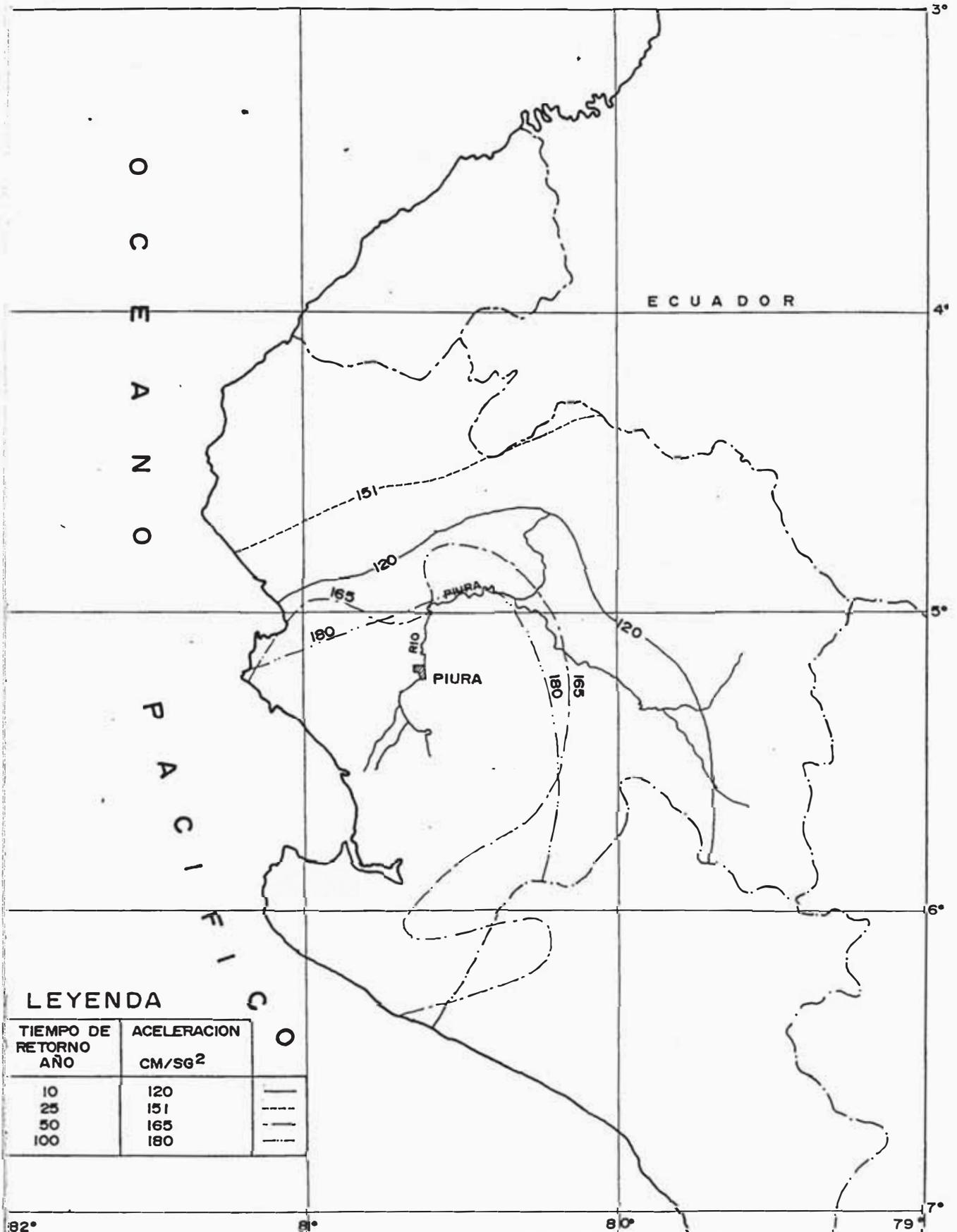
a.) MAPA DE ISOACELERACIONES.

El Dr. Huaco (1979) basado en el estudio geológico de la zona, registros de sismos disponibles, instrumentos registradores de sismos y utilizando un programa de computadora desarrollado por Mc. Guire (1976), sugirió que los valores de aceleración sísmica que será excedida en períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años como se muestra en el cuadro N° 3, son representativos para todo el departamento de Piura. Las curvas de aceleración para cada período aparecen en la figura N° 11 .

CUADRO N° 2
PERIODOS Y ACELERACION

Período de retorno (año)	_	Aceleración (cm/s ²)
10	_	120
25	_	151
50	_	165
100	_	180

Debe reconocerse sin embargo que el análisis estadístico efectuado con un limitado número de datos, tiene sus limitaciones. Es por esta razón que el Dr. Huaco (1979), sugirió que los valores de aceleraciones deben incrementarse en un cierto porcentaje para seleccionar la aceleración de diseño de las estructuras. El hace mención a una reciente actividad sísmica del área de Sullana (1978-1979). Esta actividad sísmica es indicativa de la reactivación o comienzo de una fractura, la cual no ha sido investigada totalmente a la fecha.



LEYENDA

TIEMPO DE RETORNO AÑO	ACELERACION CM/SG ²	
10	120	
25	151	-----
50	165	-----
100	180	-----

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ISOACELERACIONES PARA PERIODOS DE 10, 25, 50 Y 100 AÑOS

FUENTE:
PELIGRO SISMICO DE LA REGION DE PIURA.
DANIEL HUACO 1979

FIGURA N° 11

b.) PERIODO DE RETORNO Y LA PROBABILIDAD DE LA OCURRENCIA DE INTENSIDADES.

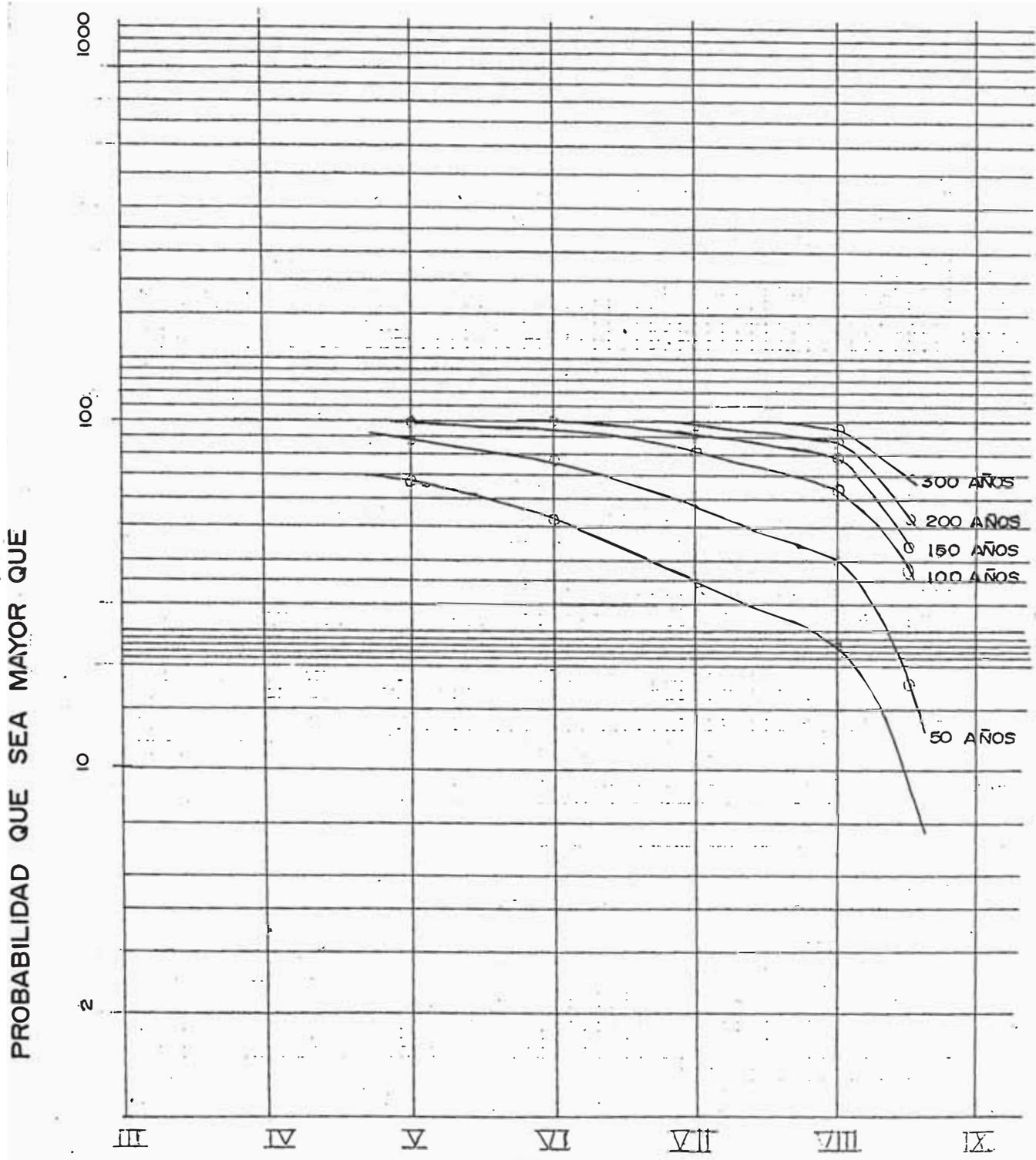
Para un período de retorno de 157 años (1814-1971) siguiendo el procedimiento de Algermissen (1973) es período de retorno para un sismo máximo de magnitud 8.5 Mb daría un período de retorno de 1000 años.

Para un sismo con período de retorno de 100 años tendría probablemente una magnitud de 6.55 Mb. y para 50 años el sismo podría ser de 6.45 Mb. Un sismo igual o mayor es de 66 % para 50 años y de 85 % para 1000 años. Como estos sismos son para toda el área de estudio, es importante conocer qué fracción de esta estadística ha incidido en Piura con relación a efectos. Para este fin se analiza el período de retorno y la probabilidad de ocurrencia de intensidades. Así, el período de retorno de una intensidad similar a la ocurrida en el sismo del 24 de junio de 1912, es de 250 años. Para un período de retorno de 100 años, podemos esperar que la intensidad correspondiente sea ligeramente inferior a VIII MM. y si este período de retorno es de 50 años, la intensidad sería ligeramente menor que VII MM. La probabilidad de que para estos lapsos ocurren intensidades iguales o mayores de VIII son 63 % y 40 %, mientras para los mismos lapsos e intensidad son de 81 % y 57 % (gráfico N° 5).

c.) SISMOS MAXIMOS Y SISMOS PROBABLES DE DISEÑO.

Por las características sismo tectónicas en el área de influencia sísmica, se puede originar en alguna parte de ella, una intensidad IX MM, su período de retorno sería mayor de 1000 años. De acuerdo a los efectos de intensidades (cuadro N° 5 en anexo) se puede esperar cada 250 años una intensidad entre VIII y IX MM., con una aceleración de 0.37g.

Si se considera que el período promedio de vida útil de las obras civiles es de 100 años, el sismo de diseño sería aquél que origine intensidades próximas a VIII MM. y una aceleración de 0.28g con una probabilidad del 63 % de que sea igual o mayor. Si el promedio de vida útil de las obras es de 50 años, el sismo de diseño será aquél que origine intensidades de VIII y una aceleración de 0.17g con un período de 57 % de que



PERIODO DE RETORNO Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE INTENSIDADES

GRAFICO N° 5

sea igual o mayor que el valor considerado. Para condiciones de diseño se presenta el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3

SISMOS MAXIMOS Y SISMOS PROBABLES DE DISEÑO

Sismo	Período Retorno	Intensidad MM	Magnitud Mb	Aceleración g	Probabilidad	
					I	Mb %
max 1	1000	IX	8.50 Ms	0.47	85	
max 2	250	VIII-IX		0.37	63	
Dis.1	100	VIII	6.55 Mb	0.28	63	68
Dis.2	50	VII	6.45 Mb	0.17	57	66

1: Considerado en el diseño.

2: Más probable.

El período predominante de estos sismos sería del orden de 0.15 a 0.20 seg.

De acuerdo a la tesis de grado para Master en el College (Londres) realizada por el Ing. De las Casas, sobre la sismicidad del noroeste peruano, el período de retorno de sismos importantes de la región es de 20 años.

Si se establece el promedio de la diferencia entre sismos antes citados desde 1912 a 1971 de acuerdo a la información de Silgado éste es de aproximadamente 19.3 años (promedio de 26, 15 y 17), existe pues coincidencia con lo citado por el Ing. De Las Casas, siendo Sullana la zona de mayor actividad sísmica cercana.

De acuerdo al estudio del Ing. Deza en la región del Noroeste peruano, se determinó una regionalización sismo-tectónica con cinco zonas. La zona sismo-tectónica

más cercana a Piura está clasificada como zona I con intensidades probables iguales o mayores que IX MM. De acuerdo a esto, la macrozona está clasificada como zona I en el reglamento de Ingeniería Antisísmica Peruana es decir, es la zona de mayor actividad sísmica y pueden producirse aceleraciones del terreno en la macro-región, entre 0.1 a 0.35 g.

Del estudio específico ejecutado mediante "Micro-tremors" de una microregionalización de la zona de estudio, una franja con períodos predominantes cortos de 0.1 seg. (T6) y una zona central en V con períodos predominantes entre 0.15 y período de 0.4 seg.

Se debe anotar que las determinaciones con micro tremors dan valores considerando solamente las capas superficiales hasta unos 15 a 20 m. como máximo, mientras que con acelerógrafos se abarca todo el terreno; lamentablemente no han habido registros de terremotos con acelerógrafos en Piura; sin embargo, para los fines del diseño el estudio realizado por el Ing. Deza, es muy adecuado.

El Laboratorio de Geotecnia del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería, con el apoyo económico de JICA y CONCYTEC ha instalado una red de acelerógrafos del tipo digital en las ciudades de Piura, Chimbote, Callao, Cusco, Majes, Moquegua, Tacna y Lima, complementando la red existente que mantiene el IGP.

En Piura, la institución cooperante donde se han instalado los equipos, es la Universidad de Piura (5-1-89).

El procesamiento estándar de acelerogramas propuesto, permite en un corto tiempo procesar los registros sísmicos obtenidos durante un evento sísmico. esto es de vital importancia sobre todo cuando son urgentes las tareas de reconstrucción y es necesario un espectro de diseño.

3.5.1.6 MEDIDAS DE CONTROL PARA LA MITIGACION DE DESASTRES SISMICOS.

Por las características presentadas en la historia de los sismos ocurridos en la región noroeste del Perú en el período 1814-1971 y por la regionalización

sismotectónica, se puede esperar un sismo de intensidad IX MM. Por lo tanto todas las construcciones deberá poseer diseño sismo-resistente tanto arquitectónico como estructural.

En las edificaciones se deberá tratar de evitar que el período natural de vibración esté fuera del rango de 0.1 a 0.4 seg. Una estructura de este tipo se puede considerar rígidamente estable ante un movimiento sísmico.

Con respecto a deformaciones del suelo por efectos de sismos, por la zona de estudio y tratándose de suelos granulares arenosos, con niveles de agua poco profundos, se ha verificado la posibilidad de licuación o densificación potencial del suelo de apoyo (a profundidades no mayores de 1.2 a 4.5 m.), tomando en cuenta la intensidad sísmica de VII a VIII MM. y profundidad del nivel de agua y estratos arenosos.

Para minimizar estos riesgos es recomendable tomar las precauciones con respecto a amplificaciones y/o modificaciones de onda sísmica por efecto del suelo de las cimentaciones y verificando los efectos de las cargas horizontales en los dos sentidos.

A continuación se mencionan algunos factores que contribuyen a la iniciación y severidad de los daños; así también algunas recomendaciones como medidas de control para la mitigación de un desastre sísmico.

- Cimentaciones en Suelos de Baja Capacidad Portante.

Edificaciones que son estructuralmente fuertes para resistir sismos, algunas veces fallan debido a diseños inadecuados de la cimentación. Con la ocurrencia de un fenómeno de licuación de suelos, pueden resultar grietas y fallas en la estructura debido principalmente al asentamiento diferencial de las cimentaciones.

- Es recomendable cimentar a una profundidad adecuada ya sea con zapatas continuas, conectadas entre sí o por vigas de cimentación, para evitar que posibles elevaciones del nivel freático originen una disminución a la presión efectiva y por ende la capacidad portante, para evitar problemas de:

a) Asentamientos diferenciales excesivos.

- a) Asentamientos diferenciales excesivos.
- b) Fallas en la subestructura de cimentación.
- c) Fallas estructurales en general.
- d) Colapso total de la estructura que es soportada por la cimentación con el consiguiente peligro de vidas humanas.

- Como mínimo las edificaciones menores de 3 pisos de estructuras convencionales, con muros portantes y techo aligerado de concreto armado, deberán tener cimentación corrida y reforzada.

- Para la construcción de edificaciones mayores (viviendas de 4 pisos o más) es conveniente considerar la ubicación del nivel de base de cimentación por debajo del estrato con riesgo de licuación, previa determinación de la estratigrafía a profundidades mayores mediante ensayos CPT (ensayo de penetración de cono).

- La construcción de rellenos y el consiguiente movimientos de tierras y tratamiento previo disminuiría el potencial de licuación de suelos.

- Defectos de Configuración Estructural.

La geometría de la edificación tanto en planta como en elevación tiene un marcado efecto en la distribución de las fuerzas sísmicas e influyen en el tipo y grado de daño. Por ejemplo en las edificaciones asimétricas desarrollan fuerzas adicionales de corte debido a la torsión y alabeo.

- Debilidad en Muros y Pórticos.

Los muros de albañilería no reforzada usados en edificaciones son bastante susceptibles a daños debido a su baja capacidad resistente a tensión y cortante.

Una débil ligazón del mortero entre las unidades de albañilería y la falta de integridad estructural (fallas de conexiones entre muros, muro-techo, muro-cimentación) constituyen una gran fuente de debilidad y pueden ser responsables de daños severos o colapso.

El colapso completo o daño severo de pórticos pueden ser causados por una excesiva falla de columna o fallas de uniones de los elementos aportricados.

- Falta de Interconexión entre techos y Pisos Superiores.

Desarrollo de grandes fuerzas sísmicas en los niveles de techo y pisos superiores debido a la gran concentración de pisos, así como la amplificación de la aceleración del suelo en los niveles altos. Si los elementos usados en los techos o pisos no son interconectados apropiadamente y si las grandes fuerzas sísmicas no son transferidas apropiadamente a los muros portantes, o lo pórticos, a través de conexiones adecuadas entre ellos, el techo y el piso pueden ser dañados severamente o colapsar completamente.

- Calidad Pobre de la Construcción.

En muchos casos las fallas de edificaciones ha sido atribuídas a la pobre calidad de la construcción, tales como materiales no estándar, baja calidad de mano de obra (personas empíricas).

- Es necesario efectuar un estudio detallado de la vulnerabilidad de la estructura y de la infraestructura de las edificaciones para propivciar una adecuada reparación o reforzamiento.

- Promover estudios geotécnicos y de microzonificación de detalles para la elaboración de proyectos de edificaciones de gran envergadura.

3.5.2 EXTERNOS.

3.5.2.1 INUNDACIONES

Las inundaciones son fenómenos naturales y frecuentes en las cuencas hidrográficas del territorio peruano y tiene como agente activo a las lluvias. Se produce cuando el volumen de agua que se desplaza originada por las lluvias, excede la capacidad de conducción del cauce normal del río.

Las lluvias torrenciales de seis meses de duración además de incrementar el volumen de agua del río Piura, produjo la reactivación y creación de numerosas quebradas que trajo como consecuencia graves daños causados por las inundaciones, tanto en la infraestructura como en producción, siendo el departamento de Piura el más afectado.

Las inundaciones son eventos naturales pero se convierten en peligro cuando el hombre compite con la naturaleza en el uso de las áreas de inundación.

La ocupación y uso urbano de zonas inundables están basadas frecuentemente en las ventajas económicas del terreno; suelos planos con facilidades de acceso, abastecimiento de agua disponible, pero sin consideración del riesgo de inundaciones. Los daños cada vez más numerosos no se deben necesariamente a inundaciones más grandes, sino, al incremento de casos de invasión de las áreas inundables. La población de estas áreas no está por lo general informada acerca del gran riesgo que enfrentan, o son demasiado optimistas acerca de la posibilidad de que su propiedad no será inundada o esperan ayuda pública que los auxilie cuando la inevitable inundación se produzca.

Entre los tipos de inundaciones más frecuente tenemos:

- Inundación por desborde del río.
- Inundación por precipitación pluvial.

a.) Inundaciones producidas por Desborde del Río Piura.

Como se ha expuesto el río Piura es por lo general, usualmente seco, cada período (variando entre 5, 10, 15, 25 y 50 años), contribuye con grandes

avenidas, producto de los fuertes períodos lluviosos. Actualmente la ciudad de Piura está expuesta además de la erosión lateral, a desbordes e inundaciones por su margen derecha, en El Chipe, pues carece de defensas ribereñas a pesar de ser considerada zona crítica.

Los antecedentes históricos verificados con evidencias de campo en Piura, confirman que el río cruzó la ciudad, formándose cauces en eventos parecidos o mayores al de 1983. Así, ingresaba por El Chipe y continuaba por el Club Grau para desembocar al Jr. Huancavelica, Av. Sullana hasta la Laguna Negra y hacia Castilla ingresaba en su margen izquierda por el tramo entre los puentes Sánchez Cerro y Piura, cerca del Colegio Don Bosco, así como aguas abajo del Puente Bolognesi, por diferentes sectores en dirección a Catacaos.

INUNDACIONES DE 1972.

Durante el mes de Marzo de 1972 en la zona costera del país se presentaron una serie de inundaciones que afectaron seriamente a muchas ciudades en sus áreas urbanas y rurales, determinando grandes pérdidas en infraestructura civil, áreas de cultivo, vías de comunicación y básicamente daños en las viviendas. En el caso específico de Piura, se produjeron considerables daños, como consecuencia de las inundaciones producidas por la crecida del río Piura, en cuya zona aluvional se ubica la gran área urbana central de la ciudad.

Los desbordes e inundaciones se produjeron en las partes bajas del valle, donde discurre el río por pendiente casi nula y el cauce presenta sedimentaciones, reduciendo de ésta forma su capacidad de conducción.

El 13 de Marzo, con un aforo en la ciudad de Piura de $215.2 \text{ m}^3/\text{s}$, ya se encontraba inundadas todas las zonas de cultivo del Bajo Piura.

El 17 del mismo mes, se desbordó el río e inundó la ciudad, ingresando por un boquete de 200 m. de ancho a la altura del A.H. Quinta Julia, situada al sur de la ciudad.

El día 20 llovió 49 mm, solamente en la ciudad de Piura, que corresponde a una descarga promedio de $1,366 \text{ m}^3/\text{s}$.

La máxima descarga que se registró en la estación Piura entre las 4 y 6 horas del 23 de Marzo, fue de $1,366 \text{ m}^3/\text{s}$., pues ésta ocurrió en el año 1965 para el mismo mes, con una descarga de $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$.. En ese año no se produjeron inundaciones en la ciudad.

Lo que siguió en los siguientes días corresponde a situaciones verdaderamente catastróficas. Las inundaciones que se produjeron afectaron a la población e infraestructura en general, produciendo cuantiosas e irreparables pérdidas y daños.

En vistas aéreas de Piura, presentadas en los diarios locales en dicho año, se pueden apreciar que las aguas del río llegaron hasta la Plaza de Armas, asimismo, la calle Lima y la Av. Loreto fueron inundadas completamente por las aguas pluviales.

INUNDACIONES DE 1983.

Las precipitaciones pluviales intensas, dieron lugar a caudales increíblemente altos en el río Piura, de tal magnitud, que la masa descargada en 6 meses, entre Enero a Junio de 1983 (10,855 MMC), fueron iguales a toda la masa descargada en los 13 años anteriores, de 1970 a 1982 (10,877 MMC). Debido a esto el río se desbordó causando serias inundaciones en zonas urbanas y vastas zonas agrícolas en el Bajo Piura.

Entre los daños causados por la acción del río Piura tenemos:

Daños causados a Edificaciones situadas en las Márgenes del Río.

Debido al gran caudal que transportaba el río, éste se desbordó en ambas márgenes erosionando primero las defensas, para luego socavar el terreno de cimentación de las viviendas, haciéndolas colapsar, siendo estas pérdidas cuantiosas.

La acción erosiva afectó además la infraestructura existente en las márgenes tales como el antiguo Malecón Eguiguren que fue totalmente destrozado, así como pistas y veredas.

Sistema de Agua Potable y Alcantarillado.

El río también incidió en los daños causados por erosión. Al erosionar su lecho destruyó el colector de 18" de diámetro, que pasando a través de éste evacuaba las aguas de Castilla hacia los emisores instalados en Piura.

Vías de Transporte.

Los desborde del río humedecieron intensamente el pavimento, deteriorando su estructura, y por otro, la acción erosiva de las aguas afectó los estribos de los puentes.

Infraestructura Agrícola.

Los daños causados por el río se debió a las inundaciones que se produjeron y a la acción erosiva, afectando las estructuras que se encontraban en su cauce y en las márgenes, situación que fue favorecida por el gran caudal que transportaron, alcanzando picos de avenidas del orden de $3,200 \text{ m}^3/\text{s}$.

La presa derivadora Los Ejidos fue seriamente afectada; la estructura del vertedero libre fue erosionada, especialmente en la margen derecha. Además, fueron afectadas por la erosión, los cruces, las estructuras instaladas en sus márgenes como las tomas, casetas de control, centros de servicio, diques de encauzamiento.

b.) INUNDACIONES PRODUCIDAS POR PRECIPITACION PLUVIAL.

En período de casi 100 años se ha podido señalar la presencia de El Niño en nueve ocasiones, siendo catastrófico en 1891, 1925 y 1983. Durante 1891 y 1925 se produjeron en el norte y centro del país, lluvias torrenciales con secuelas de inundación y toda suerte de catástrofes similares a las ocurridas en 1983. Relatos

históricos señalan que en 1891, Piura soportó intensas lluvias que destruyeron varias haciendas de caña.

En 1925, las lluvias torrenciales produjeron daños de consideración, inundando las dos terceras partes de la ciudad. Castilla quedó arruinado y las aguas del río Piura llegó a niveles tan altos mayores que en 1891. Luego de la evaluación de los daños producidos, todos coincidieron en señalar que fue el año más terrible en la historia de Piura. Pero a pesar de los graves daños producidos, las áreas urbanas crecieron sin ningún tipo de previsión, exponiendo a grandes sectores a torrentes e inundaciones.

Las precipitaciones producidas en 1983, las de mayor intensidad conocidas en los registros de la zona, superaron en forma sustancial a la totalidad de los mismos, quedando establecido que dicho año fue extraordinario. Haciendo una comparación cuantitativa con respecto a otro año extraordinario en 1925, los registros de 1983 superaron aproximadamente diez veces, las precipitaciones registradas.

Como consecuencia de ello, Piura y Castilla sufrieron las consecuencias innegables de lo que se considera un fenómeno catastrófico.

Las inundaciones en las zonas depresivas de la ciudad como las de El Chilcal, Jubilados, Talara, Cabo Blanco, El Alto, Bancarios, Santa Ana, se manifestaron rápidamente por estar situados sobre cotas iguales o menores a 29 m.s.n.m., que permitió la inundación de las viviendas en altura hasta de 2 m., sin poder evacuar las aguas por cauces de gravedad o bombeo. Las viviendas en un número superior a las 200, fueron afectadas en lo que respecta a muros, pisos, instalaciones eléctricas, etc., y ante la imposibilidad de desalojar el agua de las viviendas, se tornaron inhabitables.

Las 11 vías torrenciales colmataron además de estas zonas bajas, otras grandes zonas planas, carentes de un buen sistema de drenaje, formándose grandes lagunas y también donde el agua y flujos de lodo escurrieron por las quebradas secas provocando ingentes daños a la infraestructura vial, sistemas de alcantarillado y drenaje, servicios públicos, etc.

Entre los daños causados, tenemos:

Daños a Edificaciones:

Las viviendas más afectadas fueron las ubicadas en los asentamientos humanos, debido a la fragilidad de sus materiales de construcción, como el adobe, esteras, tablas, quincha, etc. Influyeron en estos daños el tipo de suelos (arena eólica), fácilmente erosionables sobre el cual se asienta la ciudad, lo que favoreció el ensanchamiento de las quebradas, afectando a las edificaciones que se encontraban ubicadas a su paso o en las márgenes de la misma; y por último el represamiento originado por los terraplenes de las carreteras, lo que dió lugar a la irrupción violenta de las aguas en las áreas urbanas ubicadas aguas abajo.

Entre las quebradas que cruzaron la ciudad de Piura se mencionan a continuación:

- Quebrada Petroperú.

Afectó gravemente a una extensión de 20 Has. y la erosión llegó hasta 1.5 m. de profundidad, ocasionando daños en las edificaciones asentadas en sus márgenes.

Esta quebrada que apareció en el sector oeste y con dirección norte a sur, tuvo un represamiento inicial causado por el terraplén de la vía (Panamericana Norte) que luego fue socavada, irrumpiendo sobre los A.H. San Martín y Nueva Esperanza, efectuando un recorrido de 20 km. y tomando la dirección sureste hacia las afueras de la ciudad, originó una inmensa laguna que permaneció por muchos meses hasta Diciembre de 1983.

- Quebrada Alto de los Gallos.

Esta quebrada apareció en Castilla en el sector este; afectó a una extensión aproximada de 10 Has. causando daños a los A.H. Los Almendros, y José Quiñones y rebose en el canal principal Los Ejidos-Catacaos.

- Otra quebrada atravesó el sector este por los asentamientos humanos Taclá y Almirante Grau, en Castilla, que socavaron y dañaron las cimentaciones de las viviendas.

La formación de las lagunas en las zonas de topografía deprimida y difíciles de drenar, inundaron completamente las viviendas y numerosas familias optaron por abandonarlas durante los meses de lluvia; tal es el caso de las Urbs. El Chilcal, Bancarios, Sta. Isabel y Petroleros Jubilados, donde el agua alcanzó hasta una altura de 1.7 a 2 metros, y alcanzó una extensión aproximada de 25 Ha., estimándose en 100 Ha. las cuencas recolectoras de estas aguas pluviales.

Las construcciones de ladrillo fueron recuperadas casi en su totalidad sin sufrir mayores daños siendo reforzadas con elementos de concreto armado. En cambio, las viviendas de adobe de dos asentamientos humanos y área central antigua, sufrieron graves daños que hicieron imposible su rehabilitación.

En el área urbana de Castilla las lagunas se formaron hacia el oeste. Las lagunas formadas en las inmediaciones del mercado de Castilla fueron evacuadas hacia el río, originando una gran erosión en el Jr. Paita que alcanzó una profundidad de casi 3 m. afectando al sistema de alcantarillado.

La formación de lagunas en el área urbana de Piura y Castilla, alcanzó una extensión aproximada de 125 Has. (6.2 %), siendo 1,950 Has. las áreas afectadas por las inundaciones de un total de 2,000 Has..

Las áreas afectadas por las lagunas de menor duración alcanzaron una extensión de 85 Has., ocasionando daños a viviendas de materiales poco resistentes de los asentamientos humanos ubicados al sur de Castilla: Campo Polo, El Indio y Chiclayito, y el A.H. Pachitea en Piura.

Respecto a las áreas con capacidad de evacuación pluvial, cabe destacar que fue justamente la zona central antigua la que mejor soportó las lluvias. Tuvo una extensión aproximada de 50 Has., las calles con pendiente hacia el río facilitaron una evacuación rápida y eficiente; paradójicamente las zonas más modernas y las pistas de más reciente construcción fueron las que más sufrieron. Esto indica hasta que punto fue la imprevisión existente, la que originó gran parte de los efectos desastrosos.

Daños en el sistema de Agua Potable y Alcantarillado.

Al no existir sistemas de drenaje en la ciudad, las aguas pluviales ingresaron al sistema de alcantarillado, ya que la población destapaba los buzones para evacuar las aguas estancadas de calles y plazas. Estas aguas arrastraron gran cantidad de arenas y otros elementos que colmataron las redes, llegando a colapsar algunas de ellas, aflorando las aguas servidas por calles y avenidas.

En las zonas deprimidas donde se formaron inmensas lagunas, produjeron el asentamiento de las tuberías y la inundación de los componentes del sistema que se encontraban en esas áreas, como las cámaras de reunión bombeo, haciendo imposible la operación y deteriorando las bombas instaladas.

Daños en las Vías de Transporte

Los daños en las vías de transporte fueron los de mayor relevancia, no solo por su elevada magnitud, sino también, por su efecto indirecto sobre la movilidad de las personas y el flujo de la producción e insumos.

El tránsito de las principales avenidas quedaron cortadas por quebradas y drenes pluviales a tajo abierto. Así, la Av. Sánchez Cerro quedó bloqueada por una quebrada originada en la Urb. Santa Isabel y recorría la ciudad de norte a sur. El dren que atravesaba la Av. Gullman permitía evacuar las aguas de la Residencial Grau y posteriormente las de El Chilcal y Bancarios. El dren realizado en la Av. Grau alivió las aguas provenientes de las Urbs. Sta. Isabel, Pachitea, y Grau, hasta su desembocadura en la laguna de oxidación.

La Av. Grau también fue cortada por un dren pluvial a tajo abierto, donde el tránsito era penoso y caótico.

La acción de las quebradas tuvo rasgos característicos, según la topografía del terreno por el que atravesaban las vías.

En los terrenos casi planos los cauces fueron anchos e indefinidos, siendo represados por el terraplén de la vía, formando grandes lagunas, para luego rebosar, erosionar y hacer colapsar el pavimento.

Daños causados por el nivel freático.

En los canales cubiertos con concreto ciclópeo (como es el caso del Canal de Derivación Chira-Piura, el canal principal Los Ejidos-Catacaos) se produjeron fallas en el revestimiento, originadas por el nivel freático alto, especialmente en las secciones donde los rellenos están sobre áreas expansivas de arcilla. La falla en el revestimiento se debió básicamente a los efectos de subpresión y al empuje del filtro lateral al deslizarse debido al sobresaturamiento. Será necesario tratar de mantener el canal lleno para evitar dichos efectos.

En el casco central, las edificaciones con sótano tuvieron problemas por la elevación de la napa freática.

3.5.2.2 Identificación de Areas Inundables.

La topografía predominante de la ciudad de Piura es plana en toda su extensión, existiendo zonas deprimidas donde se asientan urbanizaciones en las cuales no se hizo una previsión adecuada para evacuar las aguas pluviales (1983), originándose inmensas lagunas en la zona denominada El Chilcal, que se encuentra al oeste de Piura y tiene un área de influencia de 45 Has.. Esta zona está constituida por urbanizaciones de tipo popular encontrándose en ese momento con pavimento de concreto, otro de carpeta asfáltica, ambos deterioradas por las lluvias y zonas sin pavimento.

Las áreas inundables se ubican en mayor grado hacia el suroeste, porque se encuentran topográficamente más bajas y es justamente donde se encuentran los asentamientos humanos consolidados y los de reciente expansión, de estratos sociales bajos. Por dichos asentamientos humanos corren las tuberías de SEDAPIURA que llevan las aguas servidas hacia las lagunas de oxidación y a los terrenos de cultivo. Los terrenos donde se ubican estos asentamientos presentan depresiones naturales, y con la napa freática a escasos metros de la superficie, se convierten en territorios propicios para los afloramientos y filtraciones; así cuando las tuberías se colmasen, las aguas

servidas, discurrirán por los drenes pluviales, inundando y produciendo un problema ambiental poniendo en riesgo a dicho sector.

Hacia el sur, existen asentamientos humanos ubicados cerca y en el mismo lecho de la laguna negra (antigua laguna de oxidación). Estos son:

- Quinta Julia - José Olaya - 18 de Mayo
- San Pedro - Centenario - Laguna Azul
- Consuelo de Velazco - Haya de la Torre
- Manuel Scorza - Almirante Miguel Grau.

El problema es que están asentados en terrenos muy blandos, hacia los cuales los drenes discurren las aguas pluviales y en donde las viviendas rústicas colindan con ellos. En períodos lluviosos como el de 1983, los antiguos cauces tienden a retornar, siendo por esto una zona de alto riesgo.

En el sector Noroeste, la Urb. Ignacio Merino presenta un área inundable demasiado baja en lo referente a niveles, que ocasionaría graves daños a las viviendas por carecer de un sistema de drenaje, en caso de producirse eventos similares al último fenómeno "El Niño".

La ciudad también está expuesta a las inundaciones por desborde del río Piura, aguas abajo del puente Bolognesi cuyas cotas de terreno son las más bajas, las cuales están siendo ocupadas por asentamientos humanos (Lámina N° 7).

Aguas arriba del puente Sánchez Cerro, existe una zona de aproximadamente 100 m. que no tiene defensas ribereñas. Esto es producto de que los moradores de un número considerable de viviendas en su debida oportunidad, no permitieron a las firmas contratistas correspondientes, la labor de ejecución de las obras de dicha zona.

Las salidas de los drenes hacia el río se han señalado como puntos críticos, dado que de producirse un aumento considerable del caudal del río, las salidas de los drenes al río producirían un flujo inverso a los niveles en que se encuentran con respecto al nivel de aguas. Estas salidas son:

En Piura : Dren Av. Ayacucho

Dren Av. Ica

Dren Av. Lambayeque

En Castilla : Dren Av. Piura

Dren Av. Jorge Chávez

Se recomienda tener listas las compuertas (tapas de planchas metálicas) a fin de evitar el proceso inverso adecuado.

a.- PROBLEMATICA DE LA LAGUNA NEGRA Y SUS EFECTOS:

Los asentamientos humanos afectados directamente por la Laguna Negra son:

Quinta Julia, 18 de Mayo, Centenario, Víctor Raúl Haya de la Torre, Almirante Miguel Grau, José Olaya, San Pedro, Consuelo de Velazco y Laguna Azul, y otros, asentados recientemente (ver foto N° 2).

Estos asentamientos están ubicados en depresiones de terreno y durante muchos años constituyó terrenos de las antiguas lagunas de oxidación. Hace aproximadamente 17 años, las inundaciones pluviales destruyeron esta laguna que recepcionaba lagunas servidas; era una depresión natural llamada COSCOMBA.

Las lagunas negras que constituyen problemas son:

- 1.- Laguna negra del A.H. Víctor Raúl Haya de la Torre, donde se ha formado un nuevo asentamiento denominado Laguna Azul, en la laguna misma.
- 2.- Laguna negra de San Pedro (entre las avenidas Gullman y Las Flores).
- 3.- Laguna negra de Nueva Esperanza (desde la Av. Marcavelica hasta la Av. Chulucanas).
- 4.- Lagunas Negras dispersas en el sector, producto de filtraciones.
- 5.- Lagunas de oxidación de SEDAPIURA (detrás de la Av. Amotupe). A la margen izquierda del A.H. Nueva Esperanza a 15 kms, se encuentra el Vivero Municipal.



FOTO N° 2

Recientes Asentamientos Humanos ubicados cerca a la que fue Laguna de Oxidación, llamada Laguna Negra.



FOTO N° 3

Suelo húmedo por nivel freático superficial en el A.H. Laguna Azul, a pocos metros de la Laguna Negra.

La segunda y tercera discurren por el canal a tajo abierto. En el caso de la primera es necesario su desecación. Para la cuarta es necesario hacer un relleno que resulta altamente costosa.

En estos sectores la napa freática está a 1.20 m. y en otros, a escasos 80 cms. de la superficie, produciendo afloramientos como en el caso del mercado del A.H. San Martín y en el A.H. Laguna Azul (foto N° 3).

En estos sectores se observan depresiones de terreno, unas más profundas que otras, así como también los drenes pluviales en mal estado construídos a raíz de las precipitaciones de 1983, para evacuar las aguas hacia el dren Sechura y los terrenos de cultivo.

- PROBLEMAS DE SALUD Y CONTAMINACION AMBIENTAL.

El problema de salud más grave que los asentamientos humanos de la zona marginal afrontan, es ocasionado por la cercanía e incluso por estar ubicados en la que fue laguna de oxidación denominadas lagunas negras. Esto ocasiona plagas de zancudo y por consiguiente problemas de malaria; plagas de moscas que producen enfermedades diarreicas, gastrointestinales, parasitosis, enfermedades de la piel. también la emanación de olores nauseabundos afectan al sistema nervioso y emocional de los moradores.

Otro problema que se presenta en ese sector es debido a la construcción de viviendas en el mismo lecho de la laguna donde los drenes colindan con las viviendas (fotos N° 4 y 5).

Para los asentamientos mencionados en el sector sur oeste, pasan tuberías subterráneas de SEDAPIURA que llevan las aguas servidas a las lagunas de oxidación y a los terrenos de cultivo circundantes. Entonces cuando las tuberías se colmatan las aguas servidas discurren por los drenes pluviales, produciendo todo un problema de contaminación ambiental.

Otro problema es el empleo de aguas servidas contra toda norma, sin ningún tratamiento, para regar sembríos, pastos, que alimentan al ganado vacuno.



FOTO N° 4

Una de las rústicas viviendas del A.H. Nueva Esperanza ubicada en plano cauce del dren Chulucanas, colmatado de arena.



FOTO N° 5

Tramo del dren 18 de Mayo, cerca a la desembocadura hacia el río que colinda con rústicas viviendas.

- ZONAS INUNDABLES.

A raíz del fuerte movimiento migratorio a la ciudad de Piura, ha ido llegando gente provincial del campo y de la sierra de Piura, que han ido superpoblando la ciudad y al no tener donde vivir se han ido asentando en los terrenos del sector sur oeste donde durante mucho tiempo estuvieron ubicadas las lagunas de estabilización y por donde en períodos lluviosos tiende a retomar sus antiguos caudales, como sucedió durante el período pluvial de 1983, inundando dichos sectores.

En caso de repetirse el fenómeno El Niño, en igual o menor magnitud, al colmatarse los desagües y tuberías, las aguas pasarán a los drenes pluviales, llegando a inundar todo este sector y ya no solamente provocaría un problema de salud, sino también pondría en riesgo la vida de los pobladores y propiedades materiales.

En el casco urbano también se presentarían serias dificultades por la presencia de filtraciones y aniegos con el consiguiente problema de contaminación ambiental.

Para la salud pública, que con sus escasos recursos económicos y limitación de personal, la no solución agrava la solución, porque el tratamiento de los casos y enfermedades siempre será momentáneo, porque el foco de infección seguirá estando presente.

3.5.2.3 MEDIDAS DE CONTROL DE INUNDACION: SISTEMA DE EVACUACION PLUVIAL DE LA CIUDAD DE PIURA.

Las precipitaciones pluviales a consecuencia del fenómeno de El Niño, causaron muchos daños a la infraestructura de alcantarillado, sistema vial y viviendas. Para enfrentar a este fenómeno se juntaron esfuerzos y se programaron una serie de acciones de emergencia, tales como drenes a tajo abierto, defensas en el río Piura, sistemas provisionales de rebombeo y otros; entre las acciones provisionales fueron:

- Defensas en el río Piura.
- Protección a puentes.
- Sistema de evacuación en la Urb. Sta. Ana, Bancarios y El Chilcal.
- Sistema de evacuación en la zona industrial de la zona noroeste.

- Sistema de evacuación en los A.H. de la zona sur, este y suroeste.

En la actualidad, Piura y Castilla cuentan con un sistema de evacuación de aguas pluviales consistentes en vías, canales, drenes a tajo abierto, que permiten desaguar las zonas bajas, en caso de repetirse un período lluvioso (lámina Nº 8).

Las obras se ejecutaron tomando como referencia el levantamiento topográfico elaborado por el IGM, y los niveles alcanzados por las aguas como consecuencia de las fuertes precipitaciones. Efectuado ésto la ciudad fue dividida en cuencas de embalse, a las que se les proyectó drenes o evacuaciones pluviales, unos fueron entubados, otros a tajo abierto y vías canales, los cuales funcionan por gravedad y sistema de bombeo, desembocando al río Piura y dren Sechura.

OBRAS EJECUTADAS.

1. Defensas laterales a lo largo de la ciudad en el río Piura.
2. Sistema del casco central de la ciudad que evacúa al río por intermedio de salida por el Malecón Eguiguren en las calles Cajamarca, Ica y Ayacucho.
3. Dren Sullana que partiendo de la Urb. Sta. Isabel pasa por la Av. Los Cocos, atraviesa la Av. Grau por intermedio de un acueducto a través del Parque Miguel Cortez, toma la Av. Sullana y a la altura del A.H. 18 de Mayo se divide en dos bifurcaciones: una que va al río Piura que se controla con una compuerta Schep y el otro tramo que con una obra de arte, funciona y se conecta con el dren Sechura, pasando a través de la antigua laguna de oxidación (laguna azul).
4. Dren Gullman, que partiendo de la calle Tomás Cortez pasa por la Av. Gullman y a la altura de la Av. Grau recoge las aguas del Agrupamiento Miguel Grau y el A.H. Buenos Aires; luego continúa tomando la parte lateral este de la carretera a La Legua hasta empalmar al dren Sechura.

Como podrá apreciarse todos los drenes desembocan al sistema de drenaje del Bajo Piura, por intermedio de su dren principal que es el Sechura, el cual desemboca al Océano Pacífico.

5. El otro Dren es César Vallejo que recibe las aguas de la Urb. Santa Ana, Bancarios, El Chilcal, que es la cota de nivel más baja de la ciudad y ha tenido que construirse un sistema de bombeo por intermedio de unos tanques subterráneos de recepción en la Av. Grau y de aquí con un dren entubado que pasa por el Jardín Central de la Av. César Vallejo, atravesando una de las calles del A.H. Santa Julia, llega a una zona militar que en la actualidad es donde con un dren a tajo abierto se lleva a ese campo y se esparce en su longitud y en un futuro empalmará con el Dren Nueva Esperanza.
6. El Dren Petro-Perú; que partiendo en zona norte a la altura del depósito de la planta de Petro-Perú de abastecimiento de combustible, se desarrolla hacia el sur pasando por una alcantarilla en la Carretera que va de Piura a Sullana, este dren continúa entre una Av. que separa al Campo Ferial y al Parque Centenario, luego atraviesa al A.H. San Martín por la Av. Mariátegui (vía canal de concreto) toma la Av. Circunvalación (vía Integración hacia el este) para internarse al A.H. Nueva Esperanza y pasar por el costado este del Oratorio Bosconia y continuar por vía canal a un dren a tajo abierto a la parte sur del referido asentamiento humano.
7. Dren Nueva Esperanza; en la parte sur del Oratorio María Auxiliadora y el C.E. Miguel Grau; a consecuencia del fenómeno de El Niño quedó una fuente de agua de regular magnitud que con el transcurso del tiempo y el crecimiento de los asentamientos humanos de esta zona, venía siendo un problema por la proliferación de zancudos y mosquitos. A iniciativa de este concejo de 1990 y compañías amigas se proyectó un dren de salida a tajo abierto a partir de esta

laguna y llevarla a descargar al dren Sechura en una distancia aproximada de 1.8 kms..

A este dren se proyecta empalmar el dren César Vallejo que actualmente se queda en tierras de zona militar, también empalmar el dren Entel-Perú en la zona este, dar salida a las aguas pluviales del A.H. Micaela Bastidas, parte del A.H. San Sebastián y posiblemente la Urb. de Enace, urbanización popular de reciente construcción.

Todos estos drenes son los que se proyectaron desde 1984 a la fecha, dejándose para estudio posterior las zonas de expansión al norte de Piura, que ha comenzado a crecer después de 1985; se supone que sus proyectistas están tomando las previsiones del caso para evitar un fenómeno similar al de El Niño de 1983. Se aprovecha la oportunidad para alertar al Comité de Defensa Civil que emita una voz de alerta y previsión para estos casos y se tomen las medidas preventivas.

a.) EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS DRENES PLUVIALES DE PIURA Y CASTILLA Y MEDIDAS PREVENTIVAS PARA CONTROL DE INUNDACIONES.

La Comisión Técnica de Defensa Civil realizó una inspección a los drenes pluviales de Piura y Castilla comprobando que éstos se encuentran en pésimo estado, principalmente los de las Avs. Vallejo, Gullman y Nueva Esperanza (Piura).

Los mencionados drenes no son utilizados como drenes pluviales, sino de desagüe ya que encontraron la existencia de conexiones clandestinas de alcantarillas que hacen peligrar la función para la que fueron diseñadas.

En el dren Petro-Perú, se comprobó que en la desembocadura hay más de una modesta vivienda de material rústico y gran parte de estas obras se encuentran rellenas con basura y desmonte. La desembocadura se efectúa en la zona de Coscomba en la parte posterior del A.H. Nueva Esperanza, cerca del Vivero Municipal.

En su trayecto se ha deteriorado el trabajo por falta de mantenimiento, acumulación de desechos y formación de pequeños chacreros que utilizan la humedad de la napa freática.

Las invaciones producidas cerca a los drenes pluviales deben ser erradicados, ya que si se presenta El Niño con igual o menor magnitud al año 1983, éstas sufrirían inundaciones pues las aguas pluviales discurren por esos lugares.

EN CASTILLA.

Dren Jorge Chávez o Canal Balarezo; aquí se presenta un gran problema ya que las bocas de las alcantarillas así como las rejillas un buzón de desagüe están destruídos. En su desembocadura es necesario un trabajo de limpieza con personal obrero y maquinaria ante la gran cantidad de basura y desechos acumulados.

Dren Piura; requiere la ejecución de pavimento en la esquina con Moquegua y asfaltado de otro tramo, ya que de continuar así podría originar una gran laguna.

Los drenes restantes: Castilla, Paita, Guardia Civil, 28 de Julio, Corpac y Sánchez Arteaga, se encuentran en condiciones similares al dren Jorge Chávez.

En una posible repetición de este fenómeno es necesario tomar en cuenta las siguientes previsiones:

- a) Obras a corto plazo.
- b) Obras a mediano plazo.
- c) Obras a largo plazo.

a) Obras a corto plazo: Entre las medidas preventivas, obras nuevas y de mejoramiento de los drenes existentes tenemos:

1. Defensas del río Piura.- Comprendido desde la altura del Cuartel Reyna Farje hasta el A.H. Almirante Grau. En este tranmo es necesario la limpieza del cauce del río en una longitud de 6 kms..

El trabajo sería de desarenamiento y deshierbo de todo el cauce.

2. Sistema Pluvial en el Casco Urbano.- La ciudad de Piura entre la Panamericana Norte y la calle Ayacucho descarga pluvialmente hacia el río por intermedio de las salidas previstas en los siguientes puntos que son materia de revisión y mejoramiento:

a) Panamericana Norte.

b) Cuartel Reyna Farje.

c) Jirón Cajamarca.

d) Jirón Ica.

e) Jirón Ayacucho.

a) Panamericana Norte: Salida pluvial construída después de 1984 al construirse la avenida, a la que habría que hacerle una limpieza y constatar que alguien a efectuado conexiones domiciliarias de desagüe clandestinas siendo responsabilidad de SEDAPIURA detectarlas y también de control municipal.

b) Cuartel Reyna Farje: Salida propia del cuartel, indicando a esta unidad su limpieza y operatividad.

c) Jirón Cajamarca: Salida reconstruída cuando se hicieron las defensas del río Piura y el Malecón se recomienda como obra prioritaria la reconstrucción del pavimento de la calle Lima entre los jirones Lambayeque y Cajamarca, inclusive hasta la Av. Málaga, para permitir una mejor fluidez de las aguas hacia la compuerta automática de la calle Cajamarca, de las zonas no pavimentadas.

d) Jirón Ica: Hay una salida pluvial hacia el río que se encuentra obstruída, faltando una tapa de concreto armado.

e) Jirón Ayacucho: En buen estado, se recomienda clausurar la salida peatonal a las compuertas en la intersección Lima-Ayacucho, aprovechando el cerco de malla que tiene el Palacio de Justicia haciendo lo mismo en la zona del malecón, para resguardar y desaparecer las letrinas existentes en este callejón.

3. Dren Sullana.- Se inicia en la Urb. Santa Isabel y continúa en vía canal, y a partir de los asentamientos humanos en dren a tajo abierto, entregando sus aguas al río

cuando éste tiene bajo caudal, que al subir, se cierra automáticamente una compuerta SHECP ubicada a la altura del A.H. Quinta Julia en la defensa del río; cerrada esta válvula se inicia el represamiento en el dren y a cierta altura en el A.H. 18 de Mayo hay una obra de arte llamada aliviadero poniendo en funcionamiento otro brazo del dren, a través de una antigua laguna de oxidación (Laguna Azul) empalmado con dren a tajo abierto al dren Sechura. Este dren tiene una longitud total de 5.2 kms.; su construcción es de 600 metros de tubo de concreto, 2.3 kms. de vía canal de concreto y 2.2 kms. dren a tajo abierto de tierra.

En el dren Sullana como medidas urgentes tenemos:

- a) Limpieza de todos los tubos de concreto (300 metros).
- b) Reparación o parchado con losa de concreto de 6" de espesor ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) de los siguientes puntos:
 - A la altura del Club Grau entre las Avs. Los Cocos y Prolongación Cushing.
 - En el cruce de la Av. Sullana y el Jr. Moquegua.
 - En el cruce de la Av. Sullana y el Jr. Huancavelica.
 - En la Av. Sullana, entre la Av. Integración y el jirón Tumbes.Éstos asentamientos en el pavimento son consecuencia del hundimiento de tuberías de agua o desagüe que ha reparado SEDAPIURA, en algunos casos, faltando en otros investigar el motivo del hundimiento.
- c) Limpieza de los drenes a tajo abierto con equipo y personal obrero en una longitud de 2.2 kms.. Además es necesario construir con tubo de concreto dos pases vehiculares, como mínimo, en el dren que conecta a la antigua laguna de oxidación.
- d) En el aliviadero del dren, hay que construir dos compuertas a una cota suficiente, para evitar que cuando funcione, las aguas discurran inmediatamente y no regresen a la ciudad.
- e) Revisión y engrase al buzón y válvula Shecp en la defensa del río.

4. Dren Gullman.- Con una longitud total de 3 kms., su construcción es de 2.2 kms. entubado y 800 metros lineales de dren a tajo abierto.

El estado de este dren es bueno, requiere una limpieza en sus buzones. Al aumentar la población el dren a tajo abierto a quedado frente a la población en más o menos 300 metros, trayendo consigo un foco de infección y contaminación al medio ambiente por lo que en un futuro se requiere que en esta zona continúe el entubado. Actualmente la población, para evitar este malestar, ha taponeado el dren en su salida en un 70 %. También habría que insistir a la población y en especial a SEDAPIURA, que estos drenes no sirven para conectar desagües de aguas servidas.

En la parte norte de este dren en el cruce de las calles Tomás Cortez y Tambo Grande, hay una depresión en sus vías, que en tiempo de lluvias forma una laguna de agua que no se puede desagüar, para lo cual se ha proyectado una ampliación del dren para evitar este aniego.

5. Dren César Vallejo.- Con una longitud total de 3.5 kms., con dren entubado 3 kms. y a tajo abierto 500 metros lineales; tiene 5 rejillas colectoras, 3 tanques subterráneos receptores de aguas pluviales de las Urbs. Bancarios, Santa Ana y El Chilcal que llegan a una cámara de bombeo.

Con respecto a las obras prioritarias tenemos:

- a) Limpieza general de rejillas y buzones.
- b) Construcción de una rejilla de 7 x 0.60 en el agrupamiento El Chilcal.
- c) Construcción de tapas de registro de 1 x 1 en los tanques subterráneos en la Av. Grau.
- d) Construcción de 3 tapas en las entradas de las tuberías de sección de las aguas de los tanques, a las motobombas.
- e) Caseta de bombeo:
 - Reparación de la motobomba de 6" (existente).

- Compra de 2 motobombas de 6" ó 4" con mangueras de succión y salida de 8 metros cada una.

- Instalación de luz eléctrica.

- Una lámpara petromax.

f) Limpieza con equipo pesado del dren a tajo abierto en una longitud de 500 metros.

g) La zona baja de El Chilcal requiere equipos de bombeo (caseta ubicada en prolongación Grau). El problema ocurre en el único equipo de bombeo que no funciona con toda su capacidad instalada, debido a cuestiones de operatividad, manejo y mantenimiento de equipo de bombeo ubicado en la caseta indicada, dado que su diseño indica que debería succionar hasta 120 litros/seg.. Para conseguir su completa solución, los organismos competentes deberían adquirir y ubicar otro equipo de bombeo de 8" de diámetro que funcione en forma paralela al anterior, a fin que la evacuación de aguas sea más efectiva, oportuna y rápida.

6. Dren Petro-Perú.- Con longitud total de 3.7 kms., con una vía canal de concreto de 1.5 kms., dren vía canal con base de afirmado 1 km., y dren a tajo abierto 1.2 kms..

Los trabajos prioritarios son:

a) Reposición de losas de concreto en zonas deterioradas por conecciones o empalmes realizados por SEDAPIURA.

b) Reposición de base de afirmado en la Av. Circunvalación en el cruce con Chulucanas, en la Av. Grau y algunas calles intermedias en el A.H. San Martín (1 km.)

c) Limpieza del dren a tajo abierto con equipo pesado en una longitud de 1.8 kms., empalmando al dren Nueva Esperanza.

7. Dren Nueva Esperanza.- Con una longitud de 2 kms. a tajo abierto, con inicio en la laguna de Nueva Esperanza y se proyecta en forma paralela a una distancia de 600 metros más o menos de los asentamientos humanos en la zona suroeste de la

ciudad y se pretende entregar inicialmente al dren Sechura atravesando la carretera asfaltada que va al Caserío La Legua.

Este dren es importante porque recogerá las aguas de los drenes Entel-Perú, Petro-Perú y César Vallejo. Se proyecta hacer una variante que en vez de atravesar la carretera a La Legua haga un quiebre hacia el sur a unos 200 metros antes de llegar a la misma, atravesando por la parte baja de un canal de regadío llamado Fraternidad, contruyendo dicho pase con tubería de 22" de diámetro y luego empalmar al dren Sechura aguas abajo a una distancia aproximada de 800 metros con dren a tajo abierto.

Los trabajos prioritarios son los siguientes:

- a) Ampliación del dren a tajo abierto en una longitud de 2 kms..
- b) Pase del dren por la parte baja del Canal Fraternidad con tubería de concreto; se incluye la reconstrucción del canal donde se harían estos trabajos.
- c) Limpieza del dren a tajo abierto en una longitud de 2 kms..
- d) Empalme de los drenes César Vallejo, Petro-Perú con drenes a tajo abierto al dren Nueva Esperanza en una longitud aproximada de 1 km..

8. Dren Sechura.- Limpieza y deshierbos del dren existente desde la granja del Sr. Grocio Moscol al Puente Independencia en una distancia aproximada de 3.5 kms.

9. Dren Consuelo de Velasco.- Entre el A.H. Consuelo de Velasco y el 31 de Enero se forma una laguna que en 1989 se eliminó en un 90 %, pero como la napa freática es muy superficial, es necesario que constantemente se esté rebombeando un residuo de agua, para lo cual se ha construído un pequeño dren, que pasando por una alcantarilla en la carretera a La Legua, entrega al dren Sechura.

Los trabajos a realizarse son:

- a) Limpieza del dren existente.
- b) Rebombeo del residuo de agua que por gravedad llega al Sechura a través del dren ya construído.

B) Obras a mediano plazo: Entre las obras mediatas a realizar en el sistema de drenaje de la ciudad de Piura tenemos:

1. Defensas del río Piura.- Continuación de las defensas en la margen derecha aguas arriba del Puente Sánchez Cerro.

2. Dren Sullana.-

a) Mejoramiento del pase entre la Av. Grau y la calle Huancavelica para evitar el aniego que se presenta en la Av. Grau.

b) Construcción de pases vehiculares y peatonales en el dren Aliviadero que divide los A.H. 18 de Mayo y José Olaya.

c) Entubado de drenes entre los A.H. Santa Julia, Almirante Grau y José Olaya (1 km.).

3. Dren Gullman.- Entubado del dren en una longitud de 500 metros lineales.

4. Dren César Vallejo.- Mejoramiento o reconstrucción de rejillas en la Av. Grau con César Vallejo, por deterioro.

5. Dren Petro-Perú.-

a) Pavimentación con concreto de vías canales, actualmente con afirmado.

b) Pavimentación de vía canal al inicio del dren entre el Parque Centenario y el Campo Ferial.

C) Obras a Largo Plazo: Se recomienda que se efectúe un estudio de factibilidad general de agua potable, alcantarillado y desagüe pluvial (subterráneo) con sistemas de bombeo y rebombeo, teniendo en cuenta el tratamiento y la utilización de las aguas servidas y pluviales para el desarrollo agrícola. Este proyecto debe ser integrador, que comprenda la repavimentación de las calles de acuerdo a un nuevo Plan Director, con proyección a unos 50 años o más, y así evitar desastres como el ocurrido en el año 1983, recordando que estos fenómenos se presentan con cierta frecuencia a consecuencia de la mayor o menor intensidad del fenómeno "El Niño".

3.5.2.4 EROSION DEL CAUCE Y RIBERAS DEL RIO PIURA.

Las grandes avenidas del río Piura originaron una fuerte erosión de riberas y socavación del lecho del río produciendo derrumbes, deslizamientos y hundimientos que causaron daños y destruyeron edificaciones y obras civiles de Piura y Castilla, cuyo desarrollo se produjo en ambas márgenes.

Las características geomorfológicas (lecho arenoso) y topográficas (baja pendiente) del cauce del río, facilitaron la erosión y la socavación del fondo, permitiendo el paso de los caudales registrados sin afectar; esto disminuyó el peligro de colapso total de las estructuras de defensa ribereña existentes, dañando seriamente en algunos tramos y poniendo en peligro el capital humano y material de ambas ciudades.

PROCESO DE EROSION DEL CAUCE Y RIBERAS DEL RIO PIURA.

Las grandes precipitaciones pluviales causaron avenidas que superaron los 3,600 m³/s., encontrando a su paso un cauce modificado por el estrangulamiento producido por el avance de las edificaciones de Piura y Castilla hacia las riberas, sin ninguna protección a la erosión lateral de los depósitos de rellenos sueltos y aún para los terraplenes de arena compacta de defensas anteriores y recientes.

En el cauce del río, en los tramos de cimentación de las defensas se observa el siguiente fenómeno: el fondo a partir de la cota 25 se rellena de arenas finas sueltas y

saturadas, nivelando la socavación vertical del río. Esto reduce su sección efectiva lo que origina que en el inicio de las primeras avenidas, el caudal se desarrolle superficialmente haciendo impacto sobre las riberas, provocando erosiones laterales, desbordes e inundaciones; luego el fondo se hace móvil iniciándose la erosión vertical, hasta encontrar la Formación Zapallal produciendo un descenso del nivel al aumentar su sección.

Este hecho parece ocurrir en todo el cauce del río y explicó el descenso de nivel e inversión de la corriente de las aguas del mismo.

a.) CONDICIONES DEL CAUCE DEL RIO PIURA DURANTE EL PERIODO PLUVIAL DE 1983.

El río Piura tiene tendencia de salirse de su cauce, debido a la rápida erosión lateral de sus riberas, así como su cauce estrecho y de fondo relleno con sedimentos sueltos; donde las fuentes existentes son puntos de estrangulamientos obligados principalmente por el Puente Piura, lo que aumenta el riesgo a inundación en zonas críticas para caudales superiores a los 2000 m³/s., considerando que los niveles de las ciudades de Piura y Castilla son más bajos en 1 a 2 m. que las defensas ribereñas. El drenaje pluvial quedará confinado por las defensas, sin posibilidad de evitar el almacenamiento de aguas frente a eventos de lluvias intensas, por lo que resulta indispensable ejecutar una adecuada evacuación mediante un dren integrado a las obras de reconstrucción.

VARIACION DEL CAUDAL Y EROSION DEL CAUCE DEL RIO PIURA.

Se han trazado secciones transversales en el Puente Bolognesi en base a medidas mensuales desde Diciembre de 1982 hasta Agosto de 1983. Es evidente la socavación activa de su lecho por el río Piura con el aumento del caudal como indica el cuadro N° 4.

CUADRO N° 4

VARIACION DEL CAUCE DEL RIO PIURA

MES	Socavación Activa Excavación de Canales en Cauce	
	Profundidad (m)	Profundidad(m)
1982 Diciembre	2.0	1.0
1983 Febrero	3.0	2.5
Marzo	4.0	4.5
Abril-Mayo	5.0	
Junio	Río rellena Cauce	
Agosto	Niveles Normales	

Como vemos en Abril-Mayo llegan a constituir un solo canal de 5 m. de profundidad y casi todo lo ancho del cauce actual.

En el mes de Junio con la disminución del caudal, el río Piura rellena nuevamente su cauce y en Agosto se halla casi a niveles normales.

El relleno fluvial está constituido por arenas finas gris claras, con fragmentos pequeños de ladrillos por mezcla con materiales provenientes de la erosión de las riberas.

En las perforaciones realizadas y en los sondajes eléctricos se ha reconocido este relleno de espesor 4-4.5 m. a lo largo del cauce, aguas arriba del Puente Bolognesi, hasta aguas arriba del Puente Sánchez Cerro.

Los materiales se encuentran intercalados con los materiales de desmonte y entre niveles más bajos de cimentación de edificaciones, estos rellenos fluviales de arenas finas muy sueltas, con rizaduras (Ripple Marks) que indican antiguas erosiones del cauce y riberas del río durante las avenidas que indudablemente tuvieron menos profundidad y mayor erosión lateral con el posterior depósito durante el régimen normal de bajos caudales. La actual profundización del cauce durante las avenidas se debe a la presencia de puentes que limitan las erosiones laterales.

Se han efectuado comparaciones entre dos levantamientos topográficos realizados antes de las avenidas del río Piura (Abril 1981) y después (Noviembre 1983) se observa que en la margen derecha ha ocurrido erosión de riberas de 10-15 m. en promedio alcanzando 20-25 m. aguas abajo del Puente Piura y 2-3 m. antes del Puente Bolognesi. En el Cuartel Reyna Farje el río erosionó más de 50 m. de rellenos que se habían efectuado para construir campos de recreación y tiro.

En la margen izquierda, la erosión de riberas han sido más limitadas; solo inmediatamente aguas abajo del Puente Sánchez Cerro tuvo 15-20 m. y aguas arriba del Puente Bolognesi llegó a 20-30 m. siendo necesario construir defensas con el tablaestacado metálico que se colocó en este lugar.

b.) ZONAS CRITICAS EN LAS MARGENES DEL RIO PIURA.

Las defensas construídas son parciales, pues desde el punto de vista geomorfológico se deben completar zonas críticas y otras de la margen izquierda. Después de la experiencia de 1983 sabemos la gran cantidad de material que arrastró el río, el cual al ir depositándose en el fondo resultó en un relleno de lecho que produjo inundaciones, por lo tanto existe una relación directa entre la cantidad de material que arrastra el río y la fuerza de erosión.

Así el sector más crítico se encuentra en El Chipe dentro del primer meandro zona de erosión y en plena evolución, sin defensa en la margen derecha (ver lámina N° 3).

En la margen derecha izquierda entre el Puente S. Cerro y Los Ejidos, lo que significa que la defensa de la ciudad sigue cuestionada (Martínez 1984) al estar expuesta a la erosión lateral e inundaciones. Por lo tanto se debe considerar como obra mediata, la continuación de las defensas del río Piura en los tramos considerados anteriormente, y con ello brindar una mayor seguridad a la población urbana.

3.5.2.5 MEDIDAS DE CONTROL DE EROSION: ENCAUZAMIENTO Y DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO PIURA.

Se ha considerado de suma importancia conocer como ha sido y como puede ser la evolución del río Piura, desde la presa derivadora Los Ejidos hasta el Puente Bolognesi, aproximadamente 4.5 km. donde su curso cambia de ancho y el río divaga en su lecho sin control aparente. También es importante conocer los tipos de materiales que conforman el cauce y en ambas márgenes de dicho río, el proceso de erosión que sufre cuando se presentan grandes avenidas como las de 1983, siendo por ello necesario la construcción de las defensas ribereñas. Todo esto pretende alertar contra los desbordes del río Piura, y en lo posible minimizar los daños durante períodos lluviosos.

Las defensas se han diseñado con tablaestacas empotradas para la protección contra la socavación y diques de material impermeable protegidas con una losa de concreto.

La sección de los diques de defensa está constituido por un terraplén de material compactado, colocado sobre el terreno natural, en los tramos de corte y en terraplén debidamente compactado con material in situ, en los tramos de relleno. El talud exterior e interior del terraplén impermeable es 2(H):1(V).

Se prevee un filtro de grava graduado sobre el terraplén de 0.5 m. de espesor sobre el que se apoya la losa de concreto armado de 0.10 m. de espesor.

Para protección del forland contra la socavación entre el pie del talud y la orilla erosionable del río se propuso tablaestacada de concreto armado de 5.0 m. de longitud hincados uno a continuación de otro de sección 0.70 x 0.25.

La cabeza de los pilotes, y sobresalientes 1.0 m. del lecho del cauce se fijan mediante una viga de arriostre de sección mínima sobre el que se apoya al pie de la losa.

Para el diseño de estas defensas en ambas márgenes del río Piura, el tramo que cruza el casco urbano de Piura y Castilla, ha considerado los siguientes aspectos fundamentales, logrando en la ciudad un habitat seguro contra los embates de la naturaleza:

1. Preservación razonable del complejo urbano.

Además de ofrecer acabados que al ser integrados a un adecuado arreglo urbanístico que contribuyen a realzar la zona, mejora las condiciones ambientales y de salubridad, pues la acumulación de basura en los taludes resulta dificultoso frente al de enrocado, por ejemplo.

2. Eficiencia del funcionamiento hidráulico del sistema ante solicitaciones extremas.

Dada la característica de la superficie lisa del talud, éste ofrece buenas condiciones hidráulicas, requiriendo para ello de una mayor área de escurrimiento la cual podría obtenerse incrementando el ancho de la plantilla y con ello el ancho total del

canal y de las áreas de expropiación de los inmuebles que resultarían afectados a ambas márgenes o sacrificando las áreas del arreglo urbanístico que se propone.

3. Seguridad de la estructura ante la socavación o azolvamiento o ante eventos sísmicos.

El tablaestacado previsto puede soportar sin comprometer la estabilidad de los terraplenes el tramo de socavación del orden de los 2 m. coincidente con el pico de avenida, pues pasado éste se inicia la sedimentación y con ello la recuperación del nivel del lecho.

Para condiciones de diseño se ha calculado un período determinante de 0.15 seg., intensidad de VIII MM.. aceleración de 0.2g, para un período de retorno de 100 años y una probabilidad de 63 %.

4. Costos y Montos de las Inversiones.

Se ha tenido en cuenta el tipo y volumen de los materiales requeridos (impermeabilizantes, agregados) y la ubicación de los bancos de éstos, con respecto a la zona de las obras.

5. Complementación Urbanística.

Esta obra integra la presencia y apariencia a la fisonomía propia del perfil arquitectónico de la ciudad de Piura.

DESCRIPCION:

El encauzamiento del río Piura comprende el tramo entre una sección ubicada en el extremo norte del Cuartel Reyna Farje y en la sección del Puente Bolognesi, longitud total del tramo es de 1,730 m.

Es de resaltar la necesidad de ampliar el estudio al tramo inmediatamente aguas arriba de la sección señalada como inicial, el cual se desarrolla en una curva pronunciada en una sección de ancho sensiblemente menor al de los tramos precedentes, y siguientes, la erosión que se produce en el lado exterior de la curva

(margen derecha) puede comprometer la seguridad de las defensas en esa margen (lámina N° 3).

Geometría del Encauzamiento.

El trazo geométrico se ha efectuado teniendo en cuenta consideraciones de orden topográfico, de hidráulica fluvial, geomorfológica (lecho móvil del río) así como la situación existente de las riberas o márgenes del río.

El radio mínimo es de 2 m., para el trazado de las curvas a fin de evitar velocidades erosivas en los extremos de las mismas. La plantilla o base del canal, queda definida por la luz de los puentes, la variación entre éstos es en forma gradual a través del tramo que los separa, a manera de una transición de fondo.

Sección Hidráulica.

Ha sido calculada la sección más desfavorable:

$$B = 100 \text{ m.}$$

Puente Sánchez Cerro-Puente Piura.

Puente Bolognesi, respectivamente.

La sección se ha calculado para una avenida de diseño de $Q=3,221 \text{ m}^3/\text{s}$. haciendo uso de la fórmula de Manning para canales trapezoidales.

Los coeficientes de rugosidad son $n' = 0.014$ para suelo cemento y $n'' = 0.028$ para suelo arenoso. El valor equivalente de ellos resulta igual a 0.023 utilizado en el cálculo. La pendiente adoptada es la que presenta el río en ese tramo: $s = 0.00103$.

Dique de Defensa Ribereña.

La sección para los diques de defensa es uniforme y está constituida por:

- Un terraplén de material impermeable compactado de 2 m. de espesor, y de altura variable de 7 a 7.5 m. Los taludes interior y exterior son 2.0 H:1 V. Se cimenta sobre una capa de arena compactada.

El espaldón interior se apoya en los tramos de corte, sobre el terreno natural, en los tramos en relleno sobre un terraplén compactado de material in situ; en ambos casos el talud es 2.0 H: 1 V.

- Una capa de grava graduada (filtro) de 0.5 m. de espesor colocada sobre el terraplén de material impermeable. En el pie del talud se ha previsto un talón de 1 m. de alto por 0.5 m. de ancho.

- Una losa de concreto armado de 0.1 m. de espesor apoyada sobre el filtro descrito anteriormente.

- Tablaestacado con pilotes de concreto armado de 0.25 x 0.5 m. de sección transversal y de 5.0 m. de longitud, hincados unos a continuación de otros, como elementos de protección del Forland contra la socavación del pie del talud. Se ha previsto hincar los sobresalientes a 1.0 m. del terreno natural. Esta disposición permite una socavación instantánea del orden de 2.0 m. desde el nivel del cauce, sin peligro de colapso de la estructura.

Solución Urbanística de las Riberas.

Aprovechando la defensa de la ribera del río Piura se hace imperativo, para realizar la integración de conjunto. Vale decir crear la solución arquitectónica paisajista aprovechando los espacios urbanos que el encauzamiento ha dejado libre y que permite la solución prioritaria de circulación vial, peatonal y de áreas verdes como complemento.

3.6 CARACTERÍSTICAS DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA CIUDAD DE PIURA.

A continuación se presentan las principales características generales de los suelos de la ciudad de Piura. Estas han sido obtenidas de diversas fuentes de información, así como de trabajos de exploración de suelos y ensayos de campo y laboratorio efectuados que han servido para la realización del presente estudio.

3.6.1 Recopilación de Estudios de Suelos.

Para una zona urbana como la ciudad de Piura, los estudios geotécnicos son realizados por los Laboratorios de Suelos para el desarrollo de proyectos de ingeniería civil.

A lo largo de los años se han ido acumulando estos datos en diferentes laboratorios. Por lo tanto se procedió a revisar y recopilar esta información que proporcionó la UDEP, CORPIURA y el PROYECTO CHIRA-PIURA, entre otros. Además se realizaron varias calicatas adicionales con la colaboración del equipo del laboratorio de la Facultad de Geología de la UNP y del Laboratorio de Geodinámica de la CORPIURA, las cuales se excavaron hasta una profundidad promedio de 2 m.

La profundidad promedio de todas las perforaciones realizadas es de 3 m, con un máximo de 6 m.

La información está concentrada en la zona urbanizada en el área en estudio, encontrándose perforaciones más profundas, en los sitios donde existen edificaciones o estructuras de gran envergadura. Lo anterior hace evidente que no fue posible obtener una distribución de estudios uniforme en toda el área. Las calicatas adicionales se realizaron en las zonas de futura expansión urbana y se tomaron muestras representativas de una calicata por ser el material similar a otros.

Los estudios de suelos recopilados, fueron como ya se ha dicho originalmente realizados para el diseño y construcción de obras civiles. Dichos estudios están basados mayormente en SPT, un método práctico y útil que prevee cierta información

concerniente a la estratigrafía, densidad relativa y a la capacidad de carga del suelo (lámina N° 9).

3.6.2 TIPOS DE SUELOS PREDOMINANTES.

En base al análisis de los estudios de suelos recopilados y los estudios geológicos expuestos en el presente capítulo (3.2) se determinó que en general, los suelos de las ciudades de Piura y Castilla, están conformados por potentes depósitos de materiales finos de origen eólico y aluvial, predominantemente arenoso y areno-limoso. Estos depósitos presentan compacidades de sueltas a medianamente densas (formación cuaternaria), sus permeabilidades fluctúan entre semipermeables a permeables. En general presentan fácil drenaje, pero por zonas deben localizarse capas o lentes impermeables.

Por debajo de las cotas 21 a 23 m.s.n.m. se encuentra una capa arcillosa, compacta e impermeable de espesor variable de 4 a 6 m. que se extiende bajo gran parte de la ciudad, contribuyendo el límite inferior del acuífero superficial. Sobre esta capa se encuentran los sedimentos eólicos y aluviales de disposición irregular, en los que se asienta la ciudad. Dos grandes cursos aluviales de recorrido aproximadamente paralelo, han interrumpido la continuidad de estos sedimentos eólicos en la zona, que han producido a lo largo de su recorrido, erosión y sedimentación. Uno de ellos constituye el cauce actual del río Piura y el otro es un antiguo lecho que constituye una franja topográficamente baja. Dicha franja comprende a la Urb. Santa Isabel, Barrio Pachitea, Club Grau, 4 de Enero, Unidad Vecinal y asentamientos humanos en el límite sur de la ciudad.

En los sectores con predominancia de material eólico también se encuentran depósitos aluviales irregulares, de variada disposición, extensión, espesor y calidad de material. Asimismo en las zonas aluviales existen depósitos eólicos menores intercalados. La incidencia de los depósitos aluviales es mayor en la proximidad del río y en el antiguo cauce, y menor en la zona oeste de la ciudad.

La compleja intercalación de los estratos del subsuelo se debe al origen mismo de los depósitos, dadas las condiciones climáticas y topográficas de la región. La deposición eólica de arenas es un fenómeno permanente en la llanura desértica local. El régimen extremadamente irregular de las lluvias con la consecuente variabilidad de la magnitud de las ocasionales avenidas del río, explica las estratificaciones de los sedimentos aluviales que han producido la compleja interposición de los materiales.

gruesa y media, hasta materiales finos (limosos y arcillosos).

Respecto a otras observaciones de características generales de los materiales, es importante señalar que tanto el estrato inferior arcilloso como otros sedimentos aluviales de material fino, presentan una gran capacidad, que los hace prácticamente impermeable. También se identificó en algunos casos, acumulaciones de carbonato de calcio que cementaban las partículas de arena, formando concreciones, o facilitando por lo menos, una mayor agregación a los sedimentos de grano suelto. Este tipo de acumulaciones se encuentran mayormente en la margen izquierda del río Piura, donde se tipifican horizontales de color blanco.

a.) TIPOS DE SUELOS.

La recopilación de sondajes ejecutados y la realización de calicatas con el objeto de complementar el conocimiento de las condiciones de subsuelo en la zona urbana y futuras áreas de expansión, ha permitido evaluar los tipos de suelos predominantes e identificarlos en 6 zonas de similares características; lámina N° 10 .

Cabe indicar que esta zonificación es aproximada pudiendo existir dentro de la zona de mayor compacidad, áreas con baja compacidad y viceversa.

ZONA I.

Son suelos aluviales, cuyos estratos son de varias texturas. El material predominante es arenoso de grano fino con estratos intercalados de arena gruesa y estratos inferiores de materiales finos (limosos y arcillosos).

En esta zona se identifican rellenos antiguos compactos GC/SC y SC. Otros de arena y escombros de baja compacidad en los cuales se encuentra el nivel freático (zona norte).

El estrato superior mayormente está formado por arenas finas limosas sueltas y saturadas de baja densidad.

También se encuentran subyaciendo a estratos arenosos, estratos de arcilla de color marrón claro, lo cual por encontrarse embebida en las aguas subterráneas se encuentra en estado de saturación y preconsolidada.

Las permeabilidades de los estratos arenosos y areno-limosos fluctúan entre semipermeables a permeables, siendo los suelos de la margen izquierda más semipermeables que los de la margen derecha.

Algunos ensayos de SPT indican la presencia de arenas de baja densidad. El tipo de suelos y las condiciones de saturación presentes en el terreno estudiado indica que el estrato comprendido entre 2 y 4 m. de profundidad, constituye un estrato con riesgo de licuación ante cargas sísmicas.

ZONA II.

Por lo general hacia el sector sureste esta zona, el subsuelo consiste de arena fina (espesor: 2 a 6 m.) con intercalaciones de arena gruesa. La humedad de este material aumenta con la profundidad presentando manchas negras, óxidos y materia orgánica.

La exploración de campo ha permitido determinar la baja compacidad de estos suelos, el nivel freático es cercano a la superficie del suelo, observándose afloramientos de agua, especialmente en el sector cercano a la laguna negra. Esta zona fue antigua laguna de oxidación.

Por debajo de los 6.0 m. se ubican estratos arcillosos (espesor promedio: 2.0 m.), con intercalaciones de arena fina.

ZONA III.

Esta zona está cubierta por una capa de antiguo afirmado gravo-arcilloso, seguido de un depósito de arenas finas limosas.

El nivel freático se encuentra a poca profundidad.

Los ensayos de penetración estándar demuestran que el suelo es del tipo SP de regular a baja compacidad.

A profundidades mayores (3 a 4 m.) se encuentran estratos casi horizontales de arcilla con acumulaciones calcáreas.

ZONA IV.

Generalmente en la superficie se encuentran arenas limosas de regular compacidad seguidas de estratos de arena SP de regular compacidad y arenas de grano grueso.

En los niveles más bajos se encuentran estratos de arena fina con intercalaciones de arcilla, de espesor promedio de 1 a 1.5 m.. A mayor profundidad se encuentran acumulaciones calcáreas. El nivel freático es profundo.

Los ensayos de SPT a la profundidad de 3 m. indican un suelo medio denso.

ZONA V.

Superficialmente hay estratos de arena suelta de grano medio a fino SP, seguido de estratos arenosos y en estado de densificación media.

Hacia el sector Oeste, en Piura, se encuentran estratos superficiales compuestos de arenas arcillosas de mediana compacidad y arenas limosas.

Hacia el norte y noroeste de Piura, y en la zona de Castilla se identifican capas superficiales de arena fina con $N=10$ en algunos sondajes a una profundidad menor de 1.5 m. Esto indica depósitos de arena muy sueltos y no deberían utilizarse como terreno de fundación para las cimentaciones de las viviendas, puesto que al encontrarse en estado suelto, no presentan buenas características mecánicas.

Subyaciendo a este estrato se encuentra una capa de arena gruesa arcillosa o arena limosa medianamente densas.

Algunos resultados químicos indican bajo contenido de sales presentes, lo cual indica un mínimo ataque corrosivo del suelo de fundación que interaccionaría con el plano de cimentación, por ello el empleo de cemento I no causaría problemas en la construcción de las cimentaciones.

Hasta la profundidad investigada (6.0 m.) no se detectó nivel freático.

ZONA VI.

El subsuelo consiste de arcillas compactas cubiertas de una capa constituida de arenas limosas, la cual presenta una densidad mediana.

Los valores del número N de golpes del ensayo SPT manifiesta la presencia de dichas arenas, medianamente densas hasta 3 a 4 m. ($N < 30$) y densas en adelante ($N < 50$).

La litología y distribución continua de este suelo corresponden a areniscas, limolitas y lutitas arcillosas, que dan suelos residuales de resistencia mediana.

No se detectó un nivel freático, hasta la profundidad investigada (6.0 m.).

En la lámina N° 11 se presentan los cortes longitudinales para conocer la estratificación del subsuelo.

PERFILES ESTRATIGRAFICOS. (Lámina N° 12).

CORTE C-C': La sección de la figura N° 1 atravieza la ciudad de Oeste a Este a lo largo de las avenidas Grau y Ramón Castilla, este corte identifica claramente el material arcilloso inferior, parcialmente erosionado en los 2 cursos aluviales. Igualmente se observa la predominancia de depósitos aluviales en la proximidad de dichos cursos.

CORTE B-B': la sección de la figura N° 2 atravieza el distrito de Piura aproximadamente de Norte a Sur y se quiebra hacia el Sur-Oeste pasando por la Laguna Negra. Se observa un corte longitudinal del

antiguo lecho del río Piura, en donde se aprecia la erosión irregular producida en la capa arcillosa inferior debido a la sinusoidal y pendiente que tuvo la corriente aluvial. Se aprecia cierta predominancia de sedimentos aluviales gruesos en la parte Norte y Central, y de materiales aluviales más finos en la parte urbana y eriaza, al Sur. La zona de la Laguna Negra se asienta sobre dunas de arena fina.

CORTE A-A': corta a la localidad de Castilla de Norte a Sur. Superficialmente se encuentran estratos de material grueso y fino, subyaciendo potentes estratos de arcilla (Fig. 12).

CORTE D-D' y E-E': en la Fig. 13 se han hecho estos cortes, cuyo perfil estratigráfico nos muestra suelos del tipo SP en estado suelto a medianamente denso.

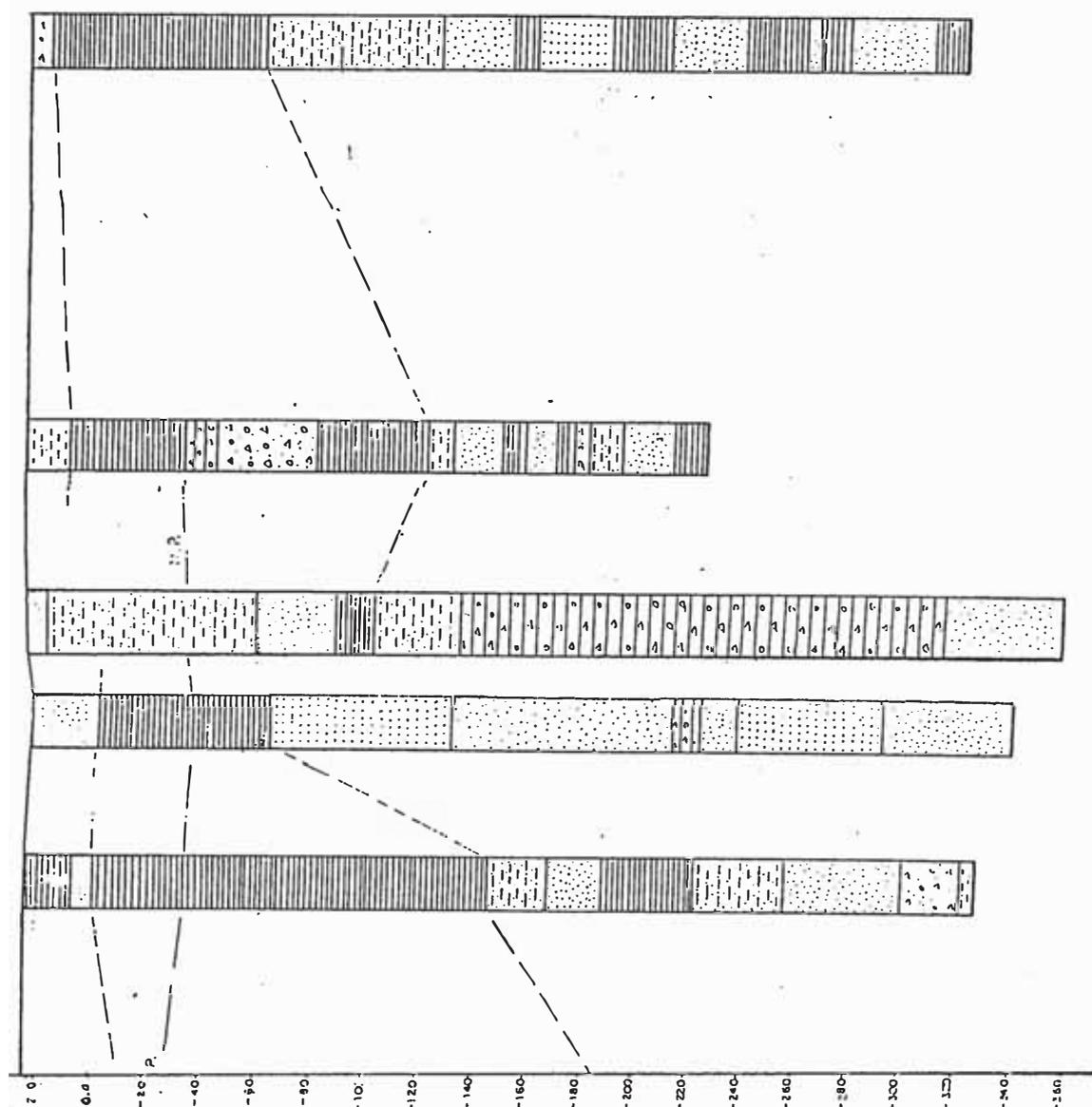
b.) ESTUDIOS DE SUELOS DEL CAUCE DEL RIO PIURA.

El cauce del río Piura presenta dos tipos de suelos: los constituídos por arenas y arenas limosas en estado muy suelto a semidenso (formación cuaternaria) y los suelos limosos arcillosos, preconsolidados, cementados que conforman limolitas y lutitas, rocas blandas de la formación Zapallal (terciaria)(lámina N° 3).

Las arenas cubren la formación Zapallal constituyendo actualmente el lecho del río conformando las riberas hasta el nivel de construcción de las edificaciones; en muchos casos, las depresiones y niveles bajos de estas riberas han sido rellenados con desperdicios de desmontes de construcción, basuras y en otros con terraplenes compactados a semicompactados.

Los ensayos ejecutados en muestras obtenidas de calicatas, penetración estándar (SPT), Shelby, han dado los siguientes valores:

- Granulometría mal distribuída con predominio de arenas finas; porcentaje que pasa la malla 200, entre 3 % y 29 %.
- Diámetro medio D_{50} es de 0.160 mm.
- Coeficiente de uniformidad promedio 10.54.
- Densidades secas fluctúan entre 1.28 gr/cm^3 con una media de 1.53 gr/cm^3 .



LEYENDA

SIMBOLOGIA	INTERPRETACION HIDROGEOLOGICA	DESCRIPCION LITOLOGICA
	MATERIAL GRUESO MUY PERMEABLE	ARENA GRANO GRUE SO CON GUILLAROS Y GRAVA
	MATERIAL FINO PERMEABLE	ARENA BRANCO FINO
	MATERIAL MUY FINO POCO PERMEABLE	ARCILLA ARENOSA
	MATERIAL SEMICOM SOLIDADO MUY POCO PERMEABLE	ARCILLA CON ARENISCAS JABAS
	MATERIAL COMPACTO IMPERMEABLE	ARCILLA

Escala de las Ejes
 Horizontal 1/ 50,000
 Vertical 1/ 2,000
 Perfil V 1/ 1,000

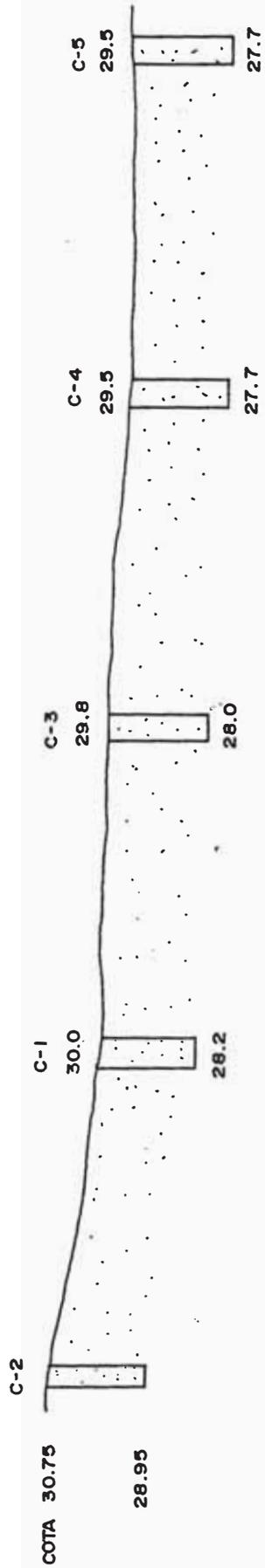
CORTE AA

FIG N° 12

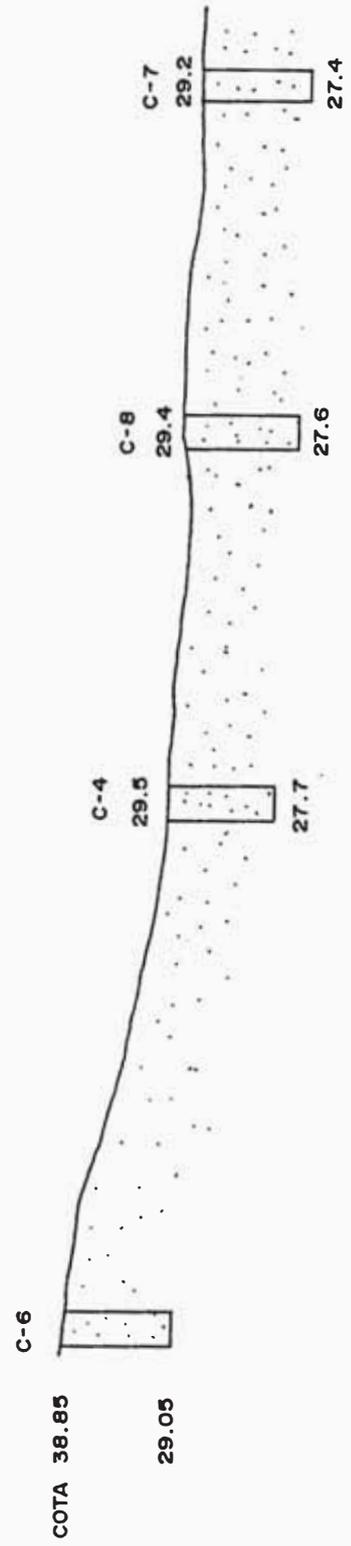
PERFIL ESTRATIGRAFICO - CASTILLA

PERFILES ESTRATIGRAFICOS

A.P.V. LOURDES



SECCION DD



SECCION EE'

FIGURA N° 13

- Generalmente los materiales no tienen plasticidad.
- Permeabilidad varía de 10^{-2} a 10^{-4} cm/seg.
- Los valores de su densidad máxima varía entre 1.59 a 1.63 gr/cm³ y su mínima entre 1.3 a 1.68 gr/cm³.
- La compactación relativa de estos materiales es de suelta a muy suelta y su ángulo de fricción interna varía de 17° a 22°.

- PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS.

Las características de los materiales del cauce del río Piura son las siguientes:

a) Limos y Arcillas Compactas (Formación Zapallal).-

Encontrada en los 5 tramos de estudio, debajo del relleno fluvial a profundidades variables, aflorando en el tramo I, cerca al Puente Sánchez Cerro.

El material está conformado por una secuencia de limos y arcillas cementados de coloración gris verdosa (al estado húmedo) y parduzcas (al estado seco) intercaladas con arenas medias y finas limosas cementadas. El espesor de estos estratos es variable desde 0.10 a 2.0 m. El material es preconsolidado, resistente, impermeable, presenta niveles de oxidación ferrosos.

Estos suelos son de consistencia dura a muy dura presentando tramos altos de SPT desde el Puente Piura hacia aguas arriba.

Presentan valores de baja plasticidad (índices varían de 10 a 35) debido a la mayor presencia de limolitas.

Su grado de saturación fluctúan entre 95 y 100 % lo que indican que casi están saturadas.

b) Arenas del Relleno Fluvial.

Inmediatamente encima de la formación Zapallal y en los tramos en estudio se encuentra un relleno fluvial suelto, predominantemente arenoso, areno-limoso con vestigios de arcilla y aislados restos de ladrillos, palos y materia orgánica localizados

generalmente cerca a rellenos de basurales antiguos. La potencia de este material fluctúa entre 1 a 5 m. siendo mayor en la margen derecha de la ribera.

El material está clasificado como unas arenas pobremente graduadas (SP) hasta arenas limosas (SM) siendo casi en su mayoría arenas pobremente graduadas con pocos finos no cohesivos (SP-SM), el predominio es de arenas finas eólicas y el porcentaje máximo de material fino es de 20 %, siendo el mínimo de 3 %. Los ensayos de penetración estándar indican que los materiales son muy sueltos a sueltos, a lo que corresponden ángulos de fricción interna entre 17° y 22° con esporádicos valores entre 26° y 28°.

La ribera que corresponde a la ciudad de Piura (margen derecha tramo III, IV y V) está conformada por material predominantemente areno-limoso, con los rellenos más bajos, rellenos de escombros de construcción y basurales y capa superior densa más arcillosa. El porcentaje de finos varía de 4 a 47 % existiendo mayor porcentaje de arena fina eólica. Sus humedades naturales varían de 5 % a 40 % y sus densidades secas de 1.5 a 1.72 gr/cm³, exceptuando dos niveles arenosos turbosos con densidades de 1.28 a 1.40 gr/cm³. Mayormente el material se encuentra con menos del 90 % de compactación por lo que su estado es de medianamente denso a flojo.

La ribera de la margen izquierda que corresponde a la ciudad de Castilla (tramo I y II), está conformada por materiales areno-limosos y limos-arenosos, casi carentes de desperdicios y basurales; el porcentaje de finos fluctúa de 4 a 76 %; sus humedades naturales de 2.5 a 27.2 % y sus densidades secas entre 1.47 a 1.8 gr/cm³

3.6.3 INCIDENCIA DE LAS LLUVIAS DE 1983 EN LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE PIURA.

Es necesario mencionar que todos los terrenos arenosos de las zonas altas han sufrido un proceso de compactación debido a las lluvias ocurridas en 1983, lo que mejora la condición de densidad relativa.

En cambio en zonas depresionadas, sin posibilidades de drenaje se han presentado casos en los que los suelos han sufrido asentamientos hasta de

aproximadamente 4", como es el caso del hundimiento de las gradas del Presbítero. Estas fallas tienen su origen en el último período pluvial que soportó Piura. Las lluvias ocurridas originaron una elevación del nivel freático; esto dió lugar a una disminución de su capacidad portante, lo que corrobora en los hundimientos existentes.

Después de acabado el fenómeno pluvial al bajar el nivel de la napa freática, transporta consigo partículas finas que modifica la estructura del suelo contribuyendo a su pérdida de compacidad, lo que origina el aumento de las fallas existentes en las edificaciones.

3.7 ANALISIS DE DEFORMACION POR SISMOS.

3.7.1 LICUACION COMO POTENCIAL DE RIESGO.

En la ciudad de Piura y Castilla hay zonas donde los suelos son arenosos, de baja densidad relativa y donde la napa freática es cercana a la superficie del suelo, siendo susceptible a sufrir el fenómeno de licuación ante la ocurrencia de un sismo de intensidad VII y VIII MM.

El término licuación describe el fenómeno según el cual un suelo no cohesivo suelto y saturado, pierde su capacidad de resistencia al corte durante un sismo y adopta las características de un fluido.

Los sondajes son ensayos de penetración estándar, revelan valores de N menores de 4, con una profundidad de la napa freática por debajo de los 3 m.; en otros casos los valores de N fluctúan entre 4 y 10 y el nivel freático se encuentra a menos de 5.0 m. de profundidad.

Es evidente que estos suelos tienen todas las condiciones potenciales para inducir serios efectos locales.

- EXPLICACION DEL FENOMENO.

Las licuación es un fenómeno que produce grandes daños durante terremotos. Por historia sísmica de Piura, se conocen algunas ocurrencias del fenómeno de licuación de suelos en pequeña escala en los eventos del 20-08-1857 y 24-07-1912, del

orden de VIII a IX MM. Ambos fueron destructores; en el primero de ellos se produjeron grietas con emanación de aguas negras; Piura en esa época no tenía edificaciones grandes, pero en la actualidad un sismo de esa intensidad sería catastrófico al producirse asentamientos de éstas en el suelo sobre el que se cimienta. En el otro destacaron las manifestaciones de efectos locales de licuación en el lecho seco (estiaje) del río Piura.

La licuación es un fenómeno observado en arenas saturadas y sin drenaje, tal es el caso de algunas zonas de la ciudad de Piura, el cual se produce debido a que independientemente de su densidad relativa, éstas tratan de compactarse ante una sollicitación dinámica y al no poder reducir su volumen, por no existir drenaje, se origina un incremento de presión intersticial que eventualmente iguala a la presión de confinamiento, anulándose la presión efectiva de tal forma que se provocan grandes deformaciones.

La resistencia al corte de las arenas definidas por:

Según la teoría de Coulomb, muestra lo anteriormente dicho. La anulación de la presión efectiva hace que el suelo no presente ninguna resistencia al esfuerzo cortante provocado por un sismo. Cuando se alcanza la presión efectiva nula, se inicia el proceso de deformación y dependiendo de la densidad del suelo, puede producirse una dilatación de éste que disminuya un poco la presión intersticial. En suelos pocos densos no puede producirse una dilatación, lo que hace que este tipo de suelos fluyan (este es el fenómeno de licuación propiamente dicho).

En resumen, la licuación es una pérdida importante de resistencia debido a las sollicitaciones dinámicas, lo que produce que el suelo fluya hasta encontrar una configuración compatible con su pequeña resistencia. El fenómeno puede producirse en arcillas sensitivas y en arenas sueltas.

3.7.1.1 EVALUACION PRELIMINAR DEL POTENCIAL DE LICUACION DE SUELOS POR ACCION SISMICA.

Por ser la densidad del suelo uno de los factores más importantes que controlan el fenómeno de licuación de suelos, han sido desarrollados procedimientos empíricos aproximados en zonas específicas con características de suelos, nivel freático y actividad sísmica propias, pero que aplicado a los suelos de la ciudad de Piura, nos da un índice del potencial de licuación, el cual puede reafirmar las conclusiones que se puedan obtener al respecto, si se consideran las características geotécnicas.

a.) VARIACIONES DEL VALOR DE "N" EN EL AREA DE ESTUDIO.

Los valores de penetración obtenidos en la SPT permite:

- Determinar, clasificar y estimar la capacidad de carga para el diseño de cimentaciones.
- Mide la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.
- Es de gran ayuda para estimaciones generales de las propiedades, pero éstas deben reforzarse con los métodos propios del campo experimental de la dinámica de suelos.

Al analizar los valores obtenidos en las diversas perforaciones se determinó que en la ciudad de Piura se encuentran suelos con las siguientes categorías:

$N \leq 10$: Suelos superficiales muy sueltos o blandos.

$10 < N \leq 50$: Suelos entre semidensos y compactos.

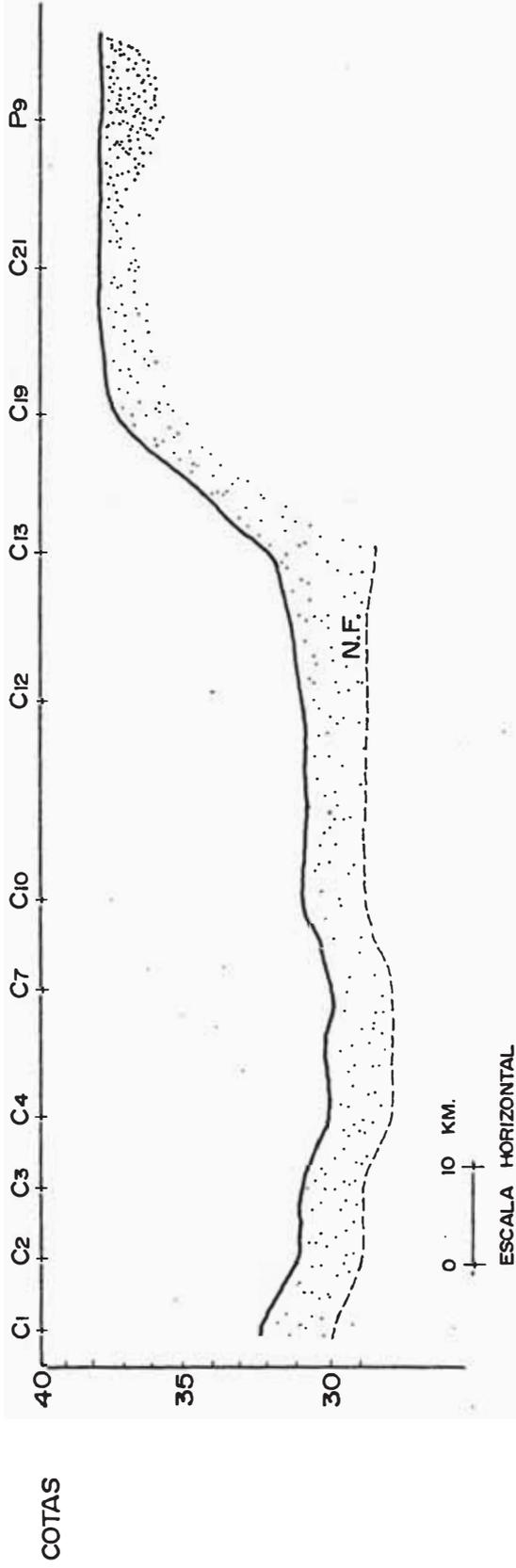
En la Figura N° 14 muestra un perfil estratigráfico de acuerdo al valor "N".

b.) VALOR CRITICO DE "N"

Para determinar la posibilidad de ocurrencia de licuación, se ha utilizado una expresión reglamento de diseño antisísmico de China donde se especifica un valor crítico de "N" bajo el cual se produciría licuación.

$$N_{\text{crítico}} = I_s(1+0.125(d_s-3)-0.05(d_a-2))$$

PERFIL ESTRATIGRAFICO J-J DE ACUERDO AL VALOR "N"



ZONAS DONDE PREDOMINAN SUELOS EN ESTADO	N
SUELTO	$N < 10$
MEDIANAMENTE DENSO	$10 \leq N \leq 30$

FIGURA N° 14

De donde:

d_s : Profundidad del estrato arenoso cuyo potencial de licuación se considere, en metros.

d_a : Profundidad del nivel freático, en metros.

I_s : Índice de intensidad sísmica (tabla N° 1).

Tabla N° 1

INTENSIDAD E INDICE DE INTENSIDAD SISMICA

Indice de Intensidad Sísmica				
Intensidad (MM)	—	VII	VIII	IX
I_s	—	6	10	16

Las variaciones incluidas en dicha expresión son determinadas en base a sondajes realizados con ensayos de penetración estándar, la napa freática puede variar por efecto de capilaridad, precipitaciones o aumento del nivel del río, existiendo en muchas zonas dicho nivel cercano a escasos metros de la superficie del suelo y en otras produciendo afloramientos (terrenos cercanos a la laguna negra, sector sur y suroeste de Piura).

Es posible encontrar también cierta cantidad de agua atrapada por las condiciones del material y escasa pendiente. La presencia de estos bolsones de agua en un depósito de suelo puede ocasionar problemas de estabilidad de las edificaciones que se construyen sobre el. La gravedad del problema dependerá además de las dimensiones de los bolsones de agua, del tipo de estructuras que se construyen, ya que el efecto del estrato saturado consistirá en producir graves asentamientos en las estructuras; por último en la ciudad de

Piura se han alcanzado intensidades sísmicas de VIII MM. lo que implica daños considerables.

Conocida la profundidad del nivel freático y establecido el nivel de intensidad sísmica a considerar, la ecuación define una relación entre el valor de "N" crítico y la profundidad de los estratos a considerar.

Para definir el potencial de licuación de un estrato en un depósito de suelo que cumple las condiciones que llevaron a definir la ecuación basta conocer:

- Profundidad del estrato analizado.
- Densidad "in situ" del suelo (valor "N" de la SPT).

En general se puede decir que debido al incremento de la elevación del nivel freático causado por el fenómeno pluvial de 1983, éste se mantendría por mucho tiempo y si es que ocurre un fuerte sismo, esas arenas pueden tener problemas y peor aún estando saturadas y además la presencia de los bolsones de agua, constituyen un peligro.

Se puede concluir que existe peligro de licuación a gran escala en la zona urbana de Piura y Castilla pero este peligro sería mayor, si la napa freática se encuentra a poca profundidad y el estado de densidad del suelo es menor que en las profundidades analizadas anteriormente.

C.) COMPARACION DE LOS VALORES DE SPT REGISTRADOS "N", CON LOS VALORES CRITICOS $N_{\text{crítico}}$

En los cuadros N° 5 y 6 , se hace una comparación de los valores de SPT registrados de los diferentes lugares de la ciudad de Piura, con los valores críticos que han sido obtenidos de la ecuación anterior, para sismos de intensidades sísmicas de VII y VIII MM.. Se puede ver que muchos valores de N son significativamente más bajos que los $N_{\text{críticos}}$

Cuadro N° 5
Valor Crítico de "N"
 Índice de Intensidad Sísmica (MM): $I_s: 6$ (VII)

Ubicación de sondaje	d_a	d_s	N_c	N	Licuaación
1. Los Ejidos	2.6	3.0	6	9	No
2. Local diario Correo	2.4	1.0	5	18	No
3. Centro Cult. PUIHRA	2.55	2.75	6	2	Si
4. Tienda Com. El Bosque	2.0	1.3	5	14	No
5. Tienda Com. El Bosque	1.85	2.3	6	1	Si
6. Tienda Com. El Bosque	2.0	2.05	5	9	No
7. Tienda Com. El Bosque	2.0	2.7	6	1	Si
8. Edificio Tangarará	2.8	3.1	6	1	Si
9. Edificio Tangarará	1.75	2.1	5	1	Si
10. Edificio Tangarará	1.75	2.6	6	1	Si
11. Palacio de Justicia	4.2	3.3	6	8	No
12. Palacio de Justicia	4.1	6.2	8	11	No
13. Palacio de Justicia	4.2	2.4	5	8	No
14. Palacio de Justicia	4.2	2.2	5	8	No
15. Urb. El Chipe	5.3	1.0	4	9	No
16. Bco. Reg. del Norte	4.25	4.5	7	3	Si
17. Bco. Reg. del Norte	4.25	2.55	5	8	No
18. Bco. Reg. del Norte	4.25	5.1	7	21	No
19. Registros Públicos	3.4	2.0	5	4	Si
20. Registros Públicos	1.3	2.2	6	2	Si
21. Urb. Los Jardines	2.3	1.5	5	5	Probable

Cuadro N° 6
Valor Crítico de "N"
 Índice de Intensidad Sísmica (MM): $I_s:10$ (VIII)

Ubicación de sondaje	d_a	d_s	N_c	N	Licuaación
1. Los Ejidos	2.6	3.0	10	9	Si
2. Local Diario Correo	2.4	1.0	7	18	No
3. Centro Cult. PUIHR	2.55	2.75	9	2	Si
4. Tienda Com. El Bosque	2.0	1.3	8	14	No
Tienda Com. El Bosque	1.85	2.3	9	1	Si
Tienda Com. El Bosque	2.0	2.05	9	9	Probable
Tienda Com. El Bosque	2.0	2.7	10	1	Si
5. Edificio Tangarará	2.8	3.1	10	1	Si
Edificio Tangarará	1.75	2.1	9	1	Si
Edificio Tangarará	1.75	2.6	10	1	Si
6. Palacio de Justicia	4.2	3.3	9	8	Si
Palacio de Justicia	4.1	6.2	13	11	Si
Palacio de Justicia	4.2	2.4	8	8	Probable
Palacio de Justicia	4.2	2.2	8	8	Probable
7. Urb. El Chipe	5.3	1.0	6	9	No
8. Bco. Reg. del Norte	4.25	4.5	11	3	Si
Bco. Reg. del Norte	4.25	2.55	8	8	Si
Bco. Reg. del Norte	4.25	5.1	12	21	No
9. Registros Públicos	3.4	2.0	8	4	Si
Registros Públicos	1.3	2.2	9	2	Si
Registros Públicos	1.3	1.2	8	8	Si
Registros Públicos	2.4	1.5	8	8	Probable
Registros Públicos	2.0	1.5	8	7	Si
Registros Públicos	1.8	1.45	8	8	Probable
Registros Públicos	2.0	1.4	8	8	Probable
Registros Públicos	2.1	1.5	8	8	Probable
Registros Públicos	2.1	1.4	8	8	Probable
Registros Públicos	2.3	1.4	8	8	Probable
Registros Públicos	2.0	1.5	8	8	Probable
Registros Públicos	2.3	1.5	8	5	Si

Los valores de $N_{\text{críticos}}$ son en promedio de 6 y 9 para sismos de intensidades de VII y VIII MM., respectivamente, y los estratos comprendidos entre 2.0 y 5.0 metros de profundidad, constituyen estratos con riesgo de licuación ante cargas sísmicas.

d.) IDENTIFICACION DE AREAS SUSCEPTIBLES AL FENOMENO DE LICUACION DE SUELOS.

El análisis de la influencia de las condiciones locales del suelo con respecto a daños principalmente al efecto de las vibraciones requiere de un conocimiento de complejas interrelaciones entre las características físicas y mecánicas propias de cada tipo de suelo, profundidad o potencia de los estratos, posición del nivel freático, amplitud del movimiento sísmico, características de los factores de frecuencia en estos movimientos y detalles estructurales de las edificaciones.

Con respecto a deformación del suelo por efecto del sismo, para el caso de la ciudad de Piura y tratándose de suelos no cohesivos uniformes, existe como se ha dicho anteriormente, la posibilidad de licuación, tomando en cuenta la densidad relativa, posición del nivel freático y la distribución granulométrica de las partículas. Además de los resultados obtenidos del cuadro N° 5 y 6, en el área de estudio se han encontrado condiciones críticas (tipo de suelo: SP, SP/ML y las condiciones de saturación presentes en el terreno) que puedan originar estos fenómenos de licuación ante un sismo de gran intensidad. Es así que se ha podido identificar en ciertas zonas ,tanto en Piura como en Castilla mostradas en la lámina N° 13.

En el cauce y riberas del río Piura.

Los suelos naturales para la cimentación de las defensas en los tramos del cuartel Reyna Farje y el Puente Bolognesi se encontraban suelos saturados a ligeramente densos en profundidad mezclados con relleno de antiguas defensas y/o desmonte proveniente de la erosión de avenidas antiguas y recientes que los hacen muy erráticos. Estos sedimentos

descansan sobre rocas preconsolidadas del terciario de la formación Zapayal cuya característica es su resistencia mayor que 20 N/cm^2 , sin embargo su litología y distribución discontinuas corresponden a areniscas, limolitas y lutitas arcillosas que dan suelos residuales de resistencia parecidos a los sedimentos fluviales más antiguos.

La carga máxima admisible del suelo se estimó un máximo y un mínimo de 5 N/cm^2 , correspondiente a un mínimo de penetración estándar con número de golpes con N menor o igual que 10, y con densidad relativa (D_r), menor o igual que 25 %.

Es evidente que el suelo y subsuelo encima de la formación Zapayal tiene todas las condiciones potenciales sísmicas para inducir serios efectos locales.

Durante la construcción de las obras ribereñas, se comprobó en muchas excavaciones que el suelo inestable surge como una sopa espesa en la que no es posible bajar el nivel de la napa freática, cautivada por las características del suelo fino sobresaturado con poca permeabilidad y gradiente pequeña, lo que imposibilita cualquier tipo de drenaje por gravedad; aumentando el potencial de licuación.

Los estudios de prospecciones sísmicas (DEZA 1983) dan valores promedio de velocidades longitudinales $V_p/V_s=1.81$ que corresponden a arenas sueltas y saturadas con un coeficiente dinámico de Poisson de 0.28, valores parecidos a los suelos residuales de la formación Zapayal.

3.8 MICROZONIFICACION DEL POTENCIAL DE PELIGRO DE LA CIUDAD DE PIURA.

La superposición de los Mapas de : inundaciones, tipos de suelos predominantes y de efectos locales por sismos, permite obtener el plano de microzonificación del potencial de peligro, en el cual se identifican las zonas amenazadas por licuación de suelos, por acción sísmica y lluvias torrenciales (lámina N° 14); estas son:

- Zona I, de peligro muy alto.
- Zona II, de peligro alto.

- Zona III, de peligro moderado.
- Zona IV, de peligro bajo.

ZONA I:

Esta es una zona de muy alto peligro pues está expuesta a sismos e inundaciones.

Por el tipo de suelo (arenoso, de baja densidad) y las condiciones de saturación presentes en el terreno, indican que a una profundidad promedio de 2 a 4 metros constituyen estratos con posibilidad de ocurrencia del fenómeno de licuación ante movimientos sísmicos de intensidad VII MM.

Esta zona se caracteriza por su topografía, siendo por lo tanto, altamente inundable ante la posibilidad de presentarse el fenómeno "El Niño".

ZONA II:

Esta es una zona altamente peligrosa. Hacia el sector Norte existe la posibilidad de producirse el fenómeno de licuación, ante la acción de un sismo severo de intensidad VIII MM.

Estos terrenos se encuentran topográficamente más bajos en relación a otros sectores de la ciudad, por lo tanto, está expuesta a sufrir inundaciones.

ZONA III:

Esta zona presenta un peligro moderado, constituyen áreas inundables en caso de presentarse un fenómeno "El Niño" similar al ocurrido en 1983. Se caracteriza por su topografía baja, cuyas curvas de nivel se encuentran por debajo de la cota 30 m.s.n.m.

No se tiene información necesaria para determinar el estado de compacidad del suelo, pero los trabajos de campo han permitido encontrar condiciones críticas que puedan originar fenómenos de licuación pues el subsuelo mayormente está formado por depósitos

de arenas finas sueltas a muy sueltas con nivel freático alto observándose afloramientos de agua en el sector sur de Piura.

ZONA IV:

Zona de bajo peligro. Se caracteriza por su topografía suave, más alta con respecto al resto de la ciudad, con diversos desniveles de 1 a 2 metros de profundidad, donde se extrae material para la fabricación de ladrillos, y por presentar mejores condiciones de suelos. El nivel freático se encuentra a mayor profundidad.

Como puede verse, el plano de microzonificación (lámina N° 14) suma los planos de peligros de los fenómenos naturales más frecuentes de la zona estudiada (efectos locales por futuros sismos intensos y fenómeno de "El Niño").

Un significativo porcentaje de áreas no solamente están expuestas a la acción de fenómenos geodinámicos internos (sismos) y geodinámico externa (inundación), sino también teniendo en cuenta el notable incremento demográfico.

La ciudad va siendo cada vez más densa, la cual ofrece por sus características de desarrollo físico, y su tipología, estructuración de edificaciones e infraestructura, un alto grado de vulnerabilidad; por lo tanto en la ciudad de Piura existe un riesgo potencial frente a los desastres naturales.

CAPITULO IV

ESTRUCTURA URBANA Y VULNERABILIDAD PRELIMINAR DE LA CIUDAD DE PIURA

4.1 ETAPAS DEL CRECIMIENTO HISTORICO DE LA CIUDAD DE PIURA.

En la evolución histórica de Piura y Castilla, se consideran varias etapas de su formación, atendiendo a las características más sobresalientes como son la dirección y sentido de su expansión y la consolidación de su estructura urbana.

1588 - 1700: Asentamiento inicial incipiente.

1700 - 1850: Formación del casco central y expansión ribereña.

1850 - 1900: Consolidación del casco central e integración de Castilla.

1900 - 1910: Establecimiento del corredor del ferrocarril Paita-Piura.

1910 - 1920: Estructura urbana incipiente de Castilla.

1920 - 1930: Consolidación de la estructura urbana de Castilla (Tacalá).

1930 - 1940: Ruptura hacia el Noroeste del casco tradicional de Piura y expansión al Este y Sur de Castilla.

1940 - 1950: Establecimiento del corredor Oeste y saturación del casco central.

1950 - 1960: Formación marginal incipiente y expansión organizada hacia el Oeste.

1960 - 1970: Consolidación de la expansión organizada en Piura y Castilla.

1970 - 1980: Incorporación de los asentamientos humanos marginales al sistema urbano.

1980 - 1990: Asentamientos humanos en proceso de consolidación (Lámina N° 1).

Entre los elementos generadores que actuaron en diferentes épocas y que dieron la forma actual que presenta la ciudad, tenemos:

- El valle.
- El río Piura.
- El clima.
- La morfología y topografía del suelo.
- Los puentes que unen Piura y Castilla: Puente Sánchez Cerro, Piura y Bolognesi.
- Tenencia de la tierra.
- La Carretera Panamericana incentivó el crecimiento en el sentido Sureste al Noroeste.
- Aeropuerto, bases militares y laguna de aguas negras, han sido frenos superficiales para el desarrollo urbano, pero en la actualidad dichos terrenos próximos a la laguna negra, están siendo ocupados por asentamientos humanos, rompiendo de esta forma las normas del Plan Regulador.
- Vías de acceso. Desarrollo poblacional a lo largo de las avenidas principales.

4.2 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA URBANA.

Las ciudades de Piura y Castilla constituyen una sola unidad urbana cuya área actual supera las 3,000 Has. y es el centro principal del sistema urbano de la Región Grau.

La conformación física que actualmente ofrece la ciudad, puede enmarcarse gráficamente por un núcleo central seccionado por el río Piura y tres franjas en forma de corredor que se desarrollan en diferentes sentidos:

- Franja de 7.0 km. orientado hacia el Oeste, en Piura.
- Franja de 5.0 km. orientado hacia el Este, en Castilla.
- Franja de 4.0 km. orientado hacia el Sur en Castilla.

La estructura del espacio urbano es diversa, apreciándose notables diferencias en la amplitud de las vías y áreas abiertas entre lo que sucede en la parte antigua y las de reciente expansión.

Casco Antiguo.- En el casco antiguo de Piura y Castilla se presentan calles estrechas donde el tránsito vehicular es dificultoso y la ausencia de áreas libres y abiertas, apreciándose un alto índice de saturación urbana (Fotos 1 y 2).

Zonas de reciente expansión urbana.- Las zonas de reciente expansión como es el caso de urbanizaciones, se han dado en condiciones más generosas en cuanto a espacios libres con fines recreacionales, no sucediendo lo mismo con la localización espontánea de algunos asentamientos humanos que presentan una notable saturación urbana, como producto de espacios pobres y restringidos, no existiendo vías amplias y espacios libres para la recreación, siendo excepciones la Av. Grau y la Av. Progreso, que sirven como tránsito hacia el Sur y Bajo Piura. Mientras esto se dió en Castilla, en Piura los primeros pueblos jóvenes, hoy denominados asentamientos humanos, se asentaron en forma ordenada conforme al Plan Urbanístico de la Municipalidad de Piura, en 1954.

4.3 USO ACTUAL DEL SUELO.

La zonificación está normalizada a nivel de vivienda, detectándose a nivel de industrias, algunos contaminantes en el casco urbano, las cuales deben ser reubicadas para lograr un funcionamiento óptimo de la estructura orgánica de la ciudad.

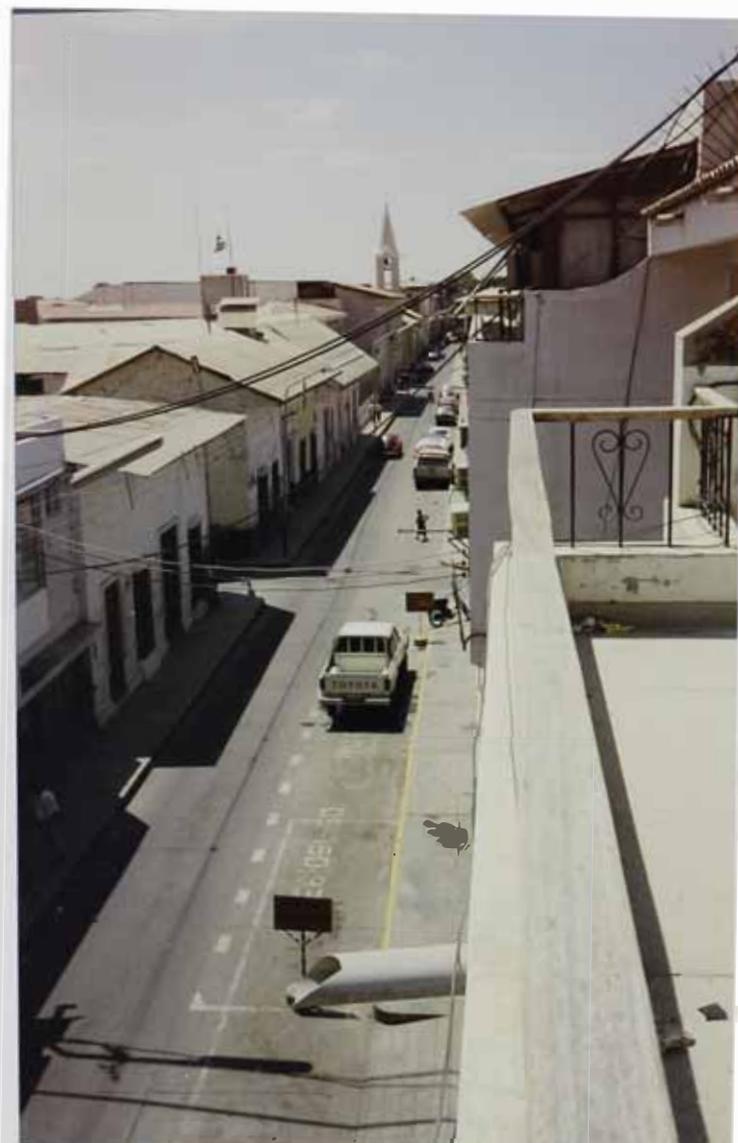
La zonificación en Piura se establece con los criterios de modificación en la estructura SOCIO-ECONOMICA, diversificadas en las formas de vida residenciales manifestadas principalmente por el abandono de formas unifamiliares y tendiendo hacia las formas multifamiliares. (Lámina N° 2).

ZONA RESIDENCIAL.

Actualmente se dan tres tipos de áreas residenciales, distribuidas de acuerdo a criterios físicos y socio-económicos.



FOTO N° 1



Vistas de las calles Arequipa y Lima en Fotos N° 1 y 2, respectivamente, del casco urbano central. Se aprecian sus vías estrechas y viviendas antiguas, algunas de ellas en mal estado (esquina de Arequipa y Av. Grau, en Foto N° 1).

FOTO N° 2

1.- Zona Residencial de Alta Densidad.

Consideradas como áreas de gran concentración poblacional con una densidad comprendida entre 240-810 hab./Ha. bruta; las formas de uso son del tipo multifamiliar R_5 , esto es mediante el uso social del suelo. Este tipo de zonificación se da en agrupamientos como la Unidad Vecinal, Miguel Garu, Angamos y en forma individual en edificios dispersos en la ciudad, dándose también gran concentración poblacional pero en forma espontánea; en Castilla debida a la excesiva subdivisión de la propiedad, es decir, en la sobre saturación horizontal de las áreas inmediatas a los ejes y centros de interés urbano.

2.- Zona Residencial de Media Densidad.

Consideradas como áreas de mediana concentración poblacional, cuyas densidades fluctúan normativamente entre 160-240 hab./Ha. bruta; las formas de uso son del tipo unifamiliar R_3 , R_4 y bifamiliar R_4 .

Esta es la forma de distribución del suelo, que más se ajusta a la realidad socio-económica de la ciudad.

3.- Zona Residencial de Baja Densidad.

Consideradas como área de poca concentración poblacional, cuyas densidades fluctúan entre 60-110 hab./Ha. bruta.

Las formas de uso son de tipo unifamiliar R_2 , R_1 , dadas generalmente en grupos poblacionales económicamente altos, cuya densidad del suelo se determina por la presencia de bosques de algarrobo; este tipo de áreas se ubican en las urbanizaciones San Eduardo, Grau, 4 de Enero, Caminatti, y Miraflores en Piura y Castilla, respectivamente.

ZONA COMERCIAL.

En la ciudad de Piura se dan dos niveles de comercialización, estos son de tipo central-regional, y local, que originan cinco tipos de áreas comerciales.

1.- Zona de Comercio Especializado.

La localización de esta actividad se da en la margen norte de la Av. Sánchez Cerro en Piura y Progreso en Castilla, siendo una actividad comercial industrial que no se considera molesta o peligrosa. Esta actividad está caracterizada por su naturaleza agroindustrial de transformación primaria, siendo ésta depósito de materias primas o talleres de servicio técnico y venta de repuestos para la actividad industrial.

2.- Zona de Centro Comercial Metropolitano.

En la ciudad de Piura el centro comercial metropolitano, es el conformado por la actual área de comercio central urbano. Se ubica en las inmediaciones de la Plaza de Armas a través de establecimientos que por su importancia y localización responden a las necesidades y a los recursos de la región metropolitana de Piura y Castilla y su región, incluyendo la mayoría de servicios comerciales.

3.- Zona de Comercio Intensivo.

Actualmente Piura soporta esta actividad únicamente en el Mercado Modelo, siendo ésta una actividad de volumen de ventas netamente mayorista, que por su carácter o volumen provoca el funcionamiento de otros locales comerciales de tipo minorista.

Su proximidad al centro y su ubicación con relación al conjunto urbano, provoca serias congestiones y dificulta su total funcionamiento por generar una actividad que escapa de la escala para la que su estructura fue preparada.

4.- Zona de Comercio Comunal.

En la ciudad de Piura, estas zonas comerciales está ubicada en la Av. Sánchez Cerro, aledaña al mercado, en el centro de Castilla y prevista en los nuevos sectores de planeamiento. Siendo un tipo de comercio que en forma nucleada se da en la periferia de los centros comerciales distritales, conteniendo una misma diversidad de bienes y servicios, pero en una escala más reducida por su volumen de ventas y radio de servicios.

5.- Zona de Comercio Sectorial.

Este tipo de comercio se da en los sectores urbanos en forma de banda, se ubican en las áreas inmediatas al comercio comunal. Tipo de comercio destinado a ofrecer bienes y servicios complementarios del servicio comunal, generalmente de baja frecuencia de consumo diario.

NOTA: las áreas de comercio vecinal y local no han sido consideradas en el nivel de zonificación.

ZONA INDUSTRIAL.

Actualmente la actividad industrial en Piura manifiesta condiciones de incipiencia, la dependencia del sector industrial al agrícola, configura una situación con elevada propensión estática, especialmente en circunstancias en las que pudiese generar la modificación de la estructura tenencial agropecuaria.

La actividad industrial que predomina es la pequeña y mediana industria, así como la artesanía; su localización se da en banda hacia el sector Oeste por la Av. Sánchez Cerro especialmente la actividad vinculada a la agro-industria.

Los servicios industriales y los establecimientos artesanales se dan en forma dispersa en la ciudad, con cierta tendencia a ocupar el área inmediata a la Av. Progreso en Castilla.

La posibilidad de implementación industrial en gran escala está limitada por las condiciones que ofrece la infraestructura urbana, al igual que los elevados costos de la energía eléctrica.

ZONA RECREACIONAL.

La actividad recreacional activa en Piura se manifiesta mediante el deporte (balonpié) en estadios y parques zonales de Piura-Castilla; en cuanto a la recreación pasiva se da incipiente por la carencia de parques teniendo esta mejor servicio en las nuevas zonas de expansión y en las reservas forestales aledañas al río Piura.

4.4 DENSIDAD Y SECTORIZACION - 1989.

Piura está dividida en 24 sectores de acuerdo al radio de influencia y a la población a servir consolidada y proyectada. Con un área de 2,656.59 Ha., con una población de 162,753 habitantes, sin considerar grandes equipamientos o áreas industriales.

Por su parte Castilla está dividida en 13 sectores cuya área es de 822.99 Has. y una población de 83,360 hab.

Esto nos indica que existe un promedio general de densificación media, dadas en los asentamientos humanos de Piura (A.H. San Martín, Santa Rosa, Túpac Amaru, R. Jaúregui) y en casco urbano central de Castilla y asentamientos humanos Talarita, El Indio, Chiclayito. Ver lámina # 3 que se ilustran a la realidad socio-económica de Piura-Castilla, balanceada por niveles de saturación en los asentamientos marginales y en la baja densidad de las urbanizaciones (ver Cuadros Nros. 1 y 2).

El último período pluvial catastrófico (1983) provocó el desplazamiento de grandes sectores poblacionales hacia la ciudad de Piura, creando zonas demográficamente densas,

donde los servicios del sistema de abastecimiento de agua y eliminación de desechos, no bastan.

4.5 PROCESO DE URBANIZACION Y SUS EFECTOS EN EL ASPECTO FISICO Y SOCIO-ECONOMICO.

Es indudable que en la estructura urbana actual de Piura y Castilla, la población ha cumplido un rol importante en su conformación, manifestándose en forma directa en la elevada tasa de crecimiento como resultado propio del aumento vegetativo y por el saldo migratorio establecido.

El proceso de urbanización ha ocurrido en forma rápida y desordenada, en las últimas décadas. El desastre pluvial trajo como consecuencia un incremento acelerado del proceso migratorio orientado hacia Piura, ciudad capital del departamento del mismo nombre y primer centro urbano de la Región Grau. Por ésto la ciudad de piura ha experimentado un acelerado crecimiento de la población y a su vez ha experimentado una importante presencia de población marginal.

4.5.1 Modalidad de Urbanización y Vulnerabilidad.

Lo que caracteriza al proceso de urbanización es la irracionalidad, desorden y vertiginosidad. En efecto, la modalidad de la urbanización que predomina se basa en la compra-venta de terrenos para vivienda que realizan tanto el Estado como las compañías inmobiliarias.

La especulación privada con el suelo urbano, el acaparamiento y el lucro consiguiente que se obtiene con la venta, es un negocio legal y aceptado como normal en el país. Así es como se ha ido formando las llamadas "urbanizaciones" o "residenciales" de los sectores medios y altos.

Esta modalidad de adquirir un lote para vivienda a través de un mercado libre especulativo es inoperante para los sectores de menores recursos económicos. Esta

situación creada ha dado lugar que tomen posesión de esas áreas sobrantes, abandonadas y sin valor comercial que quedan en la ciudad; áreas que además de ser inapropiadas por carecer de los servicios básicos, son inadecuadas por estar expuestas a varios tipos de desastres originados por sismos y el fenómeno de "El Niño".

4.5.2 Efectos del Proceso de Urbanización en el Aspecto Físico y Socioeconómico.

- Aspecto Físico.

La ubicación espontánea, irracional y caótica de asentamientos humanos en las periferias de la ciudad, motivada por una fuerte necesidad de vivienda y la incapacidad del Estado de ofertar a tiempo y en la cantidad suficiente, terrenos adecuados, de orientar y controlar la expansión y desarrollo urbano, es la causa primaria de la vulnerabilidad que se va incrementando en la ciudad piurana.

Así tenemos en el sector Suroeste, en Piura a los Asentamientos Humanos: Víctor Raul Haya de la Torre, San Pedro, Laguna Azul, Almirante Grau, 18 de Mayo, y otras invasiones ubicadas en las riberas del río Piura, aguas abajo del Puente Bolognesi (margen derecha), y en Castilla en el sector Sur y Este.

Adicionalmente, la construcción de viviendas precarias, poco resistentes a los requerimientos del medio natural, es también causa de que estos sectores populares asentados sean los más vulnerables a sufrir catástrofes.

La aguda necesidad de vivienda ha ocasionado la formación de nuevos asentamientos humanos, con las características expuestas anteriormente; pero a su vez hizo acentuar la tugurización de antiguos asentamientos en donde la demanda de vivienda es alta debido a su favorable y ventajosa ubicación.

El efecto que sobre la vulnerabilidad urbana tiene este último proceso es muy fuerte; las viviendas del casco urbano antiguo se han ido deteriorando debido al sobre uso y falta de mantenimiento.

Así pues, la forma que va adoptando la ciudad, donde estos asentamientos humanos y tugurios son modalidad predominante de asentamientos de los sectores populares, resulta muy inconveniente desde el punto de vista de los peligros naturales.

- En el Aspecto Socio-Económico.

Los múltiples problemas en lo urbano que en la actualidad presentan las localidades de Piura y Castilla son consecuencia inherente de las ciudades en donde se dan procesos de urbanización sin desarrollo económico. Este fenómeno adquiere relieve de notoriedad apreciándose que en las tres últimas décadas del proceso de expansión se manifiesta con un alto índice de crecimiento en la población marginal.

La zona caracterizada por sustentar básicamente su economía en actividades primarias y de servicios, genera crecientes tasas de desempleo y subempleo, agravándose el problema por la crisis económica del País. Esta precariedad en la ocupación y en los ingresos determina a su vez un nivel de consumo sustancialmente deficitario de bienes y servicios existentes, así como permite que la mayoría de estos asentamientos humanos marginales avancen muy lentamente en su consolidación urbana.

El proceso de urbanización al darse en dos formas diferenciadas ha generado la ocupación de suelo discriminada por diferentes niveles de ingreso:

- Habilitaciones integrales en áreas centrales y residenciales para población de medio y alto nivel económico.
- Lotes no habitados para población de bajo nivel económico y ubicado en la periferia.

Para analizar la estructura del uso del suelo urbano es necesario identificar que la función económica básica de la ciudad la constituye el comercio y los servicios vinculados a la actividad agrícola y pública, y en menor proporción la actividad industrial que se

encuentra caracterizada por la baja capacidad de generación de empleo, capitalización, ingresos y tecnología. Los tipos de actividad industrial vigentes se encuentran referidos a la pequeña y mediana industria y a la artesanía.

4.6 VULNERABILIDAD PRELIMINAR DE LA CIUDAD DE PIURA Y RIESGOS DE DESASTRE.

4.6.1 VULNERABILIDAD DE LA CIUDAD DE PIURA.

Entre los factores considerados para estimar la vulnerabilidad de la ciudad de Piura son, desde el punto de vista físico y socio-económico, los siguientes:

- Tipos de materiales de construcción (Lámina N° 4)..
- Estado de la construcción.
- Altura de las edificaciones (Lámina N° 5).
- Configuración arquitectónica.
- Nivel económico.

A continuación se describe la vulnerabilidad realizada en forma preliminar en las áreas residenciales de las localidades de Piura y Castilla, que nos permitirá identificar las zonas donde se producirían daños importantes en la infraestructura, y tomar posteriormente medidas de prevención para mitigar los efectos que producen el impacto de un fenómeno natural (Lámina N° 6).

ZONA I.

Comprende zonas de reciente ocupación formada por asentamientos humanos. Carece de equipamiento y servicios básicos, pero es próxima al de los asentamientos humanos ocupados.

El material predominante de las viviendas es renovable e inestable: madera, esteras, caña, carrizo y en pequeña magnitud, ladrillo. El estado de construcción de estas viviendas

es malo y mayormente son de un nivel. Los techos son de calamina. Pertenecen a esta zona los asentamientos humanos del sector Suroeste, cercanos a la laguna negra; así mismo los del sector Oeste en Piura, y sector Este y Sur en Castilla.

En el sector Suroeste en Piura existen numerosas viviendas rústicas que colindan con los drenes pluviales y otras ubicadas sobre estos drenes a tajo abierto, los cuales se encuentran cubiertos por arena y desperdicios, siendo por lo tanto necesario desalojarlos, y dar mantenimiento y limpieza de los drenes que cruzan estos sectores (Ver Fotos 4 y 5 Cap. III).

ZONA II.

Esta zona pertenece al área central antigua de Piura y Castilla; ocupa una superficie de 90 Has. y solo el 2.5 % posee una capacidad de evacuación pluvial. En lo que corresponde a Piura, combina predominantemente el uso residencial, comercio y administración financiera de la ciudad.

El trazo urbano es regular, conformado por manzanas en forma cuadrada; predominan las vías angostas donde se produce congestión vehicular. Carece de áreas libres y abiertas para refugios en caso de un sismo intenso.

En Castilla el trazo es irregular, con vías en forma variada. Los centros de intensidad y congestión lo constituyen la Plaza de Armas, los edificios públicos modernos, y los centros de administración financiera (Municipalidad, Catedral, Bancos, Mutuales). Es el eje comercial distrital. Esta área consolidada presenta ciertos sectores en proceso de deterioro (Mangachería, Gallinacería) el material predominante de las edificaciones es el adobe y quincha, cuyo proceso de deterioro se intensificó con el período pluvial de 1983. También se encuentran construcciones de albañilería y concreto armado de dos, tres, cuatro y más pisos.

En la margen derecha del río se encuentran viviendas deterioradas que carecen de retiros reglamentarios; algunas presentan grietas que indican asentamientos de las cimentaciones por humedecimiento continuo del suelo.

En caso de producirse un aumento considerable del caudal del río Piura, la salida del dren hacia el río produciría un flujo inverso a los niveles en que se encuentran con respecto al nivel de aguas. Estas salidas son:

En Piura, los drenes de los jirones Ica, Ayacucho y Lambayeque.

En Castilla, el dren del jirón Piura.

Por lo tanto, es recomendable las buenas condiciones de las compuertas para evitar el proceso inverso.

En conclusión, la precariedad en que se encuentran las edificaciones de ciertos sectores del casco central antiguo, las hace vulnerables ante la presencia de un sismo de gran magnitud y al fenómeno de El Niño.

ZONA III.

Predomina el uso residencial compatible con algún equipamiento de barrio: recreacional y educativo, cercano a hospitales, colegios secundarios y áreas centrales.

Presenta gran equipamiento urbano de recreación por implementar. Los servicios de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica son parciales.

Predomina las construcciones de albañilería confinada de un nivel, de bueno a regular estado de conservación en Piura, y regular en Castilla.

En el punto de salida al río, en la avenida San Teodoro, existe una zona de aproximadamente 100 metros que carece de defensas ribereñas. Esto es producto de que los moradores de un número considerable de viviendas, en su debida oportunidad no permitieron a las firmas contratistas correspondientes, la ejecución de dichas obras.

En Castilla, la salida del dren Jorge Chávez hacia el río produciría en ese sector inundaciones, debido al flujo inverso por aumento considerable del caudal del río, por lo que se recomienda mantenimiento a las compuertas.

La precariedad de algunas viviendas, los materiales y el estado de las construcciones las hace vulnerables a sismos e inundaciones frente a un desastre.

ZONA IV.

En esta zona predomina el uso residencial. Cuenta con equipamiento de sector vinculado al equipamiento mayor de la ciudad: hospitales, universidades, áreas recreativas-educativas.

El trazo urbano es planificado, con manzanas en forma variada, calles con secciones amplias, y contiene mayor cantidad de áreas libres.

Tiene como centro de intensidad y congestión, la zona del mercado donde se encuentran unidades de transporte urbano e interdistrital, debido al inicio del flujo de pasajeros, aumentando a esto el comercio ambulante.

Los tipos de construcción existentes son de albañilería y concreto armado (de 2 a 4 pisos) en menor proporción que la zona II. El estado de construcción es generalmente bueno.

Contiene a la zona industrial en la cual se ha detectado algunos contaminantes en el casco urbano.

Deben tomarse medidas preventivas para que cumplan las funciones para la cual fueron diseñadas en el actual sistema de evacuación pluvial, en caso de presentarse un período lluvioso intenso, pues de esto depende la probabilidad de un gran desastre si ocurriera el fenómeno de "El Niño" bajo las actuales circunstancias.

4.6.2 RIESGO DE DESASTRE.

La intersección de los Mapas de Peligro, por las condiciones naturales existentes y el grado de vulnerabilidad estimado de la estructura urbana de la ciudad de Piura, determina zonas de posibles riesgos tanto para sismos como para el fenómeno "El Niño". (Lámina N 7).

RIESGO ALTO.

La zona de alto riesgo para sismos se centra en el casco central antiguo, por el proceso de deterioro, antigüedad, tipo de construcción, materiales de construcción que presentan las edificaciones de ciertos sectores. Además, esta zona se caracteriza por presentar calles estrechas y ausencia de áreas libres, aumentando el riesgo en caso de producirse licuación de suelos, teniendo presente que aquí se asientan las principales edificaciones de entidades públicas y privadas, lo cual se traduce en daños cuantiosos y pérdidas incalculables en caso de producirse este fenómeno.

Asímismo, el sector del Mercado es vulnerable, dada la congestión de tránsito y abundante comercio ambulatorio en los alrededores, aunado a esto la amenaza del fenómeno de licuación, aumenta el riesgo de un desastre.

Los sectores de alto riesgo para el fenómeno de "El Niño", se ubican hacia el sector Suroeste en la localidad de Piura y Sureste en Castilla, donde se ubican los asentamientos humanos en áreas topográficamente bajas, cuyas precarias viviendas, deficiente calidad de material y estructuración y la actual situación del sistema de drenaje, aumenta la probabilidad de un desastre de gran magnitud.

Otro sector de alto riesgo por erosión e inundaciones, la constituye las áreas ribereñas. El mal estado de las salidas de los drenes pluviales hacia el río Piura, y el nivel del lecho de su cauce que no corresponde al indicado, tramos críticos en las márgenes derecha, como El Chipe y otros de la margen izquierda sin defensas ribereñas, viviendas en mal estado de construcción y sobretodo las ubicadas en la margen derecha que no presentan

los retiros reglamentarios crean una situación de vulnerabilidad frente a un desastre, pues estos sectores ribereños, topográficamente son más bajos que el resto de la ciudad, por lo tanto están expuestos a las inundaciones y desborde del río para caudales mayores a 2,000 m³/seg. Por lo tanto se estima un alto riesgo si se presentara un fenómeno de "El Niño" intenso.

RIESGO MEDIO.

El riesgo medio para el fenómeno de "El Niño", lo constituye el sector Oeste, por donde cruza una quebrada afectando a los asentamientos humanos San Martín y Nueva Esperanza, donde el tipo de estructuración, calidad de los materiales de sus viviendas es deficiente y además la actual situación del sistema de drenaje pluvial, nos hace ver que estos sectores no están preparados para tal evento, aumentando el riesgo sino se toman medidas preventivas tendientes a reducir los daños por erosión e inundaciones. Asimismo, hacia el Este en Castilla, también cruzan dos quebradas estando expuestas a las inundaciones los A.H. Tacalá, Almirante Grau, así como a los tramos del Canal Principal "Los Ejidos".

El resto de la ciudad presenta bajo riesgo a sismos e inundaciones. Dadas las condiciones de vulnerabilidad del actual sistema de drenaje de aguas pluviales, y de las edificaciones, es necesario y urgente ejecutar acciones preventivas para mitigar los efectos de un período lluvioso similar al de 1983, pues de esto depende la probabilidad de un gran desastre.

4.7 NECESIDAD DE UN PLAN URBANISTICO.

Actualmente la ciudad de Piura-Castilla necesita un nuevo Plan Regulador y zonificación, elementos que norman básicamente al desarrollo y expansión de la ciudad y la adecuada utilización del suelo, pero tomando en cuenta la recurrencia periódica de graves episodios sísmicos y de las catástrofes provocadas por "El Niño", siendo necesario por ello

la planificación en procura de mitigar y prevenir sus efectos, construyendo en zonas seguras; es decir considerando la microzonificación de riesgos frente a los peligros naturales existentes.

Las acciones de tal naturaleza son un modo de mantener y elevar la calidad de vida y de incrementar la libertad de los habitantes para diseñar su futuro.

Se ha comprobado que la mayor parte de los planes y programas no han cumplido su cometido en cuanto a ordenar o dirigir el crecimiento urbano, o determinar su distribución más justa.

En la actualidad el Municipio de Piura tiene capacidad para ubicar a 1,200 familias que sean seleccionadas en los sectores 7 de Nueva Esperanza, Módulo 6 de Micaela Bastidas y Módulo 6 de Los Algarrobos. El problema se presenta por el facilitismo al que está acostumbrada la gente, de invadir zonas cercanas a centros poblados, y alledaños a urbanizaciones o asentamientos humanos consolidados.

Es así como se ha creado este problema en los recientes asentamientos humanos 31 de Enero y Laguna Azul entre otros, ubicados en la parte más baja de Piura, donde existen afloramientos de agua del subsuelo (ver foto N° 2, Cap. III). Así también los Asentamientos Humanos 18 de Mayo y José Olaya, los cuales se asentaron en terrenos propios para mantenimientos de drenes, lugares que ante la ocurrencia de un fenómeno pluvial serán además de inundadas, invadidas de máquinas para limpieza de canales o drenes pluviales.

Ya que las invasiones como respuesta a la escasez de viviendas y otros problemas socio-económicos, no pueden ser frenadas, el Municipio debe considerar como prioridad la urgencia de ordenar en la medida de lo posible.

4.8 SISTEMA DE INFRAESTRUCTURA URBANA.

Atender las necesidades básicas constituye una de las tareas más difíciles e importantes de cualquier proyecto de desarrollo de una ciudad; proyecto que

lamentablemente carece la ciudad de Piura. Así el crecimiento poblacional no ha tenido una respuesta acertada en cuanto a dotarla de los servicios indispensables; pareciera que la clase dirigencial no percibe el acelerado crecimiento poblacional y su respuesta es para la ciudad que fue Piura en 1961, y no para hoy que crece aceleradamente, dejando atrás cualquier buena intención que se tenga para solucionar problemas tan agudos como el de la energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, pavimentación de calles, empleo, mercado, transporte urbano, etc..

4.8.1 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema actual de abastecimiento de agua potable para Piura y Castilla, aprovecha las aguas subterráneas que subyacen en estratos profundos debajo de la ciudad.

Los acuíferos interiores confinados, tienen un nivel piezométrico estático hasta la cota 15 m.s.n.m. y es a esta profundidad que se aprovecha el agua, impulsándola a la superficie mediante electrobombas que en su mayoría son del tipo sumergibles. Esta agua es inyectada directamente a la red de tuberías en la mayoría de los casos, y en otros se almacena en reservorios elevados localizados en las zonas urbanas consolidadas desde los cuales alimenta al sistema de redes.

Del estudio técnico de los pozos del servicio de agua de Piura y Castilla, efectuado en Octubre de 1987, se extrae que existen 17 pozos tubulares de los cuales 13 se ubican en el distrito de Piura y el resto en Castilla.

Por diversas razones el agua de los pozos no es suficiente en cantidad y deja mucha que desear en cuanto a calidad, debido a la presencia de sales, siendo de mayor proporción en Castilla.

Esta mediana salinidad del agua, determina su baja calidad y es causa de cálculos hepáticos y renales que afectan en gran proporción a la población. Así mismo lo hace no recomendable para algunas actividades industriales.

El vigente sistema de producción y distribución de agua potable data de 1934, habiéndose realizado ampliaciones y mejoramientos parciales para satisfacer demandas a corto y mediano plazo.

La explotación de pozos para el año 1987 fue de 62,467 m³ por día o 723 lt./seg.; como resultado del funcionamiento de 14 pozos de un total de 17.

En promedio cada pozo extrae un caudal de 60 lt./seg., no obstante existen buenos pozos que extraen un caudal superior al promedio.

Tratamiento.- el tratamiento aplicado al agua subterráneo extraída mediante la modalidad de pozos, es únicamente a base de cloro, como desinfección para evitar la proliferación de microorganismos patógenos.

Almacenamiento.- el sistema de almacenamiento está conformado por nueve reservorios elevados de diferentes volúmenes totalizando una capacidad de m³.

Redes de Distribución.- está conformado por una longitud de 240,965 metros lineales en su mayoría son de asbesto cemento y la parte correspondiente al casco antiguo de Piura, conserva la tubería de fierro dúctil.

CONEXIONES DOMICILIARIAS.

En la actualidad se observa una cobertura con servicios adecuados del 95 % de las viviendas, de los cuales un 85 % cuentan con conexiones domiciliarias, y el 9 % restante se aprovisionan de pilones públicos.

De acuerdo a esto se estima una demanda (1989) de 2,205 conexiones de agua directas (4.7 %) considerando que se mantiene constante el abastecimiento por piletas, por su uso más barato y que seguirá destinándose a los sectores de menores ingresos.

En el Cuadro N°1 se ve la cantidad de conexiones domiciliarias de agua potable y alcantarillado administrado por SEDAPIURA.

CUADRO N° 1
CONEXIONES DOMICILIARIAS Y POBLACION SERVIDA DE AGUA POTABLE DE
PIURA - CASTILLA

	Conexiones Domiciliarias	Población Servida
Set. 1988	34,001	221,007
Set. 1989	36,717	238,661
Variaciones	7.9 %	7.9 %

SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado de Piura y Castilla, posee un conjunto de redes con una antigüedad que data de 1930 y que a medida que se ha ido efectuando la expansión urbana, su prolongación ha sido restringida principalmente al Oeste y Sur de la ciudad acusándose en la actualidad un mercado difícil en la prestación del servicio.

Las redes principales de alcantarillado, presentan como primera gran limitación de su funcionamiento, la antigüedad de su diseño y de su estructuración.

El segundo factor limitante es el problema que ocasiona la napa freática que al ingresar a la tubería subterránea y por la presión y el tiempo de uso de las tuberías se rompen, ocasionando malestar a la población de aquellos sectores donde dicha napa freática se encuentra cerca a la superficie del suelo. Esto determina que el agua del subsuelo se encuentra constantemente ocasionando corrosión a las tuberías de desagüe, produciéndose un rápido deterioro.

Otra limitación lo constituye las lagunas de oxidación ubicadas al Suroeste de la ciudad, las cuales son insuficientes para soportar la carga de la población de Piura que

adolecen de mantenimiento efectivo; carece de cortinas de viento para su protección. Se percibe el mal olor característico de las aguas servidas, así mismo cerca de estas lagunas se encuentra el vivero municipal que es regado por estas aguas sin ningún tratamiento, donde mayormente se siembran eucaliptos y plantas ornamentales, entre otras.

El sistema de alcantarillado de Piura ha tenido que contar con cámaras de tensión y bombeo, para impulsar las aguas servidas debido a su topografía casi plana y obligando a que los colectores tengan pendientes mínimas por razones de economía.

Los servicios inadecuados de desagüe han descendido significativamente de 64.5 % en 1972 a cerca del 7 % en 1989. Se considera que los servicios adecuados de desagüe alcanzan el 92.8 % de las viviendas existentes de las cuales más del 25 % utilizan letrinas familiares y mayormente el 67.4 % tienen conexiones domiciliarias, al 7.6 % restante que carecen de servicios.

Por ello es necesario y recomendable llevar la proporción de conexiones directas a un 85 % con lo que demanda al año 1989 unas 9,968 nuevas conexiones, quedando el 15 % restante con letrinas, predominando estas áreas urbano marginales o de incipiente ocupación

En el cuadro Nº 2 se aprecia la cantidad de conexiones domiciliarias y población servida de alcantarillado de Piura y Castilla.

CUADRO Nº 2
CONEXIONES DOMICILIARIAS Y POBLACION SERVIDA
ALCANTARILLADO: PIURA - CASTILLA

	Conexiones Domiciliarias	Población Servida
Set. 1988	12,445	80,892
Set. 1989	13,141	85,416
Variación	5.6 %	5.6 %

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS RESIDUALES

La recolección de aguas residuales se hace por medio de alcantarillas que las conducen a un punto donde se hace el tratamiento general para descontaminarlo.

Así tenemos en Piura las lagunas de estabilización (nivel primario) situada al sur del Asentamiento Humano San Martín, están alejadas de la población, en el sector Suroeste de la ciudad, a 5.6 km. del casco urbano antiguo de Piura.

En la actualidad, las aguas servidas van hacia estas lagunas de oxidación, enviando 250 lt/seg (50 % del total), cuando se colmaten discurren por los drenes pluviales hacia el dren SECHURA.

Durante la visita de las lagunas, una estaba paralizada para acciones de limpieza, cuyo material sólido es empleado como abono. A pesar de no tener tratamiento, se usan con fines agrícolas irrigando terrenos vecinos a las lagunas.

La capacidad de las lagunas no es suficiente para la población de Piura, además de carecer de un efectivo mantenimiento, no son empleados adecuadamente.

SEDAPIURA tiene un proyecto de cambiar la Bomba de Impulsión hacia otras lagunas de oxidación que se ubican a tres kilómetros del centro poblado más cercano, pero por motivos económicos no se realizan.

OTRAS LAGUNAS DE OXIDACION

Las lagunas de oxidación de la Universidad de Piura (UDEP) recibe las aguas servidas de tres urbanizaciones, más las propias de la Universidad.

Dichas lagunas (nivel primario) reciben mantenimiento, protección y permanente estudio de investigación. Cerca de las lagunas se encuentra un pequeño vivero frontal de experimentación, haciéndose análisis químicos y bacteriológicos a los frutos sembrados para determinar la contaminación de las aguas ya tratadas.

Dentro del campo universitario, actualmente se encuentran instalados 16 piezómetros adyacentes a las lagunas de estabilización y 10 en la zona de reforestación, para ver la influencia de éstas sobre la napa freática.

Un cuadro de curvas de isopropundidad nos indica que las líneas de flujo tienen una dirección Noreste, dirigiéndose al río, y además que de estas líneas también parten líneas de flujo, indicándose zona de recarga que afecta a la actual zona urbana y mantienen la napa freática profunda.

Existen otras lagunas de oxidación, tal como se indica en la lámina # 8 pero que durante la visita a la zona, no se encontraban operando; está ubicada hacia el Norte de Piura.

La otra laguna se encuentra al Sur de Castilla. Mediante una cámara de reunión y bombeo se impulsan las aguas servidas hacia ella, ubicada en la zona del asentamiento humano El Indio, causando malestares a la población.

4.8.2 ANALISIS PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN LOS SERVICIOS BÁSICOS: AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

Condiciones de Vulnerabilidad.

El sistema de agua potable y desagüe de la ciudad de Piura, presenta un alto grado de vulnerabilidad por las consideraciones expuestas a continuación:

- Antigüedad de las redes. Gran parte del sistema total data del año 1934. Los colectores antiguos se encuentran bastante deteriorados por las siguientes causas: los tubos de concreto, tanto colectores como conexiones domiciliarias, son afectadas internamente por los gases sulfurosos que emanan las aguas servidas y externamente por ciertas sales solubles como los sulfatos.

- Debido a la diversidad de materiales que componen sus diversos elementos por falta de un diseño integral.
- Falta de mantenimiento.
- La napa freática alta, que al ingresar a las tuberías subterráneas y por la presión y el tiempo de uso de dichas tuberías, las hace más vulnerables.
- Tipos de suelos en los cuales se encuentran instalados los servicios de agua potable y alcantarillado. Estos son arenas eólicas fácilmente erosionables. También los suelos salinos afectan las tuberías subterráneas.

DESCRIPCION DE LAS MEDIDAS DE PREVENCION DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

Sistema de Agua Potable en Caso de Desastres.

- 1.- Los servicios de agua potable, deben ser atendidos por personal técnico capacitado para que detecte con rapidez y eficiencia las fugas (tuberías rotas), válvulas enterradas (para ponerlas operativas).
- 2.- Es necesario que el personal técnico cuente con el equipo indispensable y conozca en detalle su funcionamiento, y que durante su operatividad permanezca con él; pero que deben estar alertados que ante la ocurrencia de desastre deben informar a su central sobre la operatividad del servicio.
- 3.- Actualmente cada cámara de bombeo dispone de servicio telefónico, pero de no ser así, solicitarlo para que en caso de desastre, el operador comunique a su central del grado de operatividad o de daños producidos.
- 4.- El personal de ingenieros debe disponer de los planos respectivos de todo el sistema de redes de agua potable, para que cuando el personal técnico halla agotado sus esfuerzos por sus medios en el mantenimiento del servicio, continúe con las labores de apoyo al reestablecimiento del sistema.

- 5.- En caso de desastre hay que tratar de constatar la continuidad del funcionamiento de las electrobombas de tipos sumergidos. Este sistema de bombeo es empleado en la mayoría de los pozos tubulares.
- 6.- La compañías de bomberos y Defensa Civil, deben conocer la ubicación de las fuentes de abastecimiento de agua potable.
- 7.- Contar con equipo de emergencia.

ACCIONES A TOMAR EN CASO DE PRESENTARSE UN FENOMENO NATURAL.

- En Caso de Precipitaciones Pluviales Torrenciales:

Evitar en lo posible el ingreso de las aguas de escorrentía a los pozos, contaminando a las aguas que proporcionan las capas acuíferas subterráneas, con que se abastecen a las redes.

- En Caso de Sismos:

Es muy posible que se produzcan fracturas en las redes, o que en los pozos tubulares en algunos de sus puntos, pudieran fracasar.

Si el colapso se produce en algún punto de la red, lo más inmediato para mantener en servicio la red, es cortar el flujo con válvulas interceptoras, las que en los casos extremos comprenden una longitud de 500 m. de tuberías, y el resto del sistema continuará su funcionamiento.

Sistema de Alcantarillado.

- 1.- Las cuatro medidas preventivas para el sistema de agua potable, son las mismas para el sistema de alcantarillado.
- 2.- El trabajo de mantenimiento de las redes de desagüe deben realizarse periódicamente. Par ello requiere de personal capacitado conocedor del sentido de flujo de los principales colectores, de cómo se va armando el árbol

de canalizaciones que finalmente integran las tuberías maestras de desagüe, que en su punto final llegan al emisor.

- 3.- Es posible evitar la colmatación de redes de desagüe por ingreso de aguas pluviales, arenas y otros, cuando el personal capacitado al conocer lo expuesto en el acápite (2) permitirá traspasar su flujo a otro ramal con capacidad de transporte, utilizando motobombas dotadas de mangueras (jebe, lona) de magnitud y longitud apropiada.
- 4.- Es necesario realizar operaciones de limpieza y que aseguren un buen estado estructural y de funcionamiento, para evitar obstrucciones graves en las redes de desagüe. Es de esperar que cuando estos colectores asuman en parte, la evacuación de aguas pluviales, se logre que estén funcionando con la mayor operatividad.
- 5.- Evitar el ingreso de aguas pluviales a las cámaras de bombeo, porque pueden malograr los tableros o equipos eléctricos. Al no producirse ninguna interrupción en la energía eléctrica, los equipos netamente de bombeo podrán impulsar las aguas servidas a los lugares que se tienen establecidos.
- 6.- Defensa Civil debe contar con los siguientes materiales:
 - Sacos de plástico.
 - Mangas de caucho reforzadas con lona, de determinadas medidas de longitud y diámetro, principalmente de 6" y 4" de diámetro.
 - Un lote de tubería de agua potable clase 10kg/cm^2 de 4" y 6" de diámetro.
 - Un lote de tubería de desagüe de 8" y 10" de diámetro (c.s.n.).
 - Grupo electrógeno independiente de 10 y 50 kw.
 - Máscaras antigas.
 - Reflectores.
 - Madera, calaminas, cable eléctrico.
 - Bombas, sumideros para desagües.

- Una grúa de PH-15 tn.
- Un lote de motobombas de 5, 8 y 10 lt/seg.

4.8.3 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA.

Las localidades de Piura y Castilla vienen atravesando desde hace una década por una difícil situación energética, motivada por las crecientes necesidades de energía eléctrica de la población, y los requerimientos del desarrollo de las diferentes actividades productivas. Necesidades éstas que no pueden ser satisfechas por lo insuficiente que viene resultando la capacidad de generación en los sistemas existentes.

El servicio de energía eléctrica lo brinda ELECTRONORTE S.A. y pequeñas centrales de propiedad de los municipios; el déficit de energía es en general muy alto (se estima que a 1985 era de 5,400 kw.), ocasionado fundamentalmente por la falta de capacidad instalada, obsolescencia de grupos electrógenos, agravados por los desperfectos y falta de mantenimiento, así como por el alto costo de producción (Centrales Térmicas), situación que afecta además de la ciudad de Piura, a los distritos de Catacaos, La Unión y Sechura; el resto de distritos de Bajo Piura carecen totalmente de este servicio.

Las viviendas con servicios inadecuados de energía eléctrica descienden en el período 1972 - 1989 de 47 % al 22 %.

Actualmente cerca del 78 % de las viviendas de la ciudad de Piura poseen conexiones domiciliarias (8,460) de energía eléctrica. Sería conveniente llevar a una proporción equivalente al 95 %, por consiguiente, se requerirán de 3,400 nuevas conexiones.

En relación al alumbrado público es recomendable llevar la proporción actual de 70 % a cerca del 95 %, equivalente a 11,847 dimensionado en postes y redes.

El problema mayor que enfrenta Piura desde hace mucho tiempo es la deficitaria fuente de generación de energía eléctrica debido a las deficiencias de grupos electrógenos, situación que se agrava en la actualidad.

Por el mejoramiento de combustible por deudas de ELECTRONORTE con PETROPERU, lo que origina cortes continuos de luz y limitaciones para la ampliación de la cobertura del servicio eléctrico urbano.

Existen proyectos de electrificación de algunos asentamientos humanos que no pueden ejecutarse mientras no se tenga la seguridad de disponer de la suficiente energía que requerirá cuando entre en operación.

La capacidad instalada en Piura se verá incrementada con la ampliación de la central térmica en corto plazo.

En el mediano plazo, la potencia instalada se incrementará con la construcción de las centrales hidroeléctricas siguientes:

- Central Hidroeléctrica de Poechos (7,600 kw.).
- Central Hidroeléctrica de Curumuy (10,000 kw.).

En el cuadro N° 3 se presentan las cifras absolutas y relativas de los servicios adecuados e inadecuados de infraestructura básica de Piura y Castilla. Se observa el alto porcentaje (22.1 %) del servicio de energía eléctrica, que se encuentra en condiciones críticas.

4.8.4 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.

a) SISTEMA VIAL Y CONDICIONES DE VULNERABILIDAD.

Sistema Vial.

Los elementos del espacio urbano de la ciudad son diversos, apreciándose notables diferencias en cuanto a la amplitud de vías y áreas abiertas según corresponden a la parte antigua o las zonas de reciente expansión. Así en el casco urbano antiguo y tradicional de Piura y Castilla, se observa por un lado calles estrechas donde el tránsito vehicular es dificultoso y por otro lado la ausencia de áreas libres y abiertas, todo lo cual se traduce en un alto índice de saturación urbana.

En las zonas de reciente expansión, la urbanización se ha dado en condiciones más generosas en amplitud de vías y espacios con fines recreacionales.

La principal característica que se da en la red vial, es su gran desarticulación y desorganización cuyas causas principales son:

- 1.- Crecimiento urbano a lo largo de las vías principales en Piura y Castilla, que se comunican entre sí y son de acceso hacia el centro urbano.
- 2.- Las zonas marginales y residenciales originan flujos de pasajeros, que manifiestan un excesivo recorrido en longitud, que concurren al centro de la ciudad, produciendo la congestión de tránsito.
- 3.- Las oficinas y terminales de las empresas de transporte se encuentran dispersas en el mercado central, Avenida Loreto, Ramón Castilla, debido a su fácil accesibilidad hacia las zonas comerciales de servicio, creando conflictos de tránsito.

Jerarquía de vías.

Vías Interdistritales.- En Piura: se dan por las vías Sánchez Cerro hacia el Oeste, que se comunica por las provincias de Sullana y Paita; y la Avenida Gullman hacia el Sur que se comunica con los distritos del Bajo Piura (La Legua, La Unión).

En Castilla: se dan por las Avenidas Grau y Progreso como ingreso a la ciudad por el sur y la antigua Panamericana vía a Chulucanas, por el Este. Estas se integran a la localidad a través de los puentes Bolognesi y Sánchez Cerro.

Vías Principales.- En Piura: Av. Grau, Circunvalación, Loreto, Bolognesi, Gullman, Sullana, Cesar Vallejo, Chulucanas y Huancavelica.

En Castilla: Avs. Ramón Castilla, Independencia, Arizola, Junín, Tacna y Cayetano Heredia.

El número de vías troncales en ambos sentidos y asfaltados es mayor en Piura. Así mismo sucede con las vías primarias asfaltadas y en un sentido, concentrándose éstas en el centro urbano y principales urbanizaciones. La lámina N° 8 nos muestra las vías interregionales y principales y la zona de mayor vulnerabilidad vial.

Características del Servicio.

El servicio de transporte urbano de pasajeros, es prestado en su mayoría por unidades obsoletas y en número muy limitado en comparación con la demanda real.

Otro factor que condiciona la operación del servicio del transporte urbano es la superposición de rutas y su infraestructura.

El servicio de transporte urbano según la dirección de transportes y circulación vial del Consejo Provincial de Piura, se distribuye a través de:

- Autos colectivos.
- Comité de omnibuses.
- Comité de camionetas.
- Empresas de transporte urbano e interdistrital.

Situación del Transporte Urbano.

Contradictoriamente a la presencia de grandes proyectos nacionales (1968-1980) en el departamento de Piura, la ciudad no tuvo una correspondencia en proyectos urbanísticos. Sólo a partir de 1980, se favorece a la construcción de grandes avenidas en la ciudad, principalmente las que unen barrios y urbanizaciones del oeste de la ciudad con el centro urbano. De esta manera, para las diferentes actividades el transporte urbano se manifiesta en forma de corredor, en Piura. Así también en el sector Sur y Este, en Castilla.

Este proceso de vialidad interior se acelera en la etapa de reconstrucción de la ciudad, afectadas totalmente en 1983; sin embargo esta construcción de grandes avenidas no responden a un sistema integrado, por lo cual devienen en vías que se cortan abruptamente sin conexión alguna, lo que impide un sistema vial urbano de la ciudad.

El casco central es vulnerable ante la presencia de un evento sísmico intenso, por presentar vías estrechas en donde se produce congestión de tránsito y carecer de áreas libres.

La zona del mercado central también es vulnerable por la concentración de unidades de transporte urbano e interdistrital, y es precisamente donde se inicia el mayor flujo de pasajeros sumado a éste el comercio ambulatorio, congestionando de esta manera la vía interregional (Av. Sánchez Cerro). (Lámina N° 9).

En caso de producirse un intenso período lluvioso estas aguas impactarán en mayor intensidad en aquellas vías que presentan mayor pendiente y pobre pavimento asfáltico, destruyéndose la cinta asfáltica. Así también sucede con las vías que se encuentran en zonas depresionadas donde se acumulan por mucho tiempo las aguas pluviales, sin posibilidad de drenaje.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS.

CONCLUSIONES.- En el aspecto urbano, la red vial es el elemento principal del caos que origina el tránsito vehicular y estructural, al no existir dispositivos de control peatonal y vehicular. Los nudos viales del centro urbano de la ciudad, se tornan conflictivos al converger a ellos los flujos regionales como urbanos entorpeciendo el ritmo de las actividades netamente urbanas.

Siendo el transporte el principal medio de comunicación, al servir de soporte físico al flujo de bienes y servicios, tanto urbano como regional, presenta un trazo deficiente, originado por el crecimiento urbano no planificado que ha permitido la variedad

de secciones viales en un mismo eje en doble sentido de tránsito, que origina un estrangulamiento vehicular, generalmente en límites del casco urbano central y en las zonas de expansión urbana.

- Piura carece de vías troncales que enmarquen el crecimiento de la ciudad.
- El 60 % de las vías secundarias en Piura, se encuentran deterioradas dada el año catastrófico de 1983, siendo necesaria su rehabilitación.
- Falta de mantenimiento de la infraestructura vial.
- Deficiente interconexión interdistrital.
- Deficiente y restringido servicio de transporte urbano e interdistrital, esto es por el obsoleto e insuficiente parque automotor.

PROPUESTAS.- Todo lleva a proponer el proyecto urbano de un plan vial para la ciudad de Piura, ya que por su población y jerarquía se puede considerar como una metrópoli teniendo en consideración los siguientes puntos conflictivos:

- Congestión de tránsito.
- Vías en deficiente estado de conservación.
- Amplitud y angostura de vías.
- Utilización de una buena dirección de tránsito.

La solución para integrar Piura es la construcción de puentes perimetrales para el tránsito pesado, diferenciándolo del liviano.

- Desarrollar un plan vial y de transporte Micro -Regional, a fin de integrar las áreas Urbano-Rurales facilitando la complementación de actividades tanto sociales como económicos.

b) ESTADO ACTUAL DEL TRANSPORTE AEREO.

El transporte aéreo abarca los servicios de traslado de pasajeros, carga y correo, y

es efectuado por dos empresas de aviación que cubren las rutas de Piura-Lima-Piura y Piura-Tumbes-Piura entre otros.

El aeropuerto está ubicado en la zona urbana de Castilla cuenta con un área terminal con las condiciones técnicas mínimas necesarias pero no suficiente, su área de movimiento tiene una estructura de pavimento asfáltico que requiere una evaluación continua.

El sistema de radio para la navegación aérea es insuficiente, sólo cuenta con un NDB (No Direccional Beacon).

c) SITUACION DEL SISTEMA DE COMUNICACION.

SERVICIO TELEFONICO.

La ciudad de Piura esta interconectada con los demás departamentos a través de la vía microondas y la vía satélite administradas por ENTEL-PERU y la CPT.

A nivel interno la comunicación es deficiente en extremo debido a las características de distribución poblacional ya descritas.

OTROS SISTEMAS DE COMUNICACION.

1.- Sistema de correos.

2.- Canales de televisión:

- 1 Estatal (Canal 7).

- 3 Privadas: Canal 5 (Lima)

Canal 4 (Lima)

Canal 2 (Lima).

Son filiales de los canales de Lima, con programación para Lima, con muy pequeños espacios informativos de carácter local.

3.- Gran variedad de radioemisoras de corto radio de acción (38 - 120 km.) cubiertas por equipos de transmisión de baja potencia (0.5 - 10 kv.) que no pueden competir

con emisoras extranjeras de mayor potencia (10 - 50 kv.) que son captados con nitidez especialmente en las provincias fronterizas.

- 4.- Diarios de alcance regional: Tiempo y Correo con 50 % - 60 % de información local a diferencia de los periódicos de difusión nacional que solo cubren del 8 % - 10 % de información regional.

d) FUNCIÓNES QUE DESEMPEÑAN LOS MEDIOS DE COMUNICACION:

- EN SITUACION DE DESASTRES

Ante esta situación primero se deberá coordinar con los organismos de comunicación de la región, para mantener el enlace entre la zona de desastre y Defensa Civil para lograr mayor eficiencia en las operaciones de apoyo logístico y acciones psicológicas que el caso demande, e informar a la población sobre el apoyo logístico que se va a prestar.

Estos medios de comunicación deberán informar con exactitud al describir la magnitud de la tragedia y cálculos sobre las pérdidas materiales, lo que obliga al periodismo a asesorarse científicamente de las variables producidas, sobre las crecientes de los ríos o de las vías intransitables.

Otra función es la de integración social, actividades que en este ámbito realizan los medios de comunicación social por solidaridad, desarrollo, participación y comprensión.

PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES

Deben cumplir una labor educadora a nivel preventivo para:

- Concientizar a la población respecto a su participación en Defensa Civil.
- Promover la organización de la comunidad para contribuir a la mitigación de los daños que puedan causar desastres, mediante la formación de equipos de trabajo.
- Educar a la población sobre las características de su comunidad y los problemas de seguridad, para estar preparados ante cualquier emergencia.

CUADRO N° 3: SERVICIOS BASICOS DE LAS VIVIENDAS SEGUN CALIFICACION DE ADECUADOS E INADECUADOS EN LA CIUDAD DE PIURA 1972-1981 Y 1989. (CIFRAS ABSOLUTAS Y RELATIVAS).

SERVICIOS SEGUN CALIFICACION										
AÑOS	LUZ			AGUA			DESAGUE			
	TOTAL	ADECUADO	INADECUADO	TOTAL	ADECUADO	INADECUADO	TOTAL	ADECUADO	INADECUADO	
1972 N°	21,057	11,050	10,007	21,057	13,456	7,591	21,057	7,481	13,576	
%	100.0	52.5	47.5	100.0	64.0	36.0	100.0	35.5	64.5	
1981 N°	33,882	22,022	11,850	33,882	32,089	1,793	33,882	25,005	8,877	
%	100.0	65.0	35.0	100.0	94.7	5.3	100.0	73.8	26.2	
1989 N°	50,059	39,003	11,056	50,059	47,701	2,353	50,059	45,604	4,455	
%	100.0	77.9	22.1	100.0	95.3	4.7	100.0	92.8	7.2	

FUENTE: INE. Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1972-1981.

INADUR: Encuesta de Vivienda 1989.

DESAGUE

Adecuado: Dentro de la vivienda conectado a red pública pozo negro o ciego, letrina.

Inadecuado: fuera de la vivienda

AGUA

Adecuado: Dentro de la vivienda, fuera de la vivienda pero dentro del edificio.

Inadecuado: camión tanque u otro similar, río, acequia, manantial.

LUZ

Adecuado: eléctrica

Inadecuado: kerosene petróleo vela.

- El 14 % se abastecía de pilón en 1981, descendiendo a 7.3 % en 1989.

- El 14 % utilizaba letrinas en 1981, ascendiendo a 25.4 % en 1989.

CAPITULO V

AREAS DE EXPANSION URBANA Y LINEAMIENTOS DE DESARROLLO URBANO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES.

5.1 FACTORES CONSIDERADOS EN LA SELECCION DE AREAS DE EXPANSION URBANA.

Al hacer el abordaje del estudio de los factores necesarios para seleccionar áreas adecuadas para el desarrollo urbano, he considerado los siguientes:

- Factores Físicos, Legales y Socio-económicos.

5.2 SELECCION DE AREAS ADECUADAS PARA EL DESARROLLO URBANO

La ciudad presenta extensas áreas de expansión urbana recomendables que se describen a continuación:

- En Piura:

Hacia el Norte y Noroeste las zonas I y II. Actualmente la tendencia de crecimiento urbano se está desarrollando hacia esos sectores en los cuales hay habilitaciones urbanas en ejecución y/o proyecto arquitectónico.

Hacia el Oeste la zona IV. Aquí se encuentra los terrenos en habilitación para uso industrial y proyectos parcialmente ejecutados por ENACE.

- En Castilla.

Hacia el Noreste la zona III. Existen proyectos parcialmente ejecutados y por ejecutarse de ENACE, y terrenos en habilitación para uso industrial.

Hacia el Norte también existen habilitaciones de uso urbano en ejecución y/o proyecto arquitectónico.(lámina N° 9).

FACTORES FISICOS:

Condiciones de Suelos y Topografía Existente.

Ofrecen una topografía suavemente ondulada con ligeras elevaciones y depresiones, existiendo en las zonas I y IV desniveles de aproximadamente 2 metros, debido a la extracción de material para la ejecución de unidades de albañilería.

Según el plano topográfico (lámina N° 1), estas zonas por lo general son altas con respecto al casco central antiguo, constituyendo áreas de menores riesgos ante un evento pluvial intenso.

En cuanto al tipo de suelo, en las zonas mencionadas los suelos están cubiertos mayormente por arenas sueltas a semidensas de potencia variable que cubren a estratos de arenas densas y cementadas, o arenas arcillosas medianamente compactas, o arcillas compactas.

Otros Factores Físicos

Respecto a usos del suelo, todas las zonas I, II, III y IV son parcelas eriazas.

La accesibilidad inmediata a las zonas del sector Noroeste y Oeste (I y IV), son la Panamericana Norte (Av. Prolongación Sánchez Cerro), vía a Sullana y Paita, respectivamente. Hacia el sector Noreste la antigua Panamericana, vía Chulucanas.

En cuanto a la factibilidad de dotación de servicios de agua, desagüe, energía, transporte y comunicaciones está restringida dada la actual deficiencia de abastecimiento de estos servicios básicos.

FACTORES LEGALES:

Las Zonas III y IV son propiedad de la D.G.R.A. y A.R. revertido al dominio público. Las zonas I y II son terrenos revertidos o en proceso al dominio público y en proceso de adjudicación a favor de ENACE.

Actualmente las zonas seleccionadas no tienen uso.

FACTORES SOCIO-ECONOMICOS:

Los costos para las habilitaciones urbanas son altos, siendo por ello la demanda casi restringida a los sectores populares que tienen exiguos ingresos, pues la modalidad de adquirir un lote de vivienda a través del mercado libre especulativo es completamente inoperante

CAPITULO VI

PROBLEMAS DETECTADOS Y FUTURAS INVESTIGACIONES

El trabajo de campo realizado en la ciudad de Piura-Castilla consistió en el reconocimiento del terreno, recopilación de datos e información necesaria para la elaboración del presente trabajo. También se detectó diversos problemas que requieren estudiarse para ser analizados e interpretados con mayor detalle.

Investigación Geotécnica.

Se determinó que la información existente de aspectos técnicos es escasa y está concentrada en el aspecto de Mecánica de Suelos, y es prácticamente nula en el aspecto de Dinámica de Suelos. Por ser zona sísmicamente activa se requiere de un conocimiento cuantitativo de las condiciones del suelo. La información proporcionada por la SPT en dicha zona constituye un valioso Banco de Datos.

Adicionalmente a los sondajes con Ensayos de Penetración Estándar recopilados, se recomienda programar la ejecución en lugares convenientes distribuidos en toda la ciudad y en áreas donde no se ha obtenido información geotécnica.

Evaluación y Estudio Detallado de Licuación de Arenas en Piura-Castilla.

Existen métodos simplificados desarrollados en Estados Unidos y Japón para la evaluación del potencial de licuación basados en Ensayos de Penetración Estándar, contenido de finos de arenas, magnitud y aceleración del sismo de diseño y la resistencia a la licuación del suelo en estudio, dando como resultado la identificación de áreas susceptibles a la licuación en función del sismo de diseño. Esto no significa que la

SPT sea suficiente para determinar las propiedades del suelo en la ingeniería sísmica, debe entenderse que la SPT es de gran ayuda para estimaciones generales de las propiedades , pero éstas deben reforzarse con los métodos propios del campo experimental de la Dinámica de Suelos.

Características Dinámicas.

Los ensayos de Microtrepidaciones deben ser realizados en Piura-Castilla, las cuales ayudarían a conocer las propiedades dinámicas del subsuelo y así dar recomendaciones y aportes al logro de una zonificación más detallada.

Se define como Microtrepidaciones a la respuesta dinámica del suelo a la acción de cualquier perturbación externa y su objetivo es encontrar el período predominante del suelo.

El análisis de Microtrepidaciones está basado en la técnica del Profesor Kanai en Japón, en la cual considera las vibraciones permanentes de las capas superficiales del suelo. Estas vibraciones de pequeña amplitud del orden de 0.1 a 1.0 micrón (1 micrón = 10^{-3} mm), y período que varía entre 0.05 y 1.2 segundos, son llamadas también Microtrepidaciones. Se considera que estos fenómenos son causados por perturbaciones naturales y artificiales a la vez, tales como viento, tráfico por el paso de vehículos y personas, etc..

La importancia de las mediciones de Microtrepidaciones estriba en que en base a ella se puede hacer una Microtrepidación del suelo desde el punto de vista de las propiedades mecánicas.

- Estudio de Refracción Sísmica de Ondas "P" y "S".

El estudio de la propagación de las ondas elásticas sea cual fuese el medio por el cual son generadas, proporcionan el mejor procedimiento indirecto para conocer la estructura del subsuelo, además de suministrar los coeficientes elásticos dinámicos de los estratos identificados.

- Estudio del Sistema de Drenaje de la Napa Freática.

Referente al problema de la napa freática superficial muy cercana a la superficie del suelo es otro punto importante que requiere mayor atención. Los pocos estudios realizados datan del año 1970 y 1986, por lo tanto es recomendable continuar las mediciones del nivel freático en la red de pozos de observación existentes e incrementar la instalación de éstos en toda la ciudad, que proporcionen la información requerida de niveles de agua freática, cuya influencia es notoria en los daños sísmicos. Además se puede lograr una serie larga para la evolución del flujo y poder predecir su comportamiento.

Es importante recalcar el conocimiento de las profundidades del nivel freático para determinar una correlación con las intensidades sísmicas y períodos predominantes del suelo.

- Estudio de la Vulnerabilidad de la Ciudad de Piura-Castilla.

Se requieren estudios para determinar los posibles efectos de un sismo severo en la ciudad y las medidas necesarias para mitigar sus efectos. Los tipos de vulnerabilidad a tenerse en cuenta son de acuerdo a las características físicas y socio-económicas de la ciudad.

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad física tenemos los siguientes factores:

- Tipos de materiales de construcción.
- Estructuración deficiente, grados de deterioro, antigüedad, altura, estado de servicios básicos y configuración arquitectónica en las zonas residenciales homogéneas:
 - Casco central antiguo.
 - Urbanizaciones.
 - Areas consolidadas.
 - Asentamientos en proceso de consolidación.

Así por ejemplo, en el casco urbano central antiguo, existe un cierto grado de vulnerabilidad, por lo que debería investigarse. Por lo tanto hay tareas a realizar como:

- Ensanchamiento de vías angostas para procurar un mejor flujo vial.
- Demolición de casas antiguas de quincha y adobe, cuya estructura presenta grave peligro para los peatones, con riesgo de desplomarse en caso de presentarse un sismo o fenómeno de El Niño, tal es el caso de las cuadras 2 y 5 de las calles Lima y Arequipa respectivamente.
- Reforzamiento estructural y reparación de las instalaciones de las viviendas.
- Creación de áreas libres.
- Aperturas de vías para dar fluidez de tráfico de emergencia y/o hacia áreas de refugio.
- Preservación y dotación de seguridad a las áreas libres que puedan servir de áreas de refugio en casos de desastre.

Como previsión de desastres, a nivel de viviendas se necesitan acciones como:

- Crear medios que permitan a la población de bajos recursos económicos obtener una vivienda propia adecuada en términos de habitabilidad, seguridad y ubicación.
- Capacitar a la población y a maestros albañiles en lo referente a técnicas de construcción sísmica.
- Promover la construcción de viviendas en ubicaciones centrales con bajos alquileres.
- Brindar asesoría técnica permanente en la reconstrucción de viviendas.
- Cambiar la situación actual de tenencia para un mejor mantenimiento de las edificaciones (por ejemplo Propiedad Cooperativa).
- Reforzamiento estructural y adecuada reparación de las instalaciones de las edificaciones.

Mediante una adecuada planificación y eliminación o reducción de situaciones de vulnerabilidad, es posible reducir los riesgos producidos por los desastres naturales.

Además de realizar estudios de vulnerabilidad se deben implementar programas de educación para la prevención de desastres.

Contaminación Ambiental.

Este problema se presenta en el sector Suroeste en Piura. Se ha ido formando un cordón de asentamientos humanos (9 a 10) que circundan la laguna con el consiguiente problema de salubridad.

Además, ahora que se ha recomendado la reubicación de los sectores más cercanos a la laguna hacia otros que no presenten peligros, y que deberían utilizarse para fines de expansión urbana, parece bastante difícil porque ya constituye un problema social y económico.

Necesidad de un Plan de Desarrollo.

El Plan de Desarrollo es una respuesta a un problema actual, que se ejecuta en base a sus metas, dando soluciones a problemas concretos, racionalizando el uso del suelo e identificándose con la realidad cualitativa y cuantitativa, solucionando en este caso el problema contemplado en la meta de consolidar Piura-Castilla y los asentamientos humanos, según las normas y reglamentos establecidos, de acuerdo a la zonificación que ellos requieran, tomando en cuenta la microzonificación del potencial del peligro.

Evolución.

La confrontación entre el crecimiento de Piura contra la recesión en el área de Castilla demanda una urgente solución, tomando acciones que permitan un crecimiento balanceado que integre finalmente ambas áreas urbanas como una unidad para racionalizar sus necesidades y servicios, de acuerdo a un plan de uso del suelo.

Zonificación.

Actualmente la zonificación está normalizada a nivel de vivienda. Se ha detectado a nivel de industrias, algunos contaminantes en el casco urbano, las cuales deben ser reubicadas para lograr un funcionamiento óptimo de la estructura orgánica de la ciudad.

Red Vial Actual.

Actualmente, Piura carece de vías troncales que enmarquen el crecimiento de la ciudad.

El 60 % de las vías secundarias en Piura necesitan rehabilitación, deterioradas por el período pluvial excepcional.

Es evidente que en el casco urbano falta integración de Piura con Castilla, para completar el ciclo de vías perimetrales que integre y delimite el casco urbano.

La solución para integrar Piura es la construcción de puentes perimetrales para el tránsito pesado, diferenciándolo del liviano.

Energía Eléctrica y Alumbrado.

Piura requiere de un estudio técnico para solucionar definitivamente el problema energético que se agudiza.

Es necesario implementar acciones tendientes a realizar los proyectos de minicentrales eléctricas en la región que atiendan Piura y sus alrededores.

Redes Sanitarias.

Paralelamente a la implementación de servicios y equipamientos urbanos, debe en el mismo plazo desarrollarse un programa de implementación de las redes de agua y desagüe.

Un estudio de factibilidad de agua potable, alcantarillado y desagüe pluvial subterránea, teniendo en cuenta la utilización de las aguas servidas y pluviales para el desarrollo agrícola.

Dicho plan debe ser integrador, que comprenda la rehabilitación y tratamiento especial de las vías de pendiente pronunciada, que ayudarán a la evacuación de las aguas pluviales, pues la acción de éstas causan erosión si fuese afirmado o asfalto. Así también las vías en zonas inundables, deberán trabajarse con las cotas de rasantes propuestas por el proyecto de evacuación de aguas pluviales.

Recreación.

El nivel recreacional es un punto a desarrollar, no está implementado y es necesario cumplir con los requisitos mínimos de infraestructura urbana, sujeto a reglamentos.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

a.) CONCLUSIONES.

1.- El departamento de Piura, por estar situado en una zona cercana a la línea ecuatorial, está sujeto a las variaciones climáticas relacionadas con el fenómeno de "El Niño" que se presenta a veces con inusitada intensidad, como las ocurridas en 1925-1926, y 1982-1983 con consecuencias catastróficas.

2.- Una de las formas más eficaces de preveer el fenómeno de "El Niño" es a base de un control permanente de los parámetros océano-atmosféricos, con todas las técnicas de observación obtenidas en toda la vasta zona del Océano Pacífico principalmente en la tropical, comprendida entre las longitudes 70°W y 140°E, debe permitir anticipar la presencia del fenómeno en nuestras costas.

La información océano-atmosférica que cubra por lo menos el período entre Junio y Noviembre de cada año, es importante para estudiar las tendencias para el próximo verano.

3.- Más de la mitad (56.4 %) del total poblacional de la Provincia de Piura reside en los distritos de Piura y Castilla, con una población estimada al año 1990 con 333,949 habitantes y proyectada al año 2020 con 1'175,891 habitantes. Conforman una sola unidad urbana y es el primer centro urbano de la Región Grau que ocupan una superficie de 3,479.5 Has.

- 4 El último período pluvial de 1983, provocó el desplazamiento de grandes sectores hacia la ciudad de Piura incrementándose la formación de asentamientos humanos en sus áreas periféricas, motivadas por una fuerte necesidad de vivienda no teniendo en cuenta tipos de suelos, mala ubicación con respecto a riesgos naturales (desbordes del río, inundaciones), cuando se presente un fenómeno como el de "El Niño" especialmente.
- 5.- Son los sectores de menores recursos económicos los que viven en condiciones de mayor probabilidad ante la ocurrencia de un desastre.
- 6.- El incremento acelerado de viviendas estuvo vinculado a la aparición de asentamientos humanos. El 55 % de las viviendas se encuentran localizadas en 55 asentamientos humanos ubicados en Piura (sector Sur, Suroeste y Noroeste) y Castilla (sector Sur y Este), con inadecuadas condiciones de habitabilidad, seguridad, servicios básicos deficientes en su mayoría.
- 7.- La solución de la vulnerabilidad de la población escapa del ámbito puramente técnico del diseño, la planificación y las normas. Se necesita llegar al nivel político y a un marco socio-económico más justo, dando a la población oportunidades de mejorar condiciones de vida y de seguridad.
- 8.- El riesgo permanente de la ocurrencia de torrenciales lluvias generadas por el fenómeno de "El Niño" (por su cercanía a la Línea Ecuatorial), así como los sismos intensos (por estar dentro de la región caracterizada por un alto grado de sismicidad), son los eventos catastróficos a la que está expuesta la región Noroeste en la cual se ubica a la ciudad de Piura.
- 9.- La topografía que presenta la ciudad es ondulante, con diferencia de nivel promedio de 15 metros; presenta mayormente las cotas más altas (40 m.s.n.m)

donde se han desarrollado urbanizaciones de nivel socio-económico alto (San Eduardo, San Ramón, entre otras ubicadas hacia el norte).

En las cotas promedio de 30 m.s.n.m. se ubican las urbanizaciones El Chilcal, Bancarios, Grau, Santa Ana, Jubilados-Talara.

Hacia el sur se presentan las cotas más bajas (25 m.s.n.m.), áreas depresionadas desprovistas de algún tipo de desagüe pluvial y es donde se ubican la mayoría de los asentamientos humanos.

10.- El área donde se localiza Piura constituye geológicamente una zona de relativa estabilidad con problemas de procesos geodinámicos, susceptibles de ser menguados en sus efectos con adecuadas disposiciones de previsión, tanto para edificaciones como para otro tipo de obras.

11.- En la ciudad de Piura y otras localidades áridas de la costa, existe gran potencialidad de evaporación y pluviosidad, produciéndose un desequilibrio entre el movimiento ascendente y descendente, es la acumulación de sales en las capas superficiales del suelo. Debido a que las sales incluyen cloruro de magnesio y sulfatos, el concreto y otros materiales cementados en contacto con ellas, pueden sufrir un proceso de deterioro.

12.- La napa freática constituye un problema que deba solucionarse, pues éste es notorio en las edificaciones con sótano por la elevación eventual de la napa freática debido a intensas precipitaciones que irregularmente se presentan.

Además, debido a los medios restringidos de evacuación natural se producen almacenamientos de agua en el freático superficial por el exceso de formas e intensidad de recargas locales como son los riegos excesivos de jardines, filtraciones de tuberías deterioradas, canales y el flujo lateral proveniente de la laguna negra.

13.- Comparando las curvas de nivel freático del año 1970 y 1986, nos demuestran que ambas tienen el gradiente hidráulico hacia el río Piura, el mismo que está funcionando como un dren natural (en épocas de mínima descarga), pero actuaría como alimentador del acuífero superficial en épocas de máximas avenidas.

14.- En general el río Piura se clasifica como tipo pluvial oceánico, por la acción que ejerce sobre éste, la corriente de "El Niño" con descargas anuales muy irregulares durante el período 1926-1990.

Esta irregularidad ha sido prácticamente superada mediante el Reservorio de Poechos y el Canal de Derivación Chira-Piura, sistema que complementa los recursos de agua del Valle del Bajo Piura, con los excedentes del río Chira.

15.- Hay una estrecha relación entre el histograma de lluvias y descargas registradas, notándose que a un aumento de las precipitaciones acumuladas hay un consecuente humedecimiento del suelo, y por lo tanto un incremento de escorrentía superficial.

16.- De la distribución espacial de los sismos, las zonas más peligrosas para todas las obras importantes de la ciudad, lo constituyen la zona marina y el litoral en donde ocurren los sismos superficiales por la interacción de las placas tectónicas.

17.- Por las características sismo-tectónicas, el sismo máximo puede ser de magnitud 8.5, originando en el área de influencia intensidades de IX MM, cuya aceleración sería de 0.47g y su período de recurrencia parece ser mayor de 1,000 años.

Por las estadísticas del sismo de diseño podría ser para 100 años de vida de las obras, de intensidad VIII MM la aceleración sería de 0.28g.

Si el período de vida de las obras es de 50 años la aceleración sería de 0.17g.

El período predominante de estos sismos sería del orden de 0.15 a 0.20 segundos.

- 18.- El análisis de la influencia de las condiciones locales del suelo con respecto a daños principalmente al efecto de las vibraciones requiere de un conocimiento de complejas interrelaciones entre las características físicas y mecánicas propias de cada tipo de suelo, profundidad o potencia de los estratos, posición del nivel freático, amplitud del movimiento sísmico, características de los factores de estos movimientos y detalles estructurales de las edificaciones.
- 19.- Como sabemos, la ciudad de Piura está localizada en una zona sísmica y los materiales que forman la cimentación de las edificaciones en su mayoría son arenas finas no cohesivas y limos arenosos (SP/SM), por lo que se ha considerado indispensable evaluar en forma preliminar la licuación potencial de los suelos cuando se produzca un sismo de intensidad VII y VIII MM utilizando para ello una ecuación desarrollada en China, en donde los valores "N" críticos se relacionan con la intensidad de sismo, profundidad del nivel freático y espesor del estrato de arena cuyo potencial de licuación se considera.
- 20.- Los cuadros N^{ROS}. 2 y 3, nos muestra que en la ciudad de Piura existen zonas donde puede ocurrir el fenómeno de licuación de suelos si se presentase un sismo de intensidad VII y VIII MM.

Se observa que los sondajes concentrados en una zona, no en todas se produce licuación, esto indicaría la compleja intercalación de estratos que presenta el subsuelo donde se asienta la ciudad de Piura, dadas las condiciones climáticas, topográficas que las caracteriza.

21.- Actualmente la ciudad de Piura-Castilla cuentan con un sistema de evacuación pluvial y obras de protección de las riberas del río Piura en los tramos que cruza la ciudad. Sin embargo la seguridad contra los ataques del río, cuyo comportamiento es impredecible, sigue cuestionada pues zonas críticas como la de El Chipe está expuesta a la erosión lateral e inundaciones; no tiene tales defensas, margen derecha y otras de la margen izquierda

Las inundaciones en las zonas más bajas se manifestarán rápidamente, sobre todo en aquellas zonas cuyas cotas comprendidas entre 29 y 30 m.s.n.m., sino se ejecutan medidas de mantenimiento y se encuentran en condiciones adecuadas para que cumplan las funciones para las cuales fueron diseñadas.

22.- La aplicación de las teorías de la Mecánica de Suelos bajo las condiciones actuales del terreno, suponen que las características de estabilidad de estos materiales están regulados por su resistencia, estado de compacidad y humedad natural para solicitaciones estáticas y por efectos de intensidad y duración del sismo en el caso de licuación inducida por solicitación dinámica.

23.- En la zona II también se presentan condiciones desfavorables de saturación de suelos, baja compacidad de suelos y napa freática que aflora en la superficie. En esta zona se asientan asentamientos humanos cercanos a la antigua laguna de oxidación.

24.- En la zona VI se presentan mejores condiciones para cimentar. No se detectó napa freática hasta la profundidad estudiada.(6 m.).

25.- El plano de microzonificación permite identificar áreas amenazadas por los fenómenos naturales que ocurrieron y que potencialmente pueden ocurrir: sismos y lluvias torrenciales.

Este podrá ser utilizado en la planeación del uso del suelo, pero en el área consolidada ayudará a fijar las medidas de atención a emergencias para las zonas de alto riesgo de desastre, optimizar la asignación de fondos para obras y sistemas de protección, estimular el desarrollo de zonas menos comprometidas, orientar planes de investigación de problemas detectados y otras aplicaciones.

- 26.- La ciudad de Piura presenta zonas vulnerables, dadas por las características físicas y socioeconómicas que determinan(en forma preliminar) la probabilidad de sufrir daños al producirse un fenómeno natural.

Las zonas identificadas por presentar mayor vulnerabilidad son:

Zona I, presenta condiciones de vulnerabilidad no solamente por la ubicación inadecuada (sector Sur-oeste, en Piura), sino por los materiales no resistentes, de mala calidad y tipos de construcción y estructuración de las viviendas que no ofrecen seguridad ante un sismo intenso y lluvias torrenciales.

- 27.- Las áreas de expansión urbana seleccionadas, tienen altos costos de habilitación urbana restringidas a los sectores de bajos recursos económicos. Estos están a la espera de tomar posesión de las áreas periféricas, mal ubicadas con respecto a riesgos naturales. Esto se debe a la incapacidad del Estado de ofertar a tiempo y en la cantidad suficiente terrenos adecuados y controlar y orientar la expansión y desarrollo urbano.

b.) RECOMENDACIONES.

- 1.- La amenaza de estos fenómenos naturales y la experiencia del fenómeno de El Niño de 1983, su alta tasa de crecimiento poblacional (4.2 % anual) hace que sea imprescindible que dichos fenómenos sean considerados en los planes de desarrollo económico y social para mitigar sus efectos y lograr un crecimiento armónico.
- 2.- Por las características presentadas en la historia de los sismos ocurridos en la región Noroeste del Perú (1814-1871), debemos tener en cuenta la susceptibilidad de licuación de suelos en la ciudad de Piura.
- 3.- Por las particularidades y características de la zona, Piura está localizada en la Segunda Región Sísmica, dentro de la regionalización sísmica del país. Por ello, un diseño que norme a las edificaciones podría ser el más adecuado. Tener en cuenta factores que contribuyen a la iniciación y severidad de los daños en las edificaciones al impacto de un sismo intenso tales como defectos de configuración estructural, debilidad en muros y pórticos, falta de interconexión entre los techos y pisos superiores, baja calidad de la construcción, diseño inadecuado de la cimentación.
- 4.- Se recomienda exigir a las construcciones de las nuevas habilitaciones urbanas el proyecto de evacuación de aguas pluviales en concordancia con el plano de evacuación de aguas pluviales de la ciudad de Piura que fuera realizado por el Colegio de Arquitectos, filial de Piura.
- 5.- Debe haber un control para evitar que nuevos asentamientos humanos se asienten siguiendo la topografía existente, sin tener en cuenta el criterio de evacuación superficial de aguas pluviales.

- 6.- Las vías de las zonas inundables deberán de tener un tratamiento diferente como concreto, por ejemplo, para su terminado, pues la acción de evacuación en ellas puede causar erosión en la vía si fuese afirmado o asfalto. Además se debe tener en cuenta un ensanche de estas vías.

- 7.- La ciudad debe contar con un buen sistema de drenaje de aguas pluviales para evitar inundaciones.

Actualmente Piura y Castilla cuentan con un sistema de evacuación pluvial, considerando que deben ejecutarse un conjunto de trabajos referidos a la recuperación de este sistema, ya que requieren de algunas reparaciones como consecuencia de una falta de mantenimiento, limpieza y el mal uso de algunos drenes contaminados con aguas servidas que fluyen de algún domicilio o de un colector roto. Así también la culminación de varias obras de arte pese a estar consideradas en los diseños de los sistemas de evacuación.

- 8.- Es necesario reglamentar los retiros de las nuevas edificaciones para que se posibilite una uniformidad armónica, como la solución del tramo IV (Malecón Eguiguren) y así lograr la importancia que merece esta zona, además que el valor de los terrenos adquirirán gran valor, y lo que es más importante, la protección de la población ubicada en las riberas.

- 9.- Debe haber un control que permita la no expansión de asentamientos humanos hacia la ribera del río, aguas abajo del Puente Bolognesi donde se ubican las áreas inundables de mayor grado, porque se encuentran topográficamente más bajas en relación a la zona norte y el desborde del río se hará por dichos sectores.

- 10.- La defensa ribereña del Río Piura, debe prolongarse hacia aguas arriba, hacia la zona de El Chipe y otras de la margen izquierda, entre el Puente Sánchez Cerro y Los Ejidos, y posiblemente hacia aguas abajo por estar expuestas a la erosión lateral e inundaciones.
- 11.- Debemos tener presente siempre que las obras de encauzamiento construídas, no dan una seguridad absoluta contra los ataques del río, cuyo comportamiento es impredecible.
- 12.- Es necesario mantener el cauce limpio, mediante descargas desde Poechos antes de la época de avenidas, cuando la disponibilidad de aguas lo permita.
- 13.- Otra sección que es muy importante, es crear conciencia entre los pobladores y campesinos del cuidado que deben tener esas obras de las cuales depende su seguridad. Esto puede hacerse mediante charlas a través de los medios de comunicación y en colegios para que los jóvenes y niños aprendan a conocer la importancia de esos trabajos, que los protegerán de desastres como el de 1,983.
- 14.- La realización de un estudio "in situ" que permita conocer las características estructurales de las edificaciones de la ciudad de Piura, se identificarían deficiencias tanto en la estructuración o diseño, así como el proceso constructivo que ocasionarían fallas de algunas de estas edificaciones. Esto es importante para tomar oportunamente medidas de reforzamiento estructural para los diferentes tipos de construcción.
- 15.- La construcción de rellenos y el consiguiente movimiento de tierras y tratamiento previo, disminuiría el potencial de licuación de las áreas afectadas; así también tipos de cimentación especial.

- 16.- Debido a la probabilidad de roturas o deficiencias en las instalaciones de agua y desagüe, así como riego de las áreas verdes, podrían originar filtraciones futuras hacia los suelos de cimentación, saturándolos dando las condiciones propicias para que el suelo pierda su resistencia por el fenómeno de licuación. Será conveniente preservar al suelo de saturaciones innecesarias, recomendándose que las redes domiciliarias se construyan lo mas estancadas posible sin fugas o roturas y se diseñen para que no fallen durante un sismo, planificación de un buen drenaje de suelos, y la construcción de drenajes en la estructura que se edifique a fin de evitar flujos hacia el interior del suelo.

También se tomarán precauciones por el ascenso de aguas freáticas en épocas de lluvias torrenciales; por tal motivo no se recomienda la construcción de sótanos por el peligro de inundación (si está ubicado en zonas bajas) y pérdida de capacidad portante del suelo subyacente al saturarse (fenómeno pluvial de 1983, elevó el nivel freático hasta la superficie), para evitar problemas de:

- Asentamientos diferenciales excesivos.
- Fallas en la subestructura de cimentación.
- Fallas estructurales en general.
- Colapso total de la estructura que es soportada por la cimentación con el consiguiente peligro de vidas humanas.

Cimentar a una profundidad adecuada, tipo de cimentación: zapatas continuas conectadas entre sí por vigas de cimentación para evitar que posibles elevaciones del nivel freático origine una disminución a la presión efectiva y por ende la capacidad portante.

- 17.- En la zona I se ha encontrado condiciones críticas de saturación de suelos. Contiene a un antiguo lecho de río, que es justamente una zona que coincide con una franja topográficamente baja y en donde se asientan urbanizaciones y asentamientos humanos en el límite sur de la ciudad.

Se recomienda no apoyar sobre estos suelos saturados, mejorando el terreno con material tipo gravo-arenoso de buena graduación y debidamente compacto, que pueda servir de terreno de fundación a la estructura civil que se construya.

Para la cimentación diseñar zapatas conectadas con la finalidad de contribuir esfuerzos uniformes al terreno.

- 18.- Se recomienda mayor recopilación geotécnica, de los estudios de Mecánica de Suelos para Cimentaciones, los cuales se encuentran en manos de instituciones públicas y privadas de la Ciudad con el propósito de tener un mejor conocimiento de las condiciones del subsuelo.
- 19.- Se recomienda dotar de vías de evacuación o auxilio en caso de emergencias y áreas públicas donde la población pueda refugiarse en caso de desastres, dada la estrechez de calles y pasajes y carencia de áreas libres que caracteriza el casco central antiguo.
- 20.- Hacia el Nor-oeste de la zona VI el terreno natural presenta una topografía accidentada compuesta por quebradas que siguen el trazo de las curvas de nivel más bajas del terreno. Por ésta corren desechos orgánicos procedentes del depósito de PETROPERU, por lo que se recomienda realizar el movimiento de tierras necesario a fin de encauzar corrientes pluviales que no alteren las cimentaciones de las viviendas.
- 21.- En construcciones de albañilería dar las medidas de evacuación y protección a los techos aligerados, para evitar empozamientos de aguas que origina filtraciones especialmente a través de las cajas de luz; asimismo los pisos de parquet y vinílicos por ser más susceptibles a la humedad.

Dotar de aleros o volados a las viviendas para proteger a los muros de la acción directa de las lluvias.

Dar protección a la parte inferior de los muros mediante zócalos.

Los techos con cobertura de calaminas metálicas o asbesto-cemento, deben tener una adecuada caída y buen mantenimiento.

- 22.- Se recomienda dar mantenimiento a todas las casetas de Bombeo de aguas servidas, dotándolas de un sistema propio de generación eléctrica. Esto evitará el represamiento de los desagües que provocaría la rotura de las tuberías de alcantarillado por exceso de presión interna.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Alteraciones Climatológicas y sus Efectos Económicos y Sociales en los Departamentos de Piura y Tumbes". Piura, Octubre 1983. UNP.
- 2.- ARESTEGUI NAVARRO, J. "Determinación y Análisis de la Curva Regional de Frecuencia de Máximas Avenidas del río Piura". Tesis de Grado UNA, 1983.
- 3.- "Asentamientos Humanos del Sector Oeste. Caso de la Laguna Negra". Departamento de Asentamientos Humanos no Regularizados. Municipalidad de Piura.
- 4.- "Aspectos científicos por el Fenómeno El Niño y su incidencia en la Región Piura-Tumbes". Piura, 1985. Ediciones Ubillús.
- 5.- CARRASCO-JUAN. "Estudio de la Correlación de algunos datos meteorológicos existentes con el régimen de descargas del río Piura". Tesis de Facultad de Agronomía. UNP, Piura.
- 6.- CISMID. "Memorias del Primer Simposium Nacional de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales". Lima, 1-3 Junio 1987.
- 7.- CISMID. "Los desastres Naturales y los Planes de Desarrollo Económico y Social de la Región Grau". Lima, 7-12 de Febrero 1990.
- 8.- CISMID "Seminarios en Ecuador, Colombia y Venezuela". 3-10 Diciembre 1991.
- 9.- CONCYTEC. "Ciencia y Tecnología y Agresión Ambiental: el Fenómeno El Niño".
- 10.- DEPECHP. "Proyecto de Rehabilitación del Bajo Piura. Presa Derivadora "Los Ejidos". Informe Geotécnico, 1981.
- 11.- DEPECHP. "Información Pluviométrica de Estaciones Controladas por la Dirección de Hidrología y Meteorología". 1989-1990.

- 12.- DEPECHP. "Canal Principal de Irrigación del Bajo Piura y Control de Avenidas del río Piura. Diques de Defensa y Encausamiento del río Piura". Proyecto de Rehabilitación del Bajo Piura. Estudio definitivo.
- 13.- DEPECHP. "Presa Derivadora Los Ejidos". Informe Técnico.
- 14.- CHAVEZ, SONIA. "Influencia del Represamiento Los Ejidos en Napa Freática de la ciudad de Piura". Tesis de Grado UNA 1986.
- 15.- CENDRET. "Estudio de Drenaje de la Ciudad de Piura". 1970.
- 16.- FUENTES ORTIZ, C. Ingenieros S.A. "Anteproyecto para el Encausamiento del río Piura en el tramo urbano de Piura". CORPIURA. 1983.
- 17.- GALLARDO TAPIA, J. "Metodología y Evaluación de daños en la Zona del Alto Mayo". Quinto Simposium Nacional de Prevención de Desastres. 29-31 de Mayo de 1991.
- 18.- HUACO, DANIEL Y RODRIGUEZ, LEANDRO. "Actividad Sísmica derivada en la zona de embalse Chira-Piura". Instituto Geofísico del Perú, Noviembre 1977.
- 19.- HÚACO, DANIEL. "Peligro Sísmico de la Región de Piura".
- 20.- INADUR. "Estudio de Preinversión para Localizar y Dimensionar Programas de Viviendas". Vol. I, II, 1989.
- 21.- KUROIWA, J., KUMMAGAI, Y. y SATO, J. "El Desarrollo Económico y Social de la Región Grau y los Desastres Naturales Base para el Plan Nacional para su Prevención y Mitigación". Mem. VIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Piura, 25-29 Setiembre 1990.
- 22.- LAMA, RAFAEL. "Efectos de las lluvias torrenciales de 1983 en las obras de ingeniería en Piura, Sullana y áreas agrícolas aledañas". Tesis de Ingeniería Civil. UNI, Lima 1984.
- 23.- MARQUEZ, JUAN. "Evaluación del Período Hidrológico del año 1983 y sus efectos en la Provincia de Piura". Tesis de la Facultad de Agronomía. UNP Piura 1983.

- 24.- MARTINEZ VARGAS, ALBERTO. "Estudio de Pistas y Veredas. Avenida Grau, Piura". Agua y Agro AA.SS.-CORPIURA, 1984.
- 25.- MARTINEZ VARGAS, ALBERTO. "Tratamiento de la Cimentación de las Defensas Ribereñas del río Piura. Ciudad de Piura y Castilla". Conferencia CIP 1986. Comité de Mecánica de Suelos, Fundaciones y Mecánica de Rocas, Lima-Perú.
- 26.- MARTINEZ VARGAS, ALBERTO. "Tratamiento de Defensas Ribereñas en Piura". Perú 1987. VIII Congreso Panamericano Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos. Cartagena-Colombia.
- 27.- MARTINEZ VARGAS, ALBERTO. "Geotecnia para Ingenieros. Principios Básicos". 1990, Editor Lluvias.
- 28.- MARTINEZ VARGAS, ALBERTO. "Mapas Geotécnicos para Dinámica de Suelos". 1991 Memorias del Seminario Taller de Dinámica de Suelos. CISMID-UNI.
- 30.- "Mecánica de Suelos para determinación de capacidades portantes para las cimentaciones de edificaciones en Piura y Castilla". UDEP, CORPIURA. 1982-1990.
- 31.- "Piura: Algunas características de la población". 26 de Junio de 1986. INE.
- 32.- "Proyecto de Emergencia de Alcantarillado Piura-Castilla". Oficina de Diseño, SENAPA, Lima 1984.
- 33.- " Revista Científica Técnica Cultural". Junio-Julio, 1988. UNI-FIC.
- 34.- ROMERO, GILBERTO. "Desastres Naturales y Sociedad en América Latina". Comisión de Desarrollo Urbano y Regional. 1984.