

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



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

**MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES Y
LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO URBANO
PARA LA MITIGACION DE DESASTRES**

T E S I S

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL**

CESAR EBERT TAPIA CANALES

Lima - Perú
1991

SUMARIO

La región Grau es una de las más amenazadas por desastres ocasionados por fenómenos naturales como "El Niño" (1925 y 1983) y sismos (1953 y 1970), además es una de las que ofrece mejores posibilidades de desarrollo económico, y son por estas razones que fué seleccionada para realizar un estudio modelo de planeamiento físico, de tal forma que sus métodos puedan aplicarse a otras regiones, con dos objetivos principales que son: el incluir medidas de mitigación en el proceso de desarrollo económico-social usando la microzonificación como herramienta clave; y, educar a la población para que pueda hacer frente de la mejor manera posible a los desastres que amenazan a su comunidad. Esto con el propósito de alcanzar las metas programadas al final de la DIRDN (Década Internacional de Reducción de Desastres Naturales) designada por la ONU.

Con ese motivo, la UNI viene desarrollando 12 tesis de investigación con temas sobre mitigación de desastres en la región Grau.

Uno de estos proyectos de investigación es el presentado en esta tesis, que trata sobre la ciudad de Tumbes.

Esta ciudad tiene una importancia especial en la región, debido a su ubicación estratégica fronteriza, a su notable crecimiento demográfico y, a ser una de las más castigadas por los efectos de los fenómenos mencionados.

El proyecto en mención, además, está dirigido a mostrar en forma global el riesgo de desastre en la zona utilizando el método de microzonificación, estimar la vulnerabilidad que presenta en la actualidad, y cuales son las futuras áreas de expansión para su desarrollo; siendo el objetivo fundamental, el de servir de base

para los planes de prevención y mitigación de desastres a un nivel más profundo, a fin de optimizar este desarrollo y elevar el nivel de vida de la población.

El peligro será analizado desde los puntos de vista de antecedentes de desastres y por las condiciones naturales que presenta la ciudad; aunque esto último en forma general pero representativa, por ser un campo muy amplio que escapa a los alcances del presente trabajo.

Se estima que el fenómeno "El Niño" de efectos moderados ocurre cada 7 ú 8 años, y un sismo de magnitud 7 (escala Richter) cada 20 años (esto obviamente para la zona).

La ciudad de Tumbes ubicada a 3°34' de latitud Sur y 80°27' de longitud Oeste, presenta una temperatura promedio anual entre 20°C y 32°C, además de una humedad relativa entre 70% y 90%. Su extensión es de 6 Km². y su principal acceso es la carretera Panamericana Norte. Dista de la frontera 25 Km². y de Piura 260 Km².. Las lluvias se producen en los meses de Enero a Abril, siendo su precipitación promedio anual de 172mm.

Presenta una población de aproximadamente 60,000 habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 5%, encontrándose la ciudad en estos momentos en constante proceso de urbanización por emigración del campo ó ciudades pequeñas a la ciudad de Tumbes.

Una característica muy particular en la ciudad es que el 60% de su población es flotante, es decir, está de paso desde y hacia la frontera.

Se estima que la PEA de la ciudad es de alrededor del 34% con respecto al departamento; siendo las principales actividades, la de servicios (36%), comercio (23%) y, agricultura y pesca (16%). Las causas de estos altos porcentajes en servicios y comercio no solo es debido al intercambio comercial fronterizo, sino

también a la ubicación base para la industria langostinera y, en época de verano, por la atracción de las playas del litoral tumbesino.

Para una mejor identificación de los diversos aspectos físicos en la ciudad y desde el punto de vista de su consolidación en la zona, se la sectoriza en : "Ciudad Vieja" (zona antigua y la más consolidada), "Ciudad Intermedia" (asentamiento limitado por accidentes topográficos) y "Nuevo Tumbes" (actual expansión proyectada). (ver mapa)

Las condiciones naturales que presenta la ciudad tiene características especiales tanto desde el punto de vista morfológico como hidrológico.

Podríamos describirla como una zona atravesada, en diferentes direcciones, por pequeñas y medianas quebradas naturales que se convierten en drenes cuando ocurren precipitaciones pluviales.

Por lo general, las quebradas relativamente grandes (Tumpis y El Nieto) son de gran longitud (1 a 1.5 kms.) y pendientes del orden del 3%, sin embargo, las pequeñas quebradas dentro de la "Ciudad Vieja" alcanzan pendientes de hasta 17% (cerca del reservorio, en el Tablazo).

La parte superficial en la zona baja la constituyen depósitos fluvio-aluvionales. Esta zona se considera del cuaternario; sin embargo, en la parte alta de la ciudad, hacia el S y SE, afloran formaciones del terciario.

Los suelos de la ciudad de Tumbes se caracterizan por ser de naturaleza arenosa, arcillosa y limosa; existiendo la presencia en algunas zonas de material gravoso y orgánico. Estos suelos presentan perfiles irregulares y no definidos, encontrándose que en la parte baja el suelo es más blando y suelto que en la parte alta, aquí se encuentran zonas bastante compactas presentando gran impermeabilidad.

Algunos sectores de esta parte alta son erosionables, debido a la existencia de capas de calizas donde el contenido de sal (además de algunas capas orgánicas) facilita el lavado de los suelos.

En general en toda la ciudad las arcillas presentan signos de ser medianamente expansivas.

La hidrología de la zona se identifica en el río Tumbes, de comportamiento especial, pues tiene una pendiente (frente a la ciudad) del orden de 3 0/00 causando cambios constantes de su cauce. Estos cambios, además de las crecidas, son los generadores de las grandes inundaciones en la ciudad amortiguadas por el momento, por la existencia del Malecón Benavides. Se dice "por el momento" porque el lecho del río está colmatándose, elevando en consecuencia el nivel superficial normal del agua, además existe una lenta erosión, que se está investigando en la actualidad, por el probable efecto de las mareas; todo esto origina la disminución de su vida útil.

Según estimaciones, con una crecida del río con un caudal de $q = 1,500$ m³/seg. se inunda el 90% de la zona baja (en 1975 alcanzó los 3,000 m³/seg.).

La napa freática es otro de los factores físicos que afecta la ciudad; una evidencia de esto es que en la zona baja, en estos momentos (época seca), el N.F. está a 0.5 mts. de la superficie haciéndola inhabitable.

De acuerdo a estas características físicas y a los antecedentes de desastres mencionados, la ciudad de Tumbes enfrenta constantemente los efectos físicos siguientes:

- Inundaciones por el río y precipitaciones pluviales en la zona baja y, en las depresiones de las quebradas en la parte alta.

- Erosión en zonas de pendiente pronunciada por la existencia de sales y, por el escurrimiento de las precipitaciones pluviales en la parte alta.
- Formación de aniegos y charcos por afloramiento de agua subterránea en época de lluvia en la zona baja.
- Expansión de suelos en algunos sectores de la ciudad.
- Amplificación de ondas sísmicas en toda la ciudad, además de problemas de asentamiento (suelos blandos), agudizándose esto en la zona baja.
- Probable densificación y licuación en la zona baja, en puntos de gran potencial de arena y napa freática superficial.
- Peligro de derrumbes en las laderas de la quebrada Pedregal, al NE de la ciudad.

Ahora, el estado actual de la infraestructura urbana presenta un marco desordenado, tanto desde el punto de vista de usos de suelo como del aspecto físico en sí.

Los ejes comerciales principales de la ciudad, así como el mayor porcentaje del área institucional, se ubican en la zona central (tradicional), igual sucede con las estaciones de transporte.

Los núcleos comerciales de la "Ciudad Intermedia" y "Nuevo Tumbes" (zonas de expansión en proceso de consolidación) no existen. Esto trae, entre otros, problemas de fluidéz y desorden en las actividades socio-económicas.

Desde el punto de vista funcional, el núcleo educativo principal (grandes Institutos Superiores), se encuentra relativamente bien ubicado, pero no desde el punto de vista de peligro físico.

Las áreas de uso militar impiden la restringida expansión y consolidación urbana al NW de la Av. Panamericana (parte baja); además, es necesario recalcar el hecho de que la ciudad se presenta como un blanco perfecto en el caso de un conflicto bélico internacional, encontrándose la población en este sentido, completamente expuesta a este riesgo.

Con respecto al aspecto físico de la infraestructura, la ciudad presenta características bien marcadas.

Los materiales predominantes en las edificaciones son el material noble y la caña y barro, constituyendo este último el de mayor porcentaje.

En general, las construcciones de caña y barro se ubican en la periferia de la ciudad; sin embargo en la parte central existe un porcentaje representativo de estas, caracterizadas por su gran altura (en 3 pisos, 15 mts. aprox.), habiendo presentado gran resistencia a desastres como el de 1953, 1970 y 1983.

En la parte central predominan las construcciones de material noble, cuya estructuración en mayor porcentaje es de albañilería confinada y no confinada, además, existen zonas de conglomeración de edificaciones de 4 pisos. El edificio más alto de la ciudad se encuentra en la parte alta y tiene 6 pisos (20 mts. aprox.).

Casi toda la ciudad presenta (en las edificaciones) un estado de estructuración y conservación de regular a malo, debido a la baja calidad de la mano de obra existente y al material ordinario utilizado; presentando claras evidencias de problemas como: eflorescencia en los ladrillos, juntas muy separadas, columnas cor-

tas, falta de confinamiento adecuado, torsión, y mala distribución de muros y, en general, construcciones sin criterio sísmico.

El estado de conservación de las construcciones de caña y barro es deficiente, por la falta de mantenimiento y el uso incorrecto de los componentes en la construcción de estas edificaciones.

La vulnerabilidad que presenta esta infraestructura de la ciudad frente a un desastre se estima de medio a alto.

Considerando, además de la vulnerabilidad, las condiciones naturales peligrosas que presenta la ciudad, se evidencia en ésta sectores de riesgos definidos. Así, podemos ubicar por ejemplo a la periferia de la ciudad como de riesgo alto frente a un fenómeno "El Niño", y el centro frente a sismos.

La infraestructura vial presenta similares condiciones de vulnerabilidad y riesgo; por ejemplo, sólo el 20% del sistema vial en toda la ciudad (que también está en la parte central) está pavimentado, y estos se encuentran en mal estado por las lluvias.

La red de desagüe funciona parcialmente en la "Ciudad Vieja" y no existe en las demás zonas.

La red de alcantarillado está dejando de funcionar por el constante deterioro que presenta y la red de agua tiene problemas en la calidad del material, existiendo problemas de rotura de tuberías, debido a que son completamente vulnerables a los efectos de las lluvias y al mal tipo del suelo.

Dos problemas saltantes en este aspecto son: El alto riesgo de destrucción que presenta la carretera Panamericana, a la altura del Cauce Viejo, amenazando con aislar la ciudad por erosión del río; esto traería como consecuencia inmediata, la

inutilización de la Planta de Tratamiento de agua dejando a la ciudad desabastecida de este servicio.

Haciendo una evaluación de los aspectos analizados, se puede concluir que, ante el alto riesgo de desastres naturales que presenta la ciudad, es necesario ubicar zonas favorables para la expansión, que ofrezcan seguridad física y buenas condiciones de urbanización, a fin de contribuir con el reordenamiento del caos actual de la ciudad.

Desde el punto de vista de seguridad y funcionalidad, existen dos zonas marcadas al NW de la ciudad, y estas son: La parte baja (entre la "Ciudad Vieja" y la "Ciudad Intermedia"), con restricciones en sus construcciones por el peligro de inundaciones, pero con las condiciones topográficas propicias para una urbanización; y, en la parte alta, en la zona posterior a "Nuevo Tumbes", por ser una zona físicamente segura (solo con problemas de expansión de suelos). Además, estas buenas condiciones también se presentan hacia el NE sobre la carretera Panamericana, pero estas áreas son de propiedad privada (molinos).

Como en la actualidad solo existen algunos planes de prevención puntuales (de la rehabilitación de 1983), es necesario señalar los aspectos más importantes que deben ser tomados en cuenta, para además de darle seguridad física a la ciudad, impulsen su desarrollo sobre esta base. Estos aspectos son:

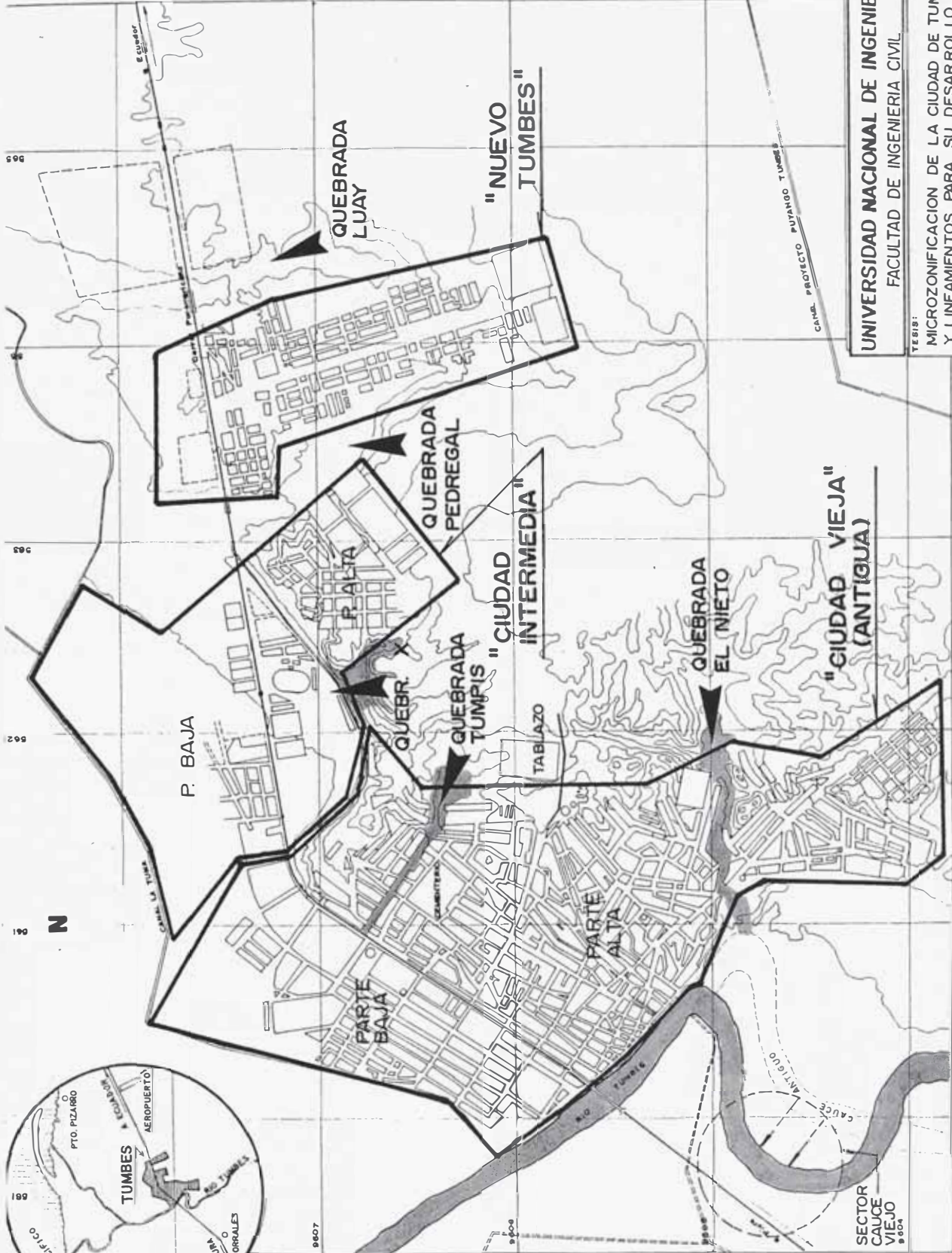
- Plan integral de usos de suelo en toda la ciudad (sobre todo en las áreas de expansión).
- Plan económico-práctico de evacuación de las aguas pluviales y subterráneas (drenaje) en toda la ciudad.
- Pavimentación de las calles de la ciudad y reordenamiento del sistema vial.

- Planes alternativos de sistemas constructivos resistentes a desastres para la zona.
- Planes alternativos de rediseño y reforzamiento de las redes de agua y desagüe. Extensión de estos servicios a las zonas que no la tienen.
- Estudio de la mejor ubicación y seguridad de la captación de agua y planta de tratamiento.
- Plan de reforzamiento y reparación de las principales estructuras en la ciudad.
- Estudio integral del río Tumbes.
- Estudio hidrogeológico del valle del río Tumbes.

Nota: Estos dos últimos a gran escala.

Los planes señalados son los de necesidad inmediata; pero, es necesario decir que, en primer lugar debe formarse un sistema práctico de prevención de desastres. Los organismos locales pertinentes deben adoptar este sistema y generar un mecanismo de ejecución fácil y rápido para su aplicación.

Obviamente este sistema de prevención debe ser integral, es decir, tanto desde el punto de vista físico como social.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
 Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
 URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
 BACHELER
 CESAR TAPIA CANALES

ESCALA
 1 / 30000

FECHA
 MAYO 1991

MAPA ESQUEMATICO

Tabla de Contenido

Lista de Tablas

SUMARIO	1
INTRODUCCION	10
1.0 CAPITULO I .- OBJETIVOS Y ALCANCES	12
1.1 OBJETIVOS	12
1.2 ALCANCES	16
2.0 CAPITULO II .- ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD DE TUMBES Y ANTECEDENTES DE LOS PRINCIPALES DE- SASTRES QUE SE PRODUCEN	18
2.1 UBICACION Y CARACTERISTICAS GENERALES	18
2.2 ANTECEDENTES DE DESASTRES EN TUMBES	20
3.0 CAPITULO III .- ESTUDIO SOCIO - ECONOMICO DE LA CIUDAD DE TUMBES	35
3.1 GENERALIDADES	35
3.2 DEMOGRAFIA	36

3.3	ASPECTO SOCIO-ECONOMICO	39
4.0	CAPITULO IV .- ANALISIS DE LAS CONDICIONES NA- TURALES DE LA CIUDAD	50
4.1	GEOMORFOLOGIA:	51
4.2	GEOLOGIA:	54
4.3	TOPOGRAFIA:	58
4.4	MECANICA DE SUELOS:	60
4.5	CLIMATOLOGIA:	65
4.5.1	TEMPERATURA:	69
4.5.2	PERTURBACIONES BAROMETRICAS DE LA ATMOSFERA:	70
4.5.3	PLUVIOMETRIA	73
4.6	HIDROLOGIA:	84
4.6.1	HIDROLOGIA SUPERFICIAL	84
4.6.2	HIDROLOGIA SUBTERRANEA	93
5.0	CAPITULO V .- GEODINAMICA Y DIAGNOSTICO DE TUMBES FRENTE A LOS DESASTRES NATURALES	95
5.1	GEODINAMICA INTERNA	95
5.1.1	ORIGEN Y GENERACION DE SISMOS	96
5.1.2	SISMOLOGIA GENERAL	97
5.1.3	SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	100
5.1.4	MICROZONIFICACION POR EFECTOS SISMICOS	104
5.2	GEODINAMICA EXTERNA	107

5.2.1	CAUSAS NATURALES	107
5.2.2	EFFECTOS DE CAUSAS NATURALES	113
5.2.3	CAUSAS ARTIFICIALES Y SUS EFECTOS	116
5.2.4	MICROZONIFICACION DE PELIGRO POR EL FENOMENO "EL NIÑO"	117
6.0	CAPITULO VI .- ESTADO ACTUAL, VULNERABILIDAD Y ESTIMACION DEL RIESGO DE DESASTRE EN LA CIU- DAD	120
6.1	GENERALIDADES	120
6.2	CATASTRO GENERAL 1990	121
6.3	USOS DE SUELO 1990	124
6.3.1	USO RESIDENCIAL	124
6.3.2	USO COMERCIAL RESIDENCIAL	124
6.3.3	USO CIVICO-COMERCIAL	125
6.3.4	USO INSTITUCIONAL	126
6.3.5	USO RECREACIONAL	126
6.3.6	USO INDUSTRIAL	127
6.3.7	USO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	127
6.3.8	USO ESPECIAL	128
6.4	ASPECTO FISICO Y VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES.-	128
6.4.1	MATERIALES PREDOMINANTES	129
6.4.2	ALTURA DE EDIFICACIONES	132
6.4.3	ESTRUCTURACION Y ESTADO DE LAS EDIFICACIONES :	134

6.4.4	VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A UN DESASTRE NATURAL	139
6.5	ESTIMACION DEL RIESGO DE DESASTRE DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE SERVICIOS VITALES	144
6.5.1	ESTADO Y VULNERABILIDAD DEL SISTEMA VIAL	145
6.5.2	ESTADO Y VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS VITALES.-	146
6.5.3	RIESGO DE DESASTRE	149
6.5.4	ESTIMACION DEL RIESGO DE DESASTRE EN EDIFICACIONES	151
6.5.5	ZONIFICACION DE RIESGO DE DESASTRE EN EDIFICACIONES	151
7.0	CAPITULO VII .- LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO EN LA CIUDAD Y PLANES DE PREVENCION DE DESASTRES NATURALES	154
7.1	LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO	154
7.1.1	EVOLUCION URBANA	154
7.1.2	PRINCIPALES FACTORES CONDICIONANTES DEL DESARROLLO URBANO	156
7.1.3	PRINCIPALES PATRONES DE ASENTAMIENTO	158
7.1.4	AREAS DE EXPANSION Y CARACTERISTICAS	161
7.2	PLANES DE PREVENCION DE DESASTRES NATURALES ..	166
7.2.1	GENERALIDADES	166

7.2.2	PLANES DE PREVENCION FISICA EXISTENTES	168
7.2.3	ESQUEMA DE ZONAS DE CONCENTRACION DE PERSONAS Y AREAS DE EVACUACION EN LA CIUDAD FRENTE A UN SISMO	174
8.0	CAPITULO VIII .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	177
8.1	CONCLUSIONES	177
8.2	RECOMENDACIONES	184
9.0	BIBLIOGRAFIA	191
10.0	ANEXOS	195



Lista de Tablas

Tabla 1. Estimaciones de las pérdidas en producción e Infraestructura a Agosto de 1983 (En millones de dólares)	27
Tabla 2. Tamaños de población para 1940 y 1961	36
Tabla 3. Tamaños de población para 1972 y 1981	37
Tabla 4. Proyecciones del tamaño de la población	37
Tabla 5. PEA por ramas de actividad (1961)	39
Tabla 6. PEA por ramas de actividad (1989) (estimada)	40
Tabla 7. Producción agrícola entre 1964 y 1990	45
Tabla 8. Estaciones pluviométricas importantes	77
Tabla 9. Precipitaciones importantes en 1983	77
Tabla 10. Presipitaciones mensuales 1912 - 1932	79
Tabla 11. Precipitaciones diarias en 1925	81
Tabla 12. Precipitación promedio mensual - Tumbes	83
Tabla 13. Periodos de retorno para caudales del rio Tumbes	86
Tabla 14. Caudales importantes del rio Tumbes 1983	87
Tabla 15. Valores estimados a partir de caudales máximos diarios.	89
Tabla 16. Periodos de retorno para el riesgo de falla de obras de protección	90
Tabla 17. Periodos de retorno de los caudales de diseño para obras de protección	90

Tabla 18. Magnitudes hidráulicas vinculadas al periodo de retorno	92
Tabla 19. Sismos Registrados instrumentalmente (1900-1984)	101
Tabla 20. Periodos de retorno de Intensidades (MM)	104

INTRODUCCION

El presente proyecto de investigación, se centra en los problemas físico-naturales de la ciudad de Tumbes, dentro de una metodología destinada a dar lineamientos para un planeamiento urbano posterior. Este planeamiento deberá ser propio, de una ciudad caracterizada de ser altamente propensa a sufrir desastres por efectos de fenómenos naturales (como lo es la ciudad de Tumbes). Por ese motivo, dentro de los tres aspectos (físico, económico y social) en los que se sostiene el plan de desarrollo de una ciudad, el aspecto físico es el tema central de esta tesis.

En el capítulo 1 se presentan los objetivos generales y puntuales del proyecto en mención, así como los alcances en su desarrollo.

El capítulo 2 se toma a manera de justificación de la intensidad con que se analiza cada aspecto de la tesis, tomando como base los antecedentes de desastres ocurridos en la ciudad.

Los capítulos 3 y 4 muestran el estado actual de la ciudad de Tumbes tanto desde el punto de vista físico-natural como social.

El capítulo 5 muestra los resultados de las condiciones naturales analizadas en los capítulos anteriores utilizando el método de microzonificación. Se debe decir que este es uno de los capítulos más importantes de la tesis.

En el capítulo 6 se presenta una visión general de la vulnerabilidad y riesgo que presenta la ciudad frente a un desastre natural.

El capítulo 7 es otro de los capítulos más importantes de la tesis, porque en él se dan las pautas para el planeamiento urbano, considerando las restricciones fí-

sicas, además de mostrar la falta de planes de prevención integrales, que condicionan el desarrollo urbano.

En el capítulo 8 se dan las conclusiones y recomendaciones necesarias para orientar los futuros planes de prevención en la ciudad, a fin de que estos sean prácticos y de fácil ejecución.

Es necesario mencionar que en la presente tesis debe analizarse, más que el aspecto detallado de cada capítulo, el conjunto de ellos, que sigue una metodología destinada a la prevención con fines de mitigación y de esta forma impulsar un desarrollo seguro desde cualquier punto de vista.

1.0 CAPITULO I .- OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVOS

El Perú, debido a su aspecto físico, a su especial orografía y a su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico, está siempre pasible de sufrir catástrofes de diferente índole.

Los desastres limitan el desarrollo de la civilización, al afectar la seguridad de las vidas humanas y destruir sus bienes, a la vez que socavan la economía familiar de los pobladores, ciudades y regiones, haciendo retroceder al hombre a condiciones de primitiva supervivencia. Pero es debido a las imprevisiones del hombre, que al ubicar la construcción de sus centros urbanos y obras de ingeniería en desacuerdo con los dictados de la naturaleza, que se producen pérdidas realmente catastróficas.

Un desastre causado por un fenómeno natural, ocurre sólo cuando este fenómeno, interviene en la economía regional y sus centros urbanos que son vulnerables a sus efectos; es decir, la mayoría de los llamados "Desastres Naturales" se producen más por las condiciones de vulnerabilidad de vastos sectores de la población que por los fenómenos naturales mismos.

Es por este motivo que fué creado el CISMID (Centro Peruano-Japones de Investigacion Sísmica y Mitigación de Desastres) mediante un acuerdo firmado

entre el Perú y Japón. Este centro de investigaciones estudia los desastres naturales de manera multidisciplinaria, con el fin de realizar acciones de prevención y mitigación de desastres; para que, cuando ocurran de manera violenta, causen el menor número de víctimas y los daños sean mínimos.

Como se sabe, el Perú está en proceso de regionalización y la primera región en organizarse y elegir sus nuevas autoridades fué la región Grau; tomando como base los Dptos. de Piura y Tumbes. Esta región, fué una de las que más severamente afectó el fenómeno "El Niño" en 1983 y en el pasado ha sido afectada por sismos destructivos. Por esta razón fué seleccionada en 1988 para realizar un estudio modelo de tal manera que los métodos que se están desarrollando y la experiencia que se está ganando pueda aplicarse en las otras regiones de Perú.

Este estudio fué planificado y está siendo implementado con dos objetivos principales que son: Primero el incluir medidas de mitigación en su proceso de desarrollo económico y social usando la microzonificación como herramienta clave; y el otro objetivo es educar a la población para que pueda hacer frente de la mejor manera posible a los desastres que amenazan a su comunidad.

La microzonificación, consiste en estudiar de manera multidisciplinaria el área de interés, en general de unos pocos Km²., que toman en consideración todos los desastres naturales que puedan ocurrir en ella como: terremotos, inundaciones, deslizamientos, avalanchas, fallas de suelo, etc. Pero, esta área de interés se selecciona de acuerdo al siguiente criterio:

1. Ciudades importantes con rápido crecimiento demográfico.
2. Centros poblados importantes que tienen problemas de seguridad física.

3. Ubicación de las obras importantes que se ejecutarán en la región en el futuro cercano.

Luego de seleccionar el área, y de estudiar los desastres que se producen allí; para cada peligro potencial, se prepara un mapa de amenazas por sub-zonas y su grado de peligro. La superposición de estos mapas permite obtener un mapa de origen compuesto, donde el área de estudio, queda dividida en sectores de diferentes peligros, y es este el mapa de microzonificación de peligro de Desastre. Este mapa es esencial en el esfuerzo de reducir las pérdidas humanas y materiales; por ejemplo, en un planeamiento urbano, los sectores más seguros son destinados para los componentes urbanos más importantes, como áreas residenciales de alta densidad, núcleos educativos etc., mientras que los sectores que ofrecen mayor peligro son usados para recreación abierta, parques, avenidas amplias, paseos y otros usos apropiados.

Dentro de los estudios que se vienen preparando e implementando en la región Grau, se encuentra el desarrollo de proyectos de investigación a través de tesis de grado que tratan de aplicar la microzonificación con fines de prevención y, de servir de base para un planeamiento urbano más óptimo. Estos proyectos se realizan sobre las ciudades (seleccionadas de acuerdo al criterio para la microzonificación) de Piura, Tumbes, Talara y Huancabamba. Uno de estos trabajos es el proyecto de Investigación que se presenta, el cual trata sobre la ciudad de Tumbes.

La ciudad de Tumbes se seleccionó, entre las principales por los siguientes motivos:

1. Su importancia por ser capital de la Sub-Región Tumbes y estar ubicado en una zona de frontera.
2. Por su rápido proceso de urbanización debido al crecimiento demográfico.
3. Por ser una de las ciudades más castigadas, en cada ocurrencia de un fenómeno "El Niño" y en sismos.
4. Por ser el centro de una región que tiene en su mar a uno de los más ricos del continente, donde abunda una gran variedad de tipos de peces y otros productos como el langostino.

Con el fin de ser un aporte para los futuros planes de prevención a gran escala y de contribuir al desarrollo de la región, es que antes de desarrollar este proyecto se trazaron objetivos puntuales:

1. Realizar la microzonificación de la Ciudad de Tumbes para identificar las zonas de mayor peligro, de alto riesgo y las más seguras a fin de definir los patrones del uso de la tierra.
2. Recomendar medidas necesarias para la protección y el mejoramiento de la infraestructura existente en la zona de peligro.
3. Dar lineamientos para un adecuado planeamiento de las zonas de expansión y de esta manera optimizar el desarrollo de la ciudad.
4. Bosquejar planes de emergencia para la prevención de desastres naturales a fin de minimizar los daños que estos producen.
5. Como consecuencia de lo anterior, el principal objetivo social es, elevar el nivel de vida de la población, debido a que los desastres naturales producen

grandes pérdidas económicas, sin las cuales el desarrollo de la ciudad se incrementarían significativamente.

1.2 ALCANCES

Para alcanzar los objetivos propuestos, se tuvieron que salvar muchos obstáculos en la etapa de recopilación de datos; debido a la falta de información precisa (a veces inexistente) en cada uno de los aspectos tratados.

La información que se tiene en la ciudad, está dirigida más a la agricultura que a la ciudad.

La infraestructura en cuanto a información técnica es deficiente, por lo que se tuvo que hacer un trabajo de inspección de campo con el apoyo de profesionales del lugar.

Es necesario decir que este trabajo incide más en el objetivo número uno, para de acuerdo a estos resultados alcanzar los otros objetivos.

Además, debido a los obstáculos mencionados, la presente tesis está basada en las características representativas más saltantes de la zona, y desarrolla la metodología de microzonificación, en mayor porcentaje desde el punto de vista descriptivo pero a la vez objetivo; resultando por lo tanto de este trabajo, una microzonificación de peligro y riesgo de carácter preliminar, dejando pautas para seguir estudios profundos sobre la base trazada.

Aparte de realizar esta microzonificación preliminar de peligro de desastre; debido al trabajo de campo ejecutado, se ubicaron en ésta, zonas de diferente vulnerabilidad frente a desastres a causa del estado de conservación y estructuración que presenta. Al agregar a este estado de vulnerabilidad, las condiciones

de amenaza; se estimaron las zonas de alto riesgo de destrucción por un sismo ó un fenómeno "El Niño"; además de resaltar los casos más críticos.

Este trabajo no sólo se refiere a las edificaciones, sino también a la infraestructura vial y de servicios vitales.

Los datos de antecedentes de desastres y las condiciones naturales de la ciudad, se basan en trabajos específicos de diversos organismos, como el IPG, Puyango-Tumbes, Chira-Piura, Proyecto de Rehabilitación (1983) y entrevistas a profesionales del lugar.

El aspecto socio-económico se basa en datos del INE de Tumbes, entrevistas y antiguos planes reguladores (1941, 1967, 1973).

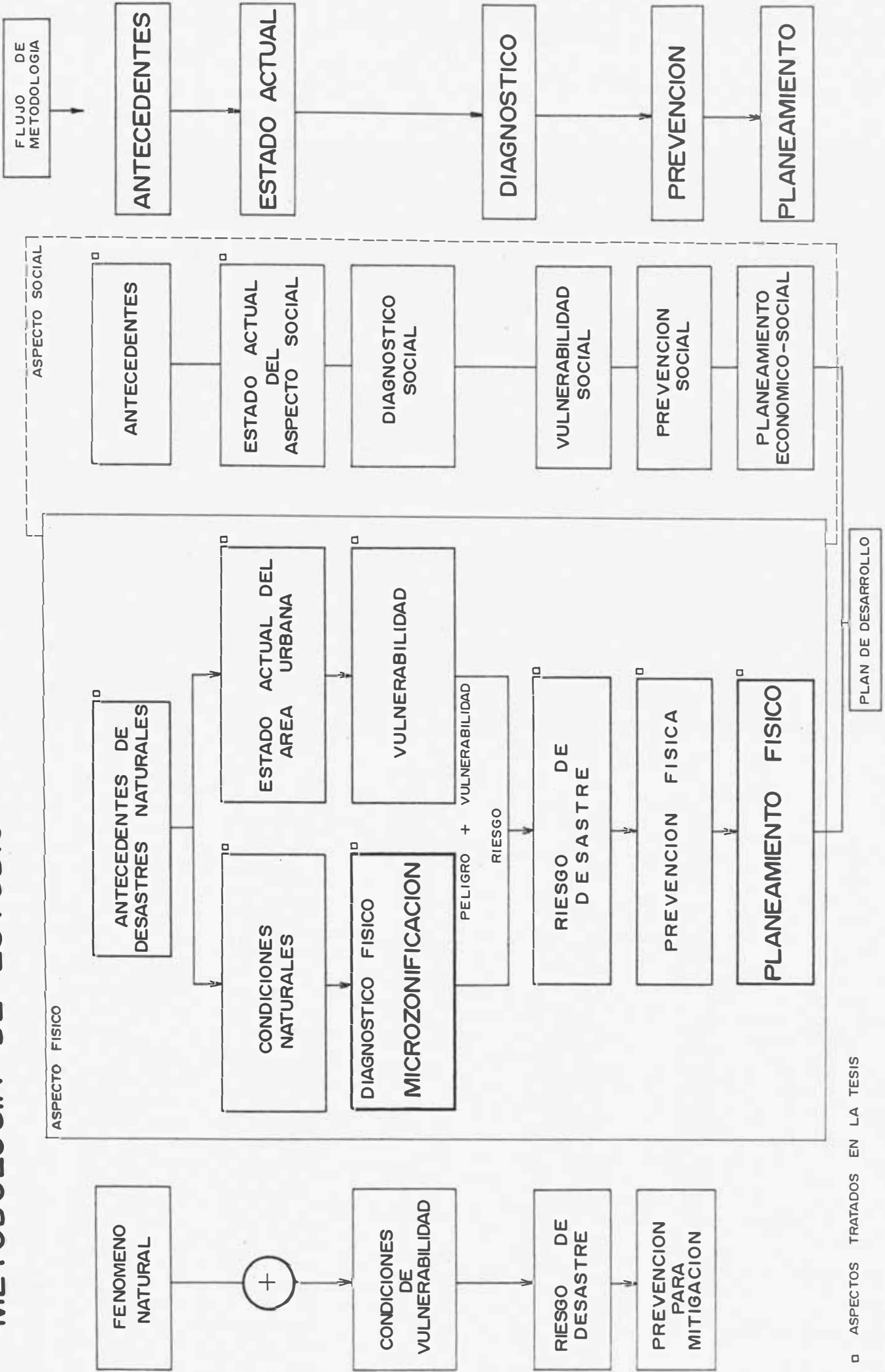
Las condiciones que presenta la infraestructura, así como su vulnerabilidad y riesgo, se basa en el trabajo de campo, apoyo de ingenieros del lugar y de los resultados del análisis de las condiciones naturales.

Los lineamientos de planeamiento y prevención se basan en los resultados de todo lo analizado anteriormente, con la asesoría de diversos profesionales.

A continuación se presenta un esquema de la metodología seguida para el desarrollo de la presente tesis (Ver lámina N°1). Observamos en este esquema cuales son los puntos de mayor importancia que se toma en cuenta en este trabajo. Es pues un objetivo adicional, que esta metodología expuesta, sea analizada y mejorada a fin de que sirva a otros estudios de características similares.

METODOLOGIA DE ESTUDIO

LAMINA Nº 1



□ ASPECTOS TRATADOS EN LA TESIS

2.0 CAPITULO II .- ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD DE TUMBES Y ANTECEDENTES DE LOS PRINCIPALES DESASTRES QUE SE PRODUCEN

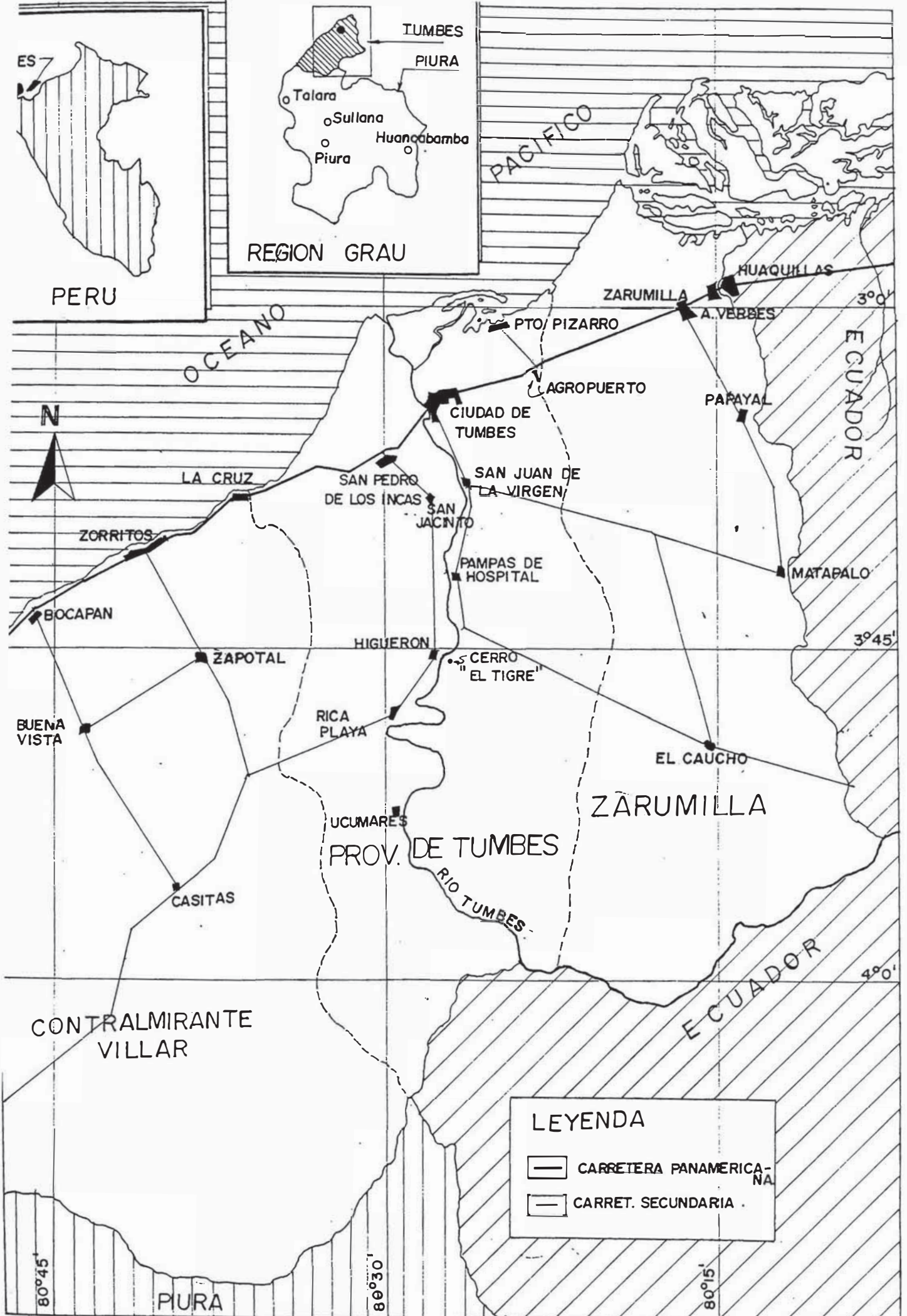
2.1 UBICACION Y CARACTERISTICAS GENERALES

La ciudad de Tumbes se encuentra ubicada en el extremo Norte del Perú a 80°27' de Longitud W y 3°34' de Latitud Sur, su distancia a la frontera con el Ecuador (Aguas Verdes) es de 23 Kms.; a Lima de 1320 kms.; a Piura de 288 kms.; y al Mar (delta del rio Tumbes) a 10 kms. aproximadamente.

Constituye la capital de la Sub-Región Tumbes, parte vital y estratégica de la región Grau, siendo su principal vía de acceso la carretera Panamericana Norte.

Su altura promedio varía entre los 4 y 40 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una población aproximada de 60,000 habitantes en los actuales momentos.

Su clima oscila entre 19° en época de invierno y 35° en época de verano, salvo en casos de ocurrencia del fenómeno "El Niño". Su humedad relativa promedio



UBICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
LAMINA N° 2

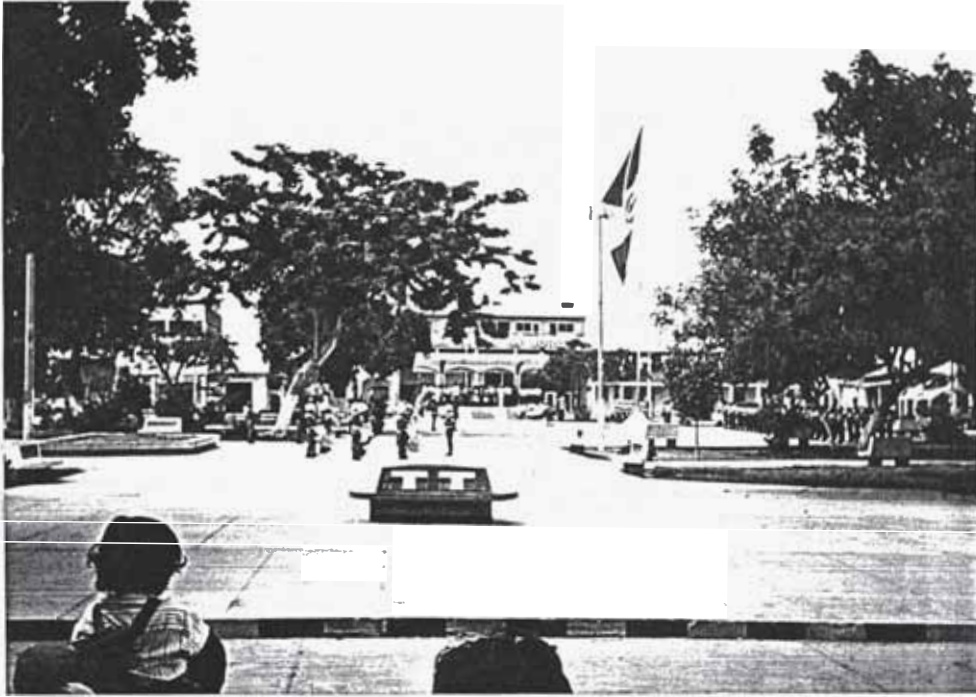


Foto 1.- Plaza de armas de la ciudad Tumbes.

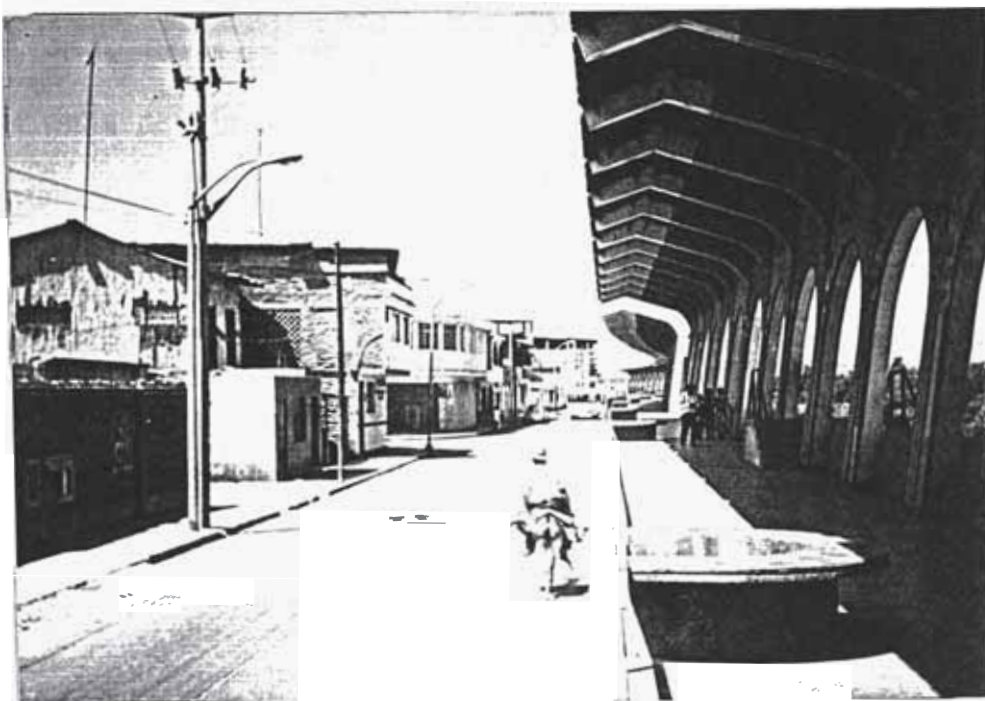


Foto 2.- Malecón Benavides, atracción turística y protección contra desbordes del río.

es del 85%. Se considera a Tumbes como un pedazo de selva en el litoral peruano, por las características hidrológicas y climatológicas muy especiales que lo diferencian al resto de la costa.

La ciudad se encuentra a orillas del río Tumbes, el cual es la principal fuente de supervivencia y desarrollo; pero, también es causante de grandes pérdidas físico-económicas (sobre todo cuando ocurre el fenómeno "El Niño"), deteriorando sobremanera su nivel de vida.

DELIMITACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para la tesis que se presenta, el área de estudio está enmarcado entre las siguientes coordenadas geográficas: Desde 80°24' a 80°28' de longitud W y desde 30°22' a 3°35' de latitud Sur (ver lámina N°2)

Las fronteras del área específica (ciudad de Tumbes y zonas de expansión) que están determinadas por sus características físico-políticas son descritas a continuación:

Por el Norte con el canal de irrigación "La Tuna" y la antigua vía del ferrocarril, por el Nor-Este con la quebrada Luay, por el Este y Sur-Este con colinas de hasta 40 metros sobre el nivel del mar y zonas militares como "El Tablazo", por el Sur con el área de expansión rural sobre la salida de la carretera a San Juan, por el Sur-W con el río Tumbes y por el W y Nor-W con el canal de irrigación "La Tuna".

Las características de las zonas colindantes a estas fronteras serán descritas posteriormente.

Es necesario indicar que, la zona referida es válida para los actuales momentos, aunque su dinamismo en el tiempo es lento debido a sus factores condicionantes que son determinantes.

En realidad la ciudad de Tumbes, desde el punto de vista físico-social, se desenvuelve en dos áreas de manera integral: El área agrícola que se extiende sobre la margen izquierda del río Tumbes hasta el poblado de Corrales y el área urbana que se extiende sobre la margen derecha del río. Cabe decir que sobre esta margen también se desarrollan áreas agrícolas pero en menor escala en cuanto a la fluidez en su interacción población-actividad comercial.

Se toma el área urbana para el estudio, para fines de mitigación de desastres, en cuanto a su acción directa de daños contra la vida; las consecuencias de los desastres también producen daños en ese aspecto, pero en un gran porcentaje actúan en forma indirecta.

2.2 ANTECEDENTES DE DESASTRES EN TUMBES

Esta parte de la tesis, se toma a manera de justificación del estudio; el porqué es importante su realización, porque es necesaria la aplicación de la metodología de microzonificación y cual debe ser la intensidad del nivel de estudio que se debe alcanzar en cada sector ó disciplina implicada en el, a fin de que sus alternativas de estudio sean viables a corto, mediano ó largo plazo.

De acuerdo a los eventos de Desastres Naturales podemos señalarlos por orden de prioridades en dos tipos:

1. Desastres causados por el fenómeno "El Niño"

2. Desastres causados por sismos.

En adelante el presente estudio se moverá en estos dos frentes.

1. DESASTRES CAUSADOS POR EL FENOMENO "EL NIÑO"

El Perú es un territorio que presenta áreas sensibles a fenómenos de geodinámica (ver gráfico N°1). Asociado a estas áreas de sensibilidad, el fenómeno "El Niño" ha producido inundaciones y vientos huracanados en diversas áreas del país, ocasionando pérdidas humanas y deterioro en la infraestructura económica y social. Principalmente la magnitud de un desastre causado por algún fenómeno natural se refleja en el porcentaje de daños, tanto en la economía, así como en forma directa contra la vida de la población.

Es el fenómeno "El Niño" conjuntamente con una serie de fenómenos hidrometeorológicos el causante de los mayores daños en la ciudad de Tumbes a lo largo de su historia. Sus efectos son muy diversos (inundaciones, erosión enlagunamientos, etc.)

Estos efectos, sumados al grado de vulnerabilidad de la ciudad y, a las condiciones naturales propicias para la ocurrencia de estos sucesos, producen cuantiosos daños y sucede en forma permanente y en diferente intensidad.

Como se sabe, han habido algunos períodos en que estas intensidades han resultado inusualmente altas, produciendo verdaderas catástrofes. Dos de estos picos de intensidades son obviamente, los ocurridos en 1925 y en 1983 pero con características diferentes, siendo el primero de gran magnitud y corta duración (tres meses), y el segundo también de gran magnitud pero de

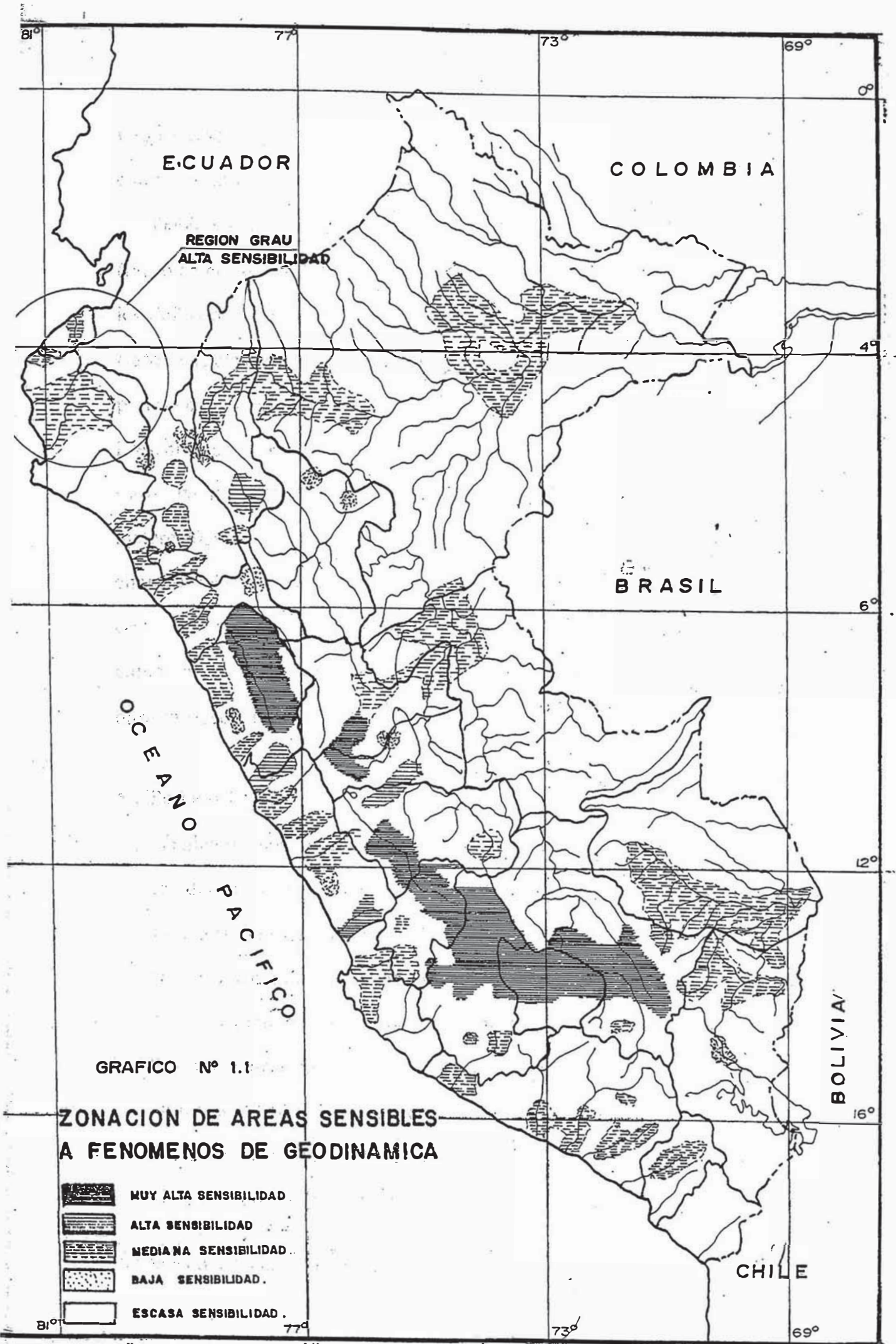


GRAFICO Nº 1.1

ZONACION DE AREAS SENSIBLES A FENOMENOS DE GEODINAMICA

-  MUY ALTA SENSIBILIDAD
-  ALTA SENSIBILIDAD
-  MEDIANA SENSIBILIDAD
-  BAJA SENSIBILIDAD
-  ESCASA SENSIBILIDAD

FUENTE: "Mapa Geodinámico del Perú" INGEMMET - Direc. Geotécnica - 1,980.

larga duración (nueve meses). Por esta razón el evento de 1983 se considera como extraordinario y sin precedentes en el presente siglo.

Debido a la falta de planeamiento y a la falta de sistemas de prevención (tanto en el aspecto físico como social), cada vez que se produce el fenómeno, los daños ocurren en los mismos sectores de producción y en los mismos estratos sociales, acrecentándose estos con el transcurrir de los años, por el permanente y caótico crecimiento demográfico.

Presentamos a continuación, una breve descripción de las características de estos eventos (1925 y 1983), a fin de resaltar los principales factores meteorológicos en forma puntual; posteriormente se mostrará la cuantificación de los daños ocasionados por estos, incidiendo más en los sucesos de 1983 por considerarse extraordinarios; esto obviamente para enmarcar la importancia en la fase de prevención y priorización de planes para mitigación.

- Periodo 1925.-

Tomemos para la descripción de este evento algunas frases de las crónicas del Dr. Georg. Petersen, quién fue uno de los que mejor escribió las características de estos sucesos.

“Las primeras lluvias se presentaron en el Norte de la provincia litoral de Tumbes alrededor del 10 de Enero de 1925... El 17 de Enero la estación lluviosa se declaró con una lluvia que en sólo media hora se precipitó una altura de 40 Milímetros produciendo daños de consideración”. Según los datos de Petersen, la mayor parte de las precipitaciones cayeron en 12 días, llegando a la enorme cantidad de 375 mm. en una sólo noche (16

de Enero de 1925) es decir, alrededor de la cantidad de agua que suele caer en otras regiones (por ejemplo en Europa) durante todo un año.

Dice Petersen : "Tales precipitaciones producidas en breve tiempo, destruyeron luego todos los caminos y puentes, paralizando el tránsito por largas semanas, y hasta meses. Su desastrozo efecto, fué acrecentado por la falta de vegetación tupida ó cespced fuerte que las suavice en su curso por la superficie accidentada de aquellos parajes.

Por la misma razón, cada una de las quebradas, cuyos "Talwegs" afectan generalmente pendientes fuertes, se convirtieron en el lecho de un rio tormentoso y lodoso, debido a la gran cantidad de tierra amasada. Al desembocar en el mar, estas corrientes enturbiaban el agua marina hasta millas afuera, y por muchos kmts. a ambos lados de la desembocadura.

Las quebradas y antiguos afluentes de los rios, que constituían valles secos durante muchos años, se convirtieron derrepente en rios caudalosos... El área inundada era tál que cubria todo el ancho del valle y llegaba hasta el pueblo de Corrales por largos dias , obligando al tránsito en canoas entre este sitio y Tumbes... Las grandes inundaciones producidas por los rios y quebradas facilitaron la formación de charcos y pantanos en vasta escala, que a la vez fomentaron el desarrollo de plagas y enfermedades en una escala nunca conocida.

El Paludismo, Malaria, Beri beri, Disentería y otras enfermedades tropicales hicieron gran número de víctimas, tan grande fué la mortandad, que hubo en Tumbes días en que no se dieron abasto para enterrar los muertos. La interrupción de los caminos produjo escasez de víveres"

De esta breve pero clara descripción podemos concluir que los efectos del fenómeno "El Niño" de este periodo afectaron en corto tiempo en primer lugar el sistema vial, tanto el acceso como el sistema local, luego las áreas agrícolas fueron arrasadas; en la ciudad se produjeron charcos y enlagnamientos de agua pluvial produciendo focos infecciosos que trajeron plagas, creando epidemias y por consiguiente mortandad; es decir, existieron dos parámetros principales para la ocurrencia del desastre que fueron, las grandes crecidas del río produciendo inundaciones y las grandes precipitaciones pluviales en corto tiempo. La ciudad ante la ocurrencia del fenómeno presentó un sistema vial vulnerable, y un sistema de drenaje inexistente tanto en la ciudad como en las áreas agrícolas.

- Periodo 1983.-

El fenómeno "El Niño" de este periodo es sin duda el de consecuencias más catastróficas, por lo menos en este siglo, por las características hidrometeorológicas y por la cantidad de daños que ocasionó.

A diferencia de 1925-26 su duración fué larga; aunque las precipitaciones máximas diarias fueron mayores en 1925, el tiempo de duración en 1983 fué un factor determinante.

En el fenómeno, de Diciembre de 1982 a Junio de 1983 los Dptos. de Tumbes y Piura se han visto afectados por una gran precipitación pluvial, evento que en términos estadísticos se puede catalogar como de extraordinario.

En Tumbes, estas lluvias causaron innumerables daños que afectaron a los diferentes sectores productivos, ocasionando cuantiosas pérdidas ma-

teriales, siendo el sector más afectado el agropecuario (en cuanto a la actividad productiva de la región).

La precipitación viene asociada al aumento de la escorrentía superficial; habiéndose hecho mediciones según las cuales el río Tumbes habría descargado 3,000 m³/seg. (1975)

Los caudales de los cursos no permanentes y los de los permanentes, al sobrepasar las aguas de sus cauces ordinarios, ha producido daños permanentes en las áreas de cultivos y en la infraestructura de riego, de transporte terrestre y energía en el área rural y, en los servicios públicos en el área urbana. Evidentemente las viviendas, tanto en los centros poblados como en el campo, han sufrido grandes deterioros, habiendo sido atacadas por los torrentes de agua y/o por la acumulación de material aluvial depositado por estos.

El curso del río Tumbes ha sido modificado en múltiples lugares, desde aguas arriba de la toma de la irrigación de la margen izquierda, hasta cerca de su desembocadura en el mar. Entre los principales daños que afectaron directa e indirectamente el desarrollo de la ciudad de Tumbes podemos citar los siguientes:

- La captación de agua y la planta de tratamiento, ubicadas anteriormente a orillas del río, se encuentran ahora aproximadamente a 500 mts. de este río, debido al cambio de cauce ocurrido en 1983, obligando a buscar nuevas soluciones de captación para el abastecimiento de agua a la población.

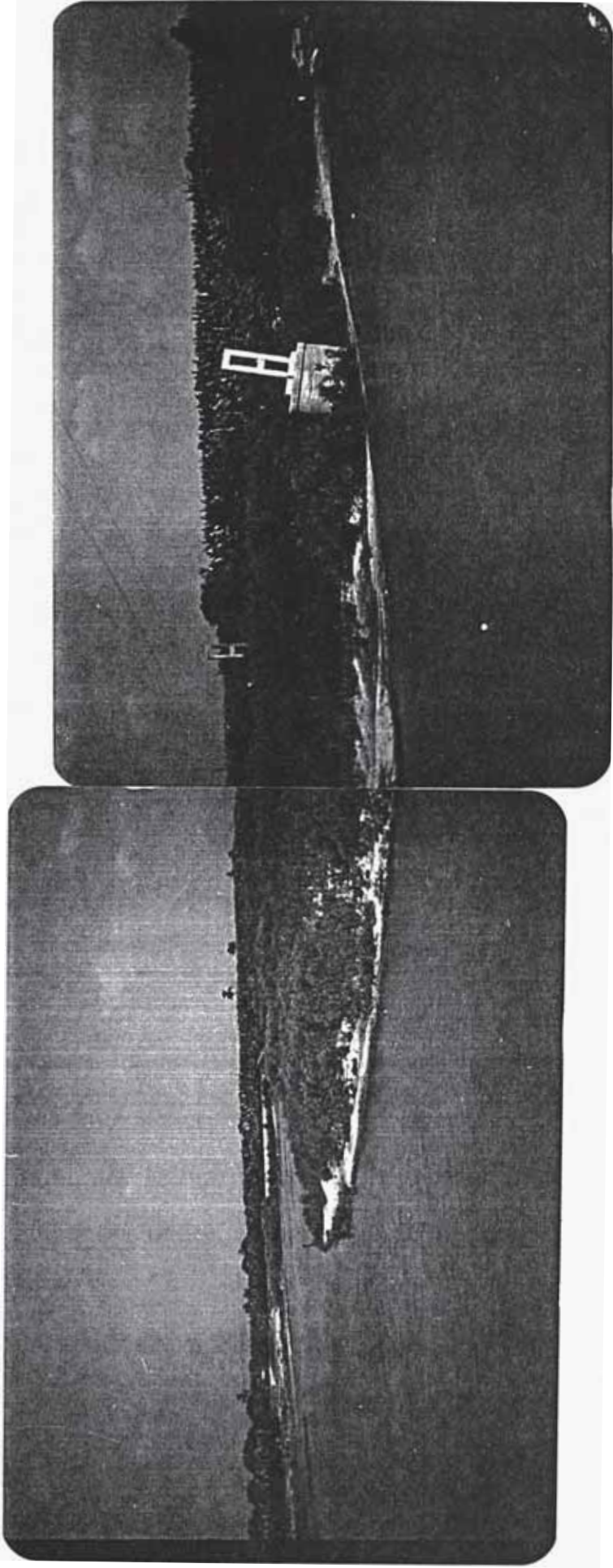


Foto 3.- Efectos del fenómeno de "El Niño" de 1983. El puente antiguo fué totalmente destruido. En la foto se aprecia los pilares de este puente que quedaron en pie.

- Destrucción del puente El Piojo, de 20 mts. de luz (acceso a la ciudad), por la erosión causada en los estribos por el brazo del río Tumbes hacia el cual desbordaron las aguas del cauce principal.
- Destrucción del puente antiguo
- Destrucción por erosión del malecón de la ciudad de Tumbes, como consecuencia de la variación del cauce del río, que socavó el talud de concreto y el muro vertical del malecón.
- Desplazamiento del cauce y consiguiente erosión de terrazas aluviales dedicadas a la agricultura, con la pérdida de extensas superficies de terrenos agrícolas tanto aguas arriba como aguas abajo de la ciudad de Tumbes.
- Destrucción total de la infraestructura de riego (canales, drenes, obras de arte, caminos de vigilancia etc.) en las áreas inundadas.
- Deterioro e interrupción de los servicios de agua potable y desagüe.
- Deterioro de la infraestructura urbana: viviendas, pistas, centros educativos, centros de salud, edificios públicos y privados, etc.
- Pérdida de vidas humanas.

En los últimos 50 años se han registrado 14 inundaciones, equivalente a una inundación cada 3.6 años, lo cual evidencia que el de 1983, si bien es un año extraordinario desde el punto de vista hidrológico y de magnitud de los daños, el fenómeno de las inundaciones es un mal crónico de la región.

A continuación se presenta un cuadro demostrativo de las pérdidas en producción e infraestructura a Agosto de 1983:

Sectores	Producción	Infraestructura	Total	%
Agricultura	3.910	8.571	12.481	16.7
Pesquería	3.037	2.311	5.481	7.2
Energía	0.954	1.642	2.596	3.5
Transp. y Comunicaciones	--	41.355	41.355	55.4
Salud	--	0.296	0.296	0.4
Educación	--	1.536	1.536	2.1
Vivienda	--	9.664	9.664	12.8
Interior	--	1.432	1.432	1.9
Totales	7.901	66.807	74.708	100

Tabla 1. Estimaciones de las pérdidas en producción e Infraestructura a Agosto de 1983 (En millones de dólares)

Como se puede apreciar los sectores más afectados fueron: transportes y comunicaciones, agricultura y vivienda.

En nuestro caso como sólo estamos analizando el área urbana, incidiremos más en los sectores de vivienda y en transportes y comunicaciones, siempre y cuando esten dentro del área de influencia de la ciudad

Debemos agregar además que, los problemas no se limitan solamente a la pérdida de la infraestructura y producción, sino que crearon otros daños de carácter socio-económico, dado que hubo retracción de la actividad agropecuaria (principal fuente de trabajo de la zona) y en la actividad comercial, lo que trajo consigo desocupación.

Por otro lado, el deterioro de la estructura vial llevó a un desabastecimiento general y la consecuente especulación con los productos de primera necesidad, dando lugar a alzas de precios, carestía, etc.

Este es pues, el cuadro general que presentó Tumbes frente a los principales desastres ocasionados por el fenómeno "El Niño" en el presente siglo.

Podemos concluir afirmando que, sea cual fuere la intensidad del fenómeno, los parámetros naturales que más afectan a la ciudad son los mismos; es decir las precipitaciones pluviales (ya sea de corta o larga duración) y las grandes avenidas del río que originan desbordes.

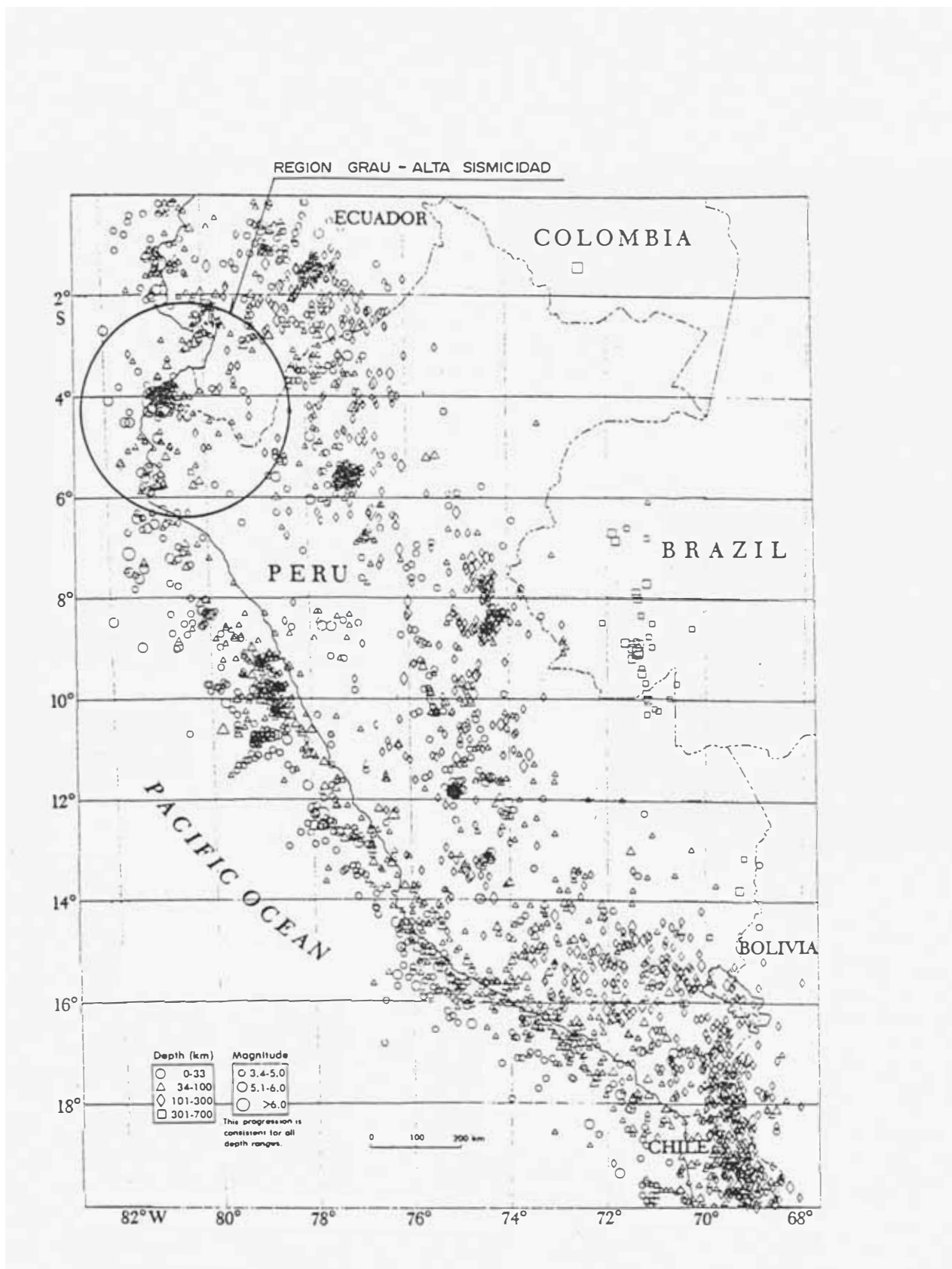
De lo presentado anteriormente los sectores más afectados también son los mismos; vivienda y transportes y comunicaciones entre los principales.

Está pues claro cuales son los puntos específicos en los que hay que incidir, a fin de mitigar los efectos de un desastre como el ocasionado por el fenómeno "El Niño".

2. DESASTRES CAUSADOS POR SISMOS:

Como se mencionó al inicio, en esta parte se hará una descripción de los eventos representativos ocasionados por este fenómeno, remarcando las características cualitativas de los mismos; dejando el detalle del aspecto cuantitativo para cuando se analice la geodinámica interna.

Como sabemos, el territorio peruano está situado sobre una franja sísmica muy activa, (ver gráfico N°2) que se le conoce como el "Circulo Circum Pacíficum", el cual tiene en el Perú una dirección NW, paralelo a la costa; casi todos los movimientos sísmicos se han generado en esta zona por la interacción de las placas oceánicas (Nazca) y la continental, provocando una presión que al liberar energía da lugar a los sismos superficiales y otros de focos profundos (zonas de Benioff)



Sismicidad del Perú países adyacentes de 1900 a 1984, para terremotos con magnitudes (m_B ó M_B) iguales o mayores que 3.4. Los símbolos de profundidad y magnitud se muestran en la leyenda.

FUENTE : CATALOGO SISMICO DEL PERU - IGN.

MAPA DE SISMICIDAD DEL PERU (1900-1984)
GRAFICO Nº 1.2

Por lo general entre el sur de Ecuador y Talara los movimientos sísmicos han sido del tipo superficial (prof. focal aprox. de 45 kms.), ocasionando daños debido al potencial sísmico que presenta.

A continuación, se presenta las características principales de los sismos más fuertes en el presente siglo, descritas por el Instituto Geofísico del Perú. (IGP).

Sismo del 28 de Setiembre de 1906:

Hora: 10:25 horas

Epicentro: Norte del Perú

Efectos: Notable conmoción sísmica, en un área de forma elíptica de 310,000 km² y que comprendía 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.

Sismo del 20 de Julio de 1907

Hora: 06:33 horas

Epicentro: 7° S y 81° Oeste.

Intensidad: Grado V de Mercalli en Chiclayo, Lambayeque y Eten; Grado IV en Olmos y menor en Trujillo y Huancabamba.

Sismo del 24 de Julio de 1912

Hora: 06:50 horas

Epicentro: Norte Peruano

Intensidad: X-XI (Es tomado por Sieberg 1930)

Efectos: Arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas ocasionando muertos y heridos. Dentro de esta área quedaron afectadas las provincias peruanas de Piura, Huancabamba, Jaén y las poblaciones ecuatorianas incluyendo Guayas; Tumbes también resultó afectado.

El epicentro microsísmico estuvo situado dentro del Dpto. de Piura, en una región de la cordillera occidental al Oeste de Huaca, NE de Piura y NW de Huancabamba.

Sismo del 14 de Febrero de 1923

Hora: 17:12 horas

Epicentro: Norte Peruano

Intensidad: Grado X MM

Efectos: Conmoción sísmica, que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas. Sufrió casi total destrucción la ciudad de Chachapoyas. La formación de grietas en el suelo, algunos hasta de dos metros de profundidad y grandes derrumbes fueron comunes dentro del área epicentral. Las provincias ecuatorianas de Guayaquil, Yaguachi, Cantón de Loja sufrieron serios deterioros en sus edificaciones; igual sucedió en Tumbes.

Sismo del 12 de Diciembre de 1953

Hora: 12:31 horas

Epicentro: NW del Perú - Sur del Ecuador

Intensidad: Grado VII - VIII MM

Efectos: En las Poblaciones de Tumbes y Corrales, causó la muerte de seis personas, veinte heridos y numerosos daños materiales. Fué sentido en un área aproximada de 700 km². Largas grietas se produjeron en terrenos húmedos y canales de irrigación. Eyección de lodo en las quebradas de Bocapán, en los esteros de Puerto Pizarro y en otros lugares. Deslizamientos de materiales sueltos en "El Alto", en los alrededores de Zorritos y en las partes altas del río Tumbes.

Sismo del 08 de Agosto de 1957

Hora: 08:50 horas

Epicentro: NW del Perú.

Intensidad: Grado V - VI de MM.

Efectos: En Talara se agrietaron las paredes de varios inmuebles y cayeron objetos situados sobre estantes. En Paita, Piura, El Alto, Zorritos y Tumbes el Sismo fué fuerte.

Sismo del 20 de Diciembre de 1960

Hora: 17:02 horas

Epicentro: NW del Perú

Efectos: En Piura ocasionó dos muertos, varios heridos y buen monto de daños en las construcciones, horas después un pequeño Tsunami golpeaba las costas del Dpto. de Lambayeque; la isla "Lobos de afuera" situada a 10 millas frente al Puerto Pimentel, fué barrida completamente.

Sismo del 09 de Diciembre 1970

Hora: 23:55 horas

Epicentro: NW del Perú.

Intensidad: Grado VIII MM.

Efectos: Murieron 48 personas; se agrietó el suelo en la Huaca, brotaron arena y lodo igualmente en Querecotillo. En Tumbes y en la vecina República del Ecuador hubieron otros tantos muertos y daños materiales.

Como se puede apreciar, Tumbes está permanentemente amenazada por sismos de gran intensidad.

Las crónicas descritas no mencionan completamente los efectos de la ciudad de Tumbes sino en los alrededores, pero la magnitud presentada es aproximada.

Según los lugareños los sismos más fuertes en el presente siglo son los de 1907, 1912, 1923, 1953, 1970; en éste último hubieron grandes daños en las principales edificaciones como: El Centro Cívico y la catedral.

Como conclusión se puede decir que además de estar la ciudad amenazada por sismos de acuerdo a la sismicidad histórica descrita, un factor muy im-

portante en la magnitud de daños que se produzca contra la vida de la población es, el grado de vulnerabilidad de las edificaciones e infraestructura.

Es pues necesario tomar muy en cuenta este aspecto si se quiere disminuir el porcentaje de daños cuando ocurra un sismo.

3.0 CAPITULO III .- ESTUDIO SOCIO - ECONOMICO DE LA CIUDAD DE TUMBES

3.1 GENERALIDADES

Un desastre natural ocurre sólo cuando el fenómeno interviene en la economía regional y sus centros urbanos que son vulnerables a sus efectos; es decir, la mayoría de los llamados Desastres Naturales se produce más por las condiciones de vulnerabilidad de vastos sectores de la población que por los fenómenos naturales mismos.

Pero estas condiciones de vulnerabilidad no sólo se presentan en el aspecto físico, sino también en el socio-económico; siendo este último muchas veces el causante del mayor porcentaje de daños cuando ocurre un desastre natural.

Es por esta razón, que en este capítulo se trata de presentar el estado actual desde el punto de vista socio-económico de la ciudad de Tumbes, y se dice "se trata" porque los datos que se obtienen en este aspecto son aproximados y muchas veces diferentes de la realidad, esto debido a la falta de una buena infraestructura de los centros estadísticos de cada uno de los organismos pertinentes. El INE de Tumbes congrega la mayoría de los datos socio-económicos de la ciudad, pero a este centro los datos llegan retrasados y/o distorsionados.

La mayor parte de los indicadores provienen del último Censo Nacional (1981), pero aún estos datos se refieren más al Dpto. y provincia que a la ciudad ; lo demás son proyecciones y censos particulares, muy puntuales.

Sin embargo , debido a que no han ocurrido grandes hechos distorsionantes que hagan cambiar la evolución tradicional de la ciudad (salvo la del periodo 82-83 volviendo luego al ritmo de la vida social) en forma permanente, y contando con el valioso aporte de las personas del lugar, se hace una representación general pero representativa del aspecto socio-económico de la ciudad de Tumbes.

3.2 DEMOGRAFIA

La ciudad de Tumbes se caracteriza por tener casi un 60% de su población flotante; es decir, el proceso de migración es casi constante debido obviamente a su condición de capital fronteriza.

Además de esta migración, debemos de agregar el permanente proceso de urbanización generado por la migración del campo y también de las ciudades más chicas como Corrales y Zarumilla, a la ciudad.

Si miramos atrás, tomados los años 1940 y 1961; los tamaños de la población respectivos indican que lo mencionado anteriormente se realiza permanentemente, como se presenta en la tabla siguiente:

Población	1940	1961
Población del Dpto	25,709	55,812
Población de la ciudad	6,895	21,801
Población de la ciudad como % del Dpto	26.8%	39.1%

Tabla 2. Tamaños de población para 1940 y 1961

Se nota pues claramente como aumentó el porcentaje de la población a la ciudad con respecto a la del dpto. del 26.8% al 39.1%.

En las tablas siguientes se muestran los tamaños de población de 1972 y 1981, además de las proyecciones a 1986, 1990 y 2000.

Lugar	72 Urbana total	81 Urbana Total
Distrito de Tumbes	33,042	48,187
Prov. de Tumbes	43,772 - 57,922	64,112 - 79,225
Dpto. de Tumbes	57,729 - 76,515	81,837 - 103,839

Tabla 3. Tamaños de población para 1972 y 1981

Nuevamente vemos como el porcentaje de la población urbana del distrito con respecto a la del Dpto., aumentó de 1972 a 1981.

PROYECCIONES			
Lugar	1986 Urbana total	1990 Urbana Total	2000 Urbana Total
Distrito de Tumbes	60,147 - 61,265	68,145 - 70,421	88,456 - 91,428
Prov. de Tumbes	80,003 - 97,900	99,700 -111,321	117,730 -144,519
Dpto. de Tumbes	101,760 -125,500	115,100 -144,200	149,400 -187,200

Tabla 4. Proyecciones del tamaño de la población

Si observamos en todos los tamaños de la población determinados y proyectados, se puede evidenciar claramente el proceso de urbanización; encontrándose en los actuales momentos el tamaño de la población de la ciudad bordeando el 50% de la población del departamento.

Según el INE de Tumbes la tasa de crecimiento de la ciudad oscila entre el 4 y 5% en promedio.

Los centros urbanos más cercanos a la ciudad son, la ciudad de Zarumilla al N-E y Corrales hacia el S-W; la población del primero según una estimación del INE-Tumbes para Junio de 1989 es de 12,130 y la de Corrales de 8,718, estimandose además que la ciudad de Tumbes era de 66,790. La ciudad de Zarumilla se encuentra aproximadamente a 20 km. y Corrales a 3 Km. Zarumilla es la ciudad con más habitantes en el Dpto. después de la ciudad de Tumbes.

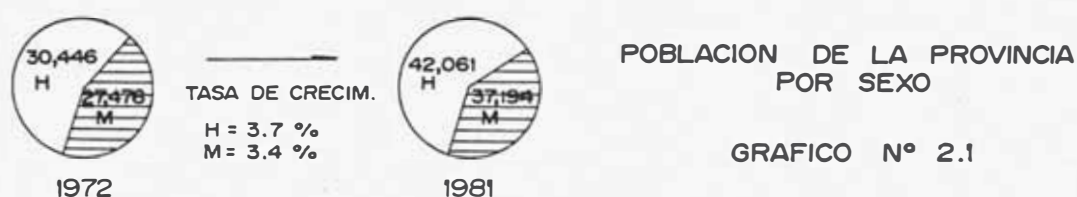
Se nota claramente, que la ciudad de Tumbes es lejos la más grande en el Dpto. y por lo tanto el principal polo de desarrollo en la sub-región.

La composición de la población por sexo y edad mantienen casi las mismas características de antes de 1981 (último Censo Nacional)

En 1961, la pirámide de edades mostraba una notable extensión en la barra correspondiente al grupo de edades entre 20 - 24, esta barra en el último censo se ha extendido al rango entre 18-24 evidenciando una gran población joven, esto se debe probablemente a la presencia en la localidad de guarniciones militares, con su correspondiente población de jóvenes miembros de las fuerzas armadas; pero este rango se debe mantener, puesto que los efectivos militares no se incrementan del mismo modo que la población.

En cuanto al sexo, el porcentaje de hombres es ligeramente mayor que el de mujeres, manteniendose casi invariable en la actualidad.

La figura siguiente muestra un indicador de lo mencionado.



3.3 ASPECTO SOCIO-ECONOMICO

1. POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

Presentaremos en primer lugar, la PEA por rama de actividad que mostraba Tumbes en 1961, para luego compararlo con el de 1989 y resaltar sus variaciones.

En 1961 la población de Tumbes (Dpto.) ascendía a 55,812 habitantes y la PEA era de 17,400 habitantes, cifra que representa el 31.2% del total. La PEA en ese entonces se caracterizaba porque en su mayoría pertenecía al sector urbano (65.3%) siendo el 42.4% de ésta, ocupada a la agricultura debido a la cercanía de la población a las áreas agrícolas.

A continuación se presenta una tabla de la PEA por rama de actividad de 1961:

PEA POR RAMAS DE ACTIVIDAD (1961)				
TIPO DE ACTIVIDAD	DPTO: DE TUM- BES	%	PROV. DE TUM- BES	%
Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca.5 mm	7,376	42.4	5,367	42.2
Explotación de minas y canteras	232	1.3	33	0.3
Industrias manufactureras	1,465	8.4	1,224	9.6
Construcción	467	2.7	367	2.9
Comercio	1,302	7.5	1,014	8.0
Servicios	6,043	34.7	4,327	34.0
Actividades no especificadas	513	3.0	382	3.0
Total	17,400	100.0	12,714	100

Tabla 5. PEA por ramas de actividad (1961)

Fuente: Censo 1961 - Características económicas

Como se puede apreciar la mayor fuente de trabajo y sustento económico del Dpto. era la actividad agrícola con una PEA del 42.4%, la segunda fuente de trabajo era la actividad de servicios debido en gran parte a la presencia de instituciones militares y al turismo de tránsito hacia la frontera.

Se puede notar que entre ambos sectores (Agricultura y Servicios) ocupaban casi el 80% de la población activa. Se notaba ya en 1961 a la ciudad de Tumbes como dependiente casi exclusivamente de la agricultura y de los servicios.

Según el INE, desde 1940 la actividad de servicios se viene incrementando permanentemente, mientras la agricultura tiene altibajos dependiendo de la situación político-económica del sector.

La población en 1989 fué estimada para el Dpto. en 140,000 habitantes, para la provincia 108,011 hab. y para el distrito 68,160 habitantes.; la PEA para el Dpto. fué de 48,000 constituyendo el 34.3%, para la provincia de 36,000 con el 33.3% y el distrito de 23,000 hab. con el 33.7%; existiendo pues muy poca variación con la del año 1961 (esto es en años normales, sin desastres naturales).

La tabla siguiente muestra la PEA para 1989:

PEA (Estimada 1989)						
TIPO DE ACTIVIDAD	DPTO: DE TUMBES	%	PROV.	%	DISTR.	%
Agricultura	13,100	27.2	9,930	27.6	2,510	10.9
Pesca	3,340	6.9	1,710	4.8	1,205	5.2
Industrias manufactureras	3,615	7.5	3,060	8.5	2,225	9.7
Electricidad, gas y agua	210	0.4	178	0.5	148	0.6

PEA (Estimada 1989)						
TIPO DE ACTIVIDAD	DPTO: DE TUMBES	%	PROV.	%	DISTR.	%
Construcción	1,975	4.1	1,627	4.5	1,267	5.5
Comercio	9,100	18.9	6,210	17.3	5,380	23.4
Transportes	2,460	5.1	2,010	5.6	1,565	6.8
Establecimientos financieros	550	1.1	495	1.4	435	1.9
Servicios	13,750	28.6	10,780	3.0	8,265	35.9
Total	48,100	100.0	36,000	100.0	23,000	100.0
Población (1989)	140,100 hab.		108,011 hab.		68,160 hab.	
PEA %	34.3 %		33.3 %		33.7 %	

Tabla 6. PEA por ramas de actividad (1989) (estimada)

Si bien la PEA de 1961 y la de 1989 se mantienen casi constantes, la estructura ocupacional en Tumbes ha sufrido cambios en los sectores productivos.

Con respecto a 1961, las actividades de agricultura, pesca y servicios siguen siendo los predominantes tanto en el Dpto. como en la provincia, no sucediendo lo mismo en el distrito en el que la actividad de comercio supera a la agricultura y pesca. Esta actividad (comercio) se ha elevado considerablemente desde 1961 debido al incremento comercial con el Ecuador y a la constante urbanización.

Igualmente, la actividad de servicios se ha incrementado notoriamente en el distrito, siendo las causas principales las siguientes: La presencia militar, el tránsito hacia y desde la frontera, y a los asentamientos humanos en la periferia denominados barriadas (urbanización). Por consiguiente, si hablamos de PEA en la ciudad de Tumbes, debemos de tener muy en cuenta los tres principales sectores que son: servicios, comercio y la agricultura y pesca en

servicios y comercio, siendo la agricultura y pesca las que le siguen en importancia.

Se estima que la PEA de la actividad de servicios crece con una tasa de 4% anual y la de comercio con una tasa del 5% anual. La agricultura tiene altibajos y la pesca ha disminuido por la creciente epidemia del cólera, aunque este problema esté dejando de serlo.

2. CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES SECTORES DE PRODUCCION

Haremos una breve descripción de las características de estas principales actividades productivas:

- **SERVICIOS:**

En la actualidad es la principal fuente de trabajo e ingreso de la ciudad, se caracteriza por la prestación de servicios personales y de esparcimiento.

En términos de ocupación, este sector define a la ciudad de Tumbes como un núcleo urbano cuya función es la de prestar servicios, principalmente al sector agrícola, a las reparticiones gubernamentales y por último al flujo de personas en tránsito hacia la ciudad de Huaquillas. Este último se viene incrementando a medida que la ciudad se expande.

- **COMERCIO:**

La población dedicada a éste sector en gran parte lo hace al por menor; en la actualidad, la actividad comercial sufre una gran competencia del mercado fronterizo, donde los precios de muchos artículos son bajos (se estima en un 30% a 50%). Una de las grandes razones de ésta situación

se debe a que el comercio en la ciudad de Huaquillas (Ecuador) está ex-
ceptuado de muchos impuestos y cargas tributarias, lo que motiva la di-
ferencia de precios mencionada.

Se puede apreciar que una gran parte de la población depende del mer-
cado fronterizo, esto trae como consecuencia que cualquier cierre de la
frontera origine problemas de abastecimiento y por ende en la ocupación.
Existe un gran intercambio comercial con el Ecuador que en su gran
mayoría no es controlado, dando lugar a un saldo económico cons-
tantemente desfavorable.

Se estima que unas 1,500 personas por día acuden a la ciudad de
Huaquillas para abastecerse de productos alimenticios, artefactos eléctri-
cos y muchos otros de manufactura extranjera. Entre los productos con-
trolados en el intercambio podemos citar a los principales:

- Importaciones:

Plátanos de seda, cañas de Guayaquil, naranjas, piñas, corteza de
mangles, cacao, resinas, arroz, etc.

- Exportaciones:

Licores, calzado, detergente, plásticos, medicinas, cocos, conserva de
pescado, mangos, vino, etc.

Este sector definitivamente es el que se vá volviendo cada vez más, la
principal fuente de ingresos reales; pero, debido a la falta de control, los
ingresos netos de producción son relativamente bajos comparados a los
ingresos agropecuarios y de servicios.

- **AGRICULTURA Y PESCA:**

Es la actividad económica más representativa de Tumbes, aunque en la ciudad esté dejando de serlo.

La margen izquierda del río Tumbes es el principal sector de producción agrícola del Dpto. concentrando a más de 60% del área agrícola en producción; su extensión actual bordea las 6,000 Has. y su riego es por gravedad. Los cultivos tradicionales de éste sector(MI) fueron el tabaco y el plátano, los mismos que a través de los años han sido desplazados por el cultivo de arroz. Este cultivo actualmente ocasiona problemas en la distribución de las aguas por su modalidad de riego, por inundación, existiendo subsectores de riego que no alcanzan a cubrir las necesidades de agua de los cultivos.

Otro de los problemas que afronta la agricultura en Tumbes es la forma de explotación de las tierras, debido principalmente al minifundio. Un gran porcentaje de las unidades agrarias pertenecen a arrendatarios constituyendo lotes de 1 a 5 Hectáreas. Esto demuestra las características de la explotación del tipo familiar para el autoconsumo con efectos desfavorables en la capacidad económica de los agricultores y en la productividad de la tierra.

Debemos agregar que además del gran requerimiento de agua de los cultivos de arroz y a pesar de que Tumbes posee un río de curso regular, el aprovechamiento del agua está totalmente descuidado por falta de una eficiente estructura de riego, a esto debemos añadir la existencia de plagas que atacan la mayoría de los cultivos, y la salinidad de las tierras por falta de un adecuado drenaje.

Tales problemas condicionan constantemente la expansión agraria del Dpto.

La tabla siguiente muestra los volúmenes de producción de los principales productos agropecuarios de los años 1964, 1987, 1988, 1989, 1990:

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (Ton.Metr.)					
PRODUCTO AGRÍCOLA	1964	1987	1988	1989	1990
Arroz	8,970	--	282	2,220	10,385
Limón	--	2,143	1978	1,323	1,686
Plátano	8,550	30,388	36,491	27,969	36,396
Maiz amarillo duro	4,500	292	214	221	302
Soya	--	--	--	619	135
Pastos cult.	--	346	552	495	285
Tabaco	1,209	--	--	--	--

Tabla 7. Producción agrícola entre 1964 y 1990
Fuente: Unidad Agrícola I - Tumbes.

Se puede observar como en 1964 eran ya los cultivos predominantes seguidos por el tabaco; ahora, éste último ha desaparecido incrementándose en gran porcentaje el cultivo del plátano en la actualidad.

Podemos concluir que los tres principales productos son el plátano, el arroz, el limón; y éstos son los de consumo humano; la producción de consumo industrial es menor.

Por otro lado, la pesca es una actividad tradicional del litoral del Dpto. de Tumbes, se realiza fuera de la ciudad, se caracteriza por la producción de insumos para la industria (envase y congelado) y para consumo (fresco y salado). Los productos tradicionales de éste sector son:

- Peces.

- ▲ Atún
- ▲ Ayanque
- ▲ Agujilla
- ▲ Bagre
- ▲ Cabrilla
- ▲ Coco
- ▲ Corvina
- ▲ Lisa
- ▲ Martín
- ▲ Mero, etc.
- Crustáceos
 - ▲ Langostino
 - ▲ Jaiva
- Moluscos
 - ▲ Concha Negra
 - ▲ Ostras
 - ▲ Mejillón
- Gasterópodo
 - ▲ Caracol

El sector industrial se hace presente en el predominio de la actividad manufacturera de productos alimenticios, principalmente envase y conservación de productos marinos (langostinos); y la pila de arroz.

Estas últimas actividades mencionadas no las detallamos más por alejarnos del objetivo principal del presente trabajo de investigación.

3. PROBLEMAS SOCIALES:

- Sector Vivienda:

Un aspecto social muy importante dentro de la ciudad de Tumbes es el de la vivienda, pero incidiremos en éste aspecto en la parte física (infraestructura) y daremos algunos lineamientos para un posterior planeamiento en el capítulo de áreas de expansión.

Sin embargo, es necesario enumerar algunas consideraciones desde el punto de vista económico-legal.

La vivienda en la ciudad de Tumbes puede considerarse como una de las más caras de la costa peruana, debido a su ubicación fronteriza. No obstante esto, el alquiler en la actualidad no es rentable, por el alto porcentaje de población flotante.

Además, el costo del material es uno de los más caros del país; sólo se produce ladrillos de arcilla y concreto vibrado manualmente, pero sin el debido control, siendo en consecuencia un grave peligro en caso de sismos. También se explotan algunas canteras de agregados en un perímetro de 10 a 15 km. de la ciudad. El resto del material como cemento, fierro, madera, calaminas, cañas de Guayaquil, etc. son importados, ó son traídos desde fuera de la región elevando en consecuencia su costo.

Otro problema en éste aspecto es la falta de mano de obra calificada; por lo general, esta mano de obra es traída de fuera del Dpto. (Piura, Talara, Sullana, etc.) siendo también otro factor para el encarecimiento de la construcción.

Actualmente se suma a éstos problemas la tendencia a la tugurización en algunos sectores de la ciudad, debido al agudo problema de la tenencia de la propiedad ó de tierras. Constantemente éstas son sub-divididas, agregandose a ésto un peligroso crecimiento vertical en la parte central de la ciudad.

- Servicios Vitales:

El problema del abastecimiento de los servicios vitales como es, el agua, el desagüe, la energía eléctrica, es ya habitual en la ciudad.

Debido a la falta de una suficiente infraestructura, la población tumbesina practicamente está resignada a vivir con algunas horas de abastecimiento de agua por día y por sectores, siendo el corte de agua de algunos de estos sectores total; sobre todo cuando hay grandes avenidas en el rio por la turbidez del agua. Se debe agregar a esto la falta de un adecuado sistema de desagüe, ocurriendo sobre todo en la parte baja de la ciudad enlagunamientos de aguas servidas por la rotura de las tuberías de desagüe; cabe mencionar que ésta red sólo existe en la "Ciudad Vieja", en las áreas de expansión no existe el sistema de drenaje. Esto trae como consecuencia el alto peligro de epidemias por la generación de focos infecciosos.

La energía eléctrica es otro gran problema en la ciudad; la planta necesita para su funcionamiento petróleo, que es traído de Piura. Cuando éste es caro y no se compra por falta de presupuesto, se produce el corte de energía; esto en la actualidad es casi permanente ; cuando no hay energía

no funciona totalmente la planta de tratamiento de agua y por consiguiente tampoco hay agua.

El recojo de basura también es otro problema en la ciudad, además es causante de epidemias y plagas.

Constantemente se trata de tomar acciones para superar estos problemas, pero siempre queda en planes; es pues necesario actuar de inmediato porque desde ya la ciudad de Tumbes, por estos problemas debe ser declarado en emergencia.

4.0 CAPITULO IV .- ANALISIS DE LAS CONDICIONES NATURALES DE LA CIUDAD

Se expone en este capítulo las características físico-naturales que presenta la ciudad de Tumbes, analizando en primer lugar desde el punto de vista departamental para luego incidir de manera más detallada en el aspecto local.

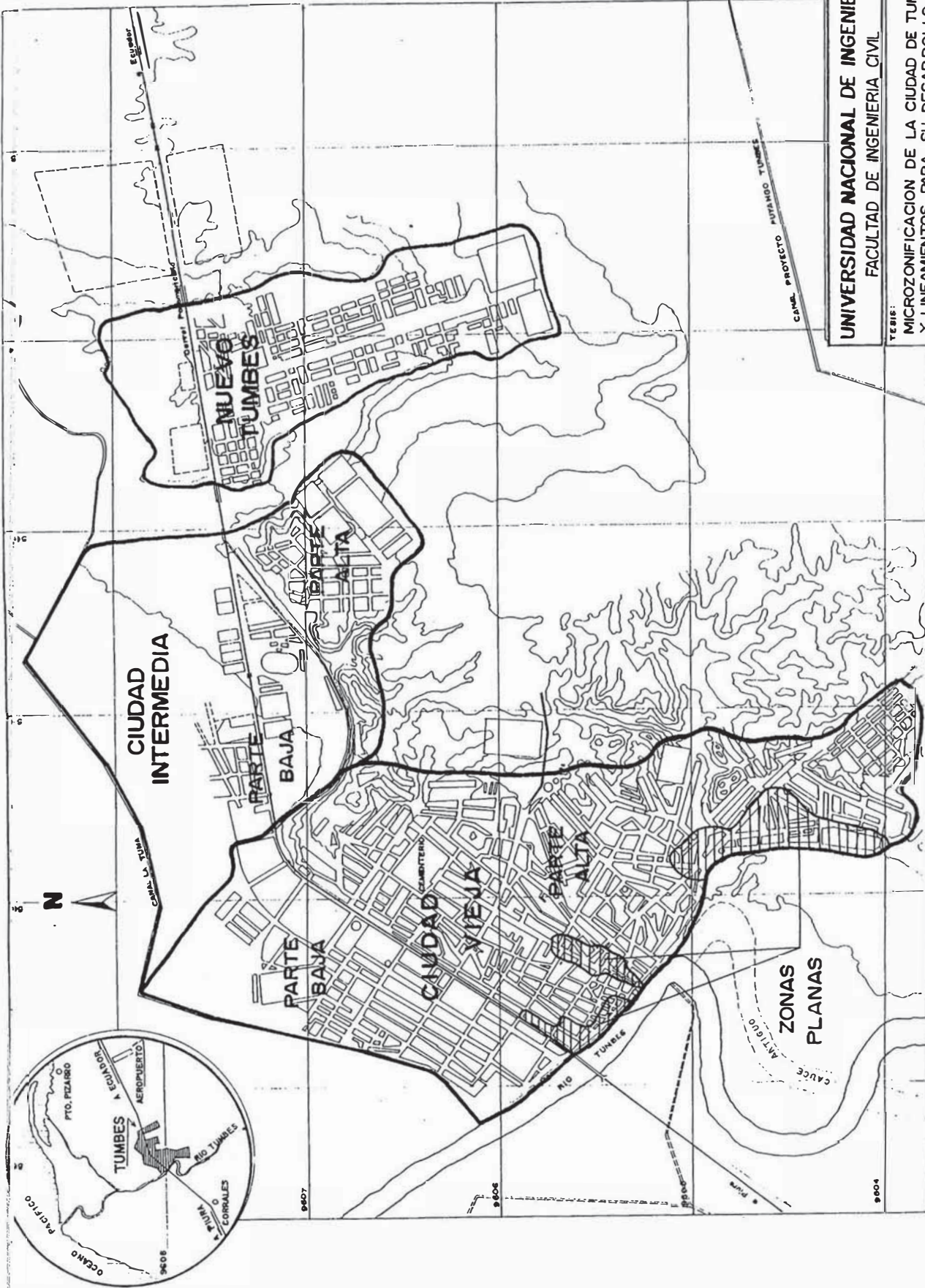
Debido a la importancia de las características naturales de la ciudad de Tumbes, para llegar a los objetivos trazados en la tesis, se tratará de resaltar en detalle estas características mencionadas.

Para una mejor comprensión al analizar este aspecto, hemos dividido a la ciudad en: (ver lámina N°3)

CIUDAD VIEJA:

La zona más consolidada en cuanto a residencia de la población. Esta ciudad vieja la subdividiremos en dos zonas:

- Parte Baja:
Al NW de la Panamericana (zona Plana)
- Parte alta:
Al SE de la Av. Panamericana (Zona accidentada)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
SECTORIZACION DE LA CIUDAD

ALUMNO:
CESAR TAPIA CANALES

ESCALA:
1 / 50000

FECHA:
MAYO 1991

Cabe mencionar que en la denominada parte alta existen 3 pequeñas zonas planas (estas se indican en la lámina mencionada).

- **CIUDAD INTERMEDIA**

Zona de asentamiento humano en transición con grandes limitaciones por su morfología.

También se dividió en dos partes (indicadas en la lámina N°3)

- Parte alta.
- Parte baja.

- **CIUDAD "NUEVO TUMBES"**

Zona considerada en expansión (planeada), actualmente en proceso de consolidación. Se considera también como parte alta por su cota sobre el nivel del mar de 32 mts. en promedio.

A continuación presentamos cada una de estas características naturales.

4.1 GEOMORFOLOGIA:

El Departamento de Tumbes presenta una geomorfología dinámica en el tiempo, debido en gran porcentaje a la acción de fenómenos meteorológicos. como "El Niño", y a las características físicas del Departamento, el que podría describirse como un área de pisos morfológicos, donde los pisos altitudinales señalan diferencias de relieve, clima, suelos, vegetación etc.

Podríamos utilizar muchas hojas describiendo el dinámismo geomorfológico de cada zona diferente del departamento, pero estaríamos alejándonos del objetivo principal de la tesis, por lo que haremos una descripción muy general de su geomorfología, a fin de ubicarnos en el área de estudio y ésta sea mejor entendida cuando se haga la descripción puntual.

La diversidad de formas topográficas tridimensionales de Tumbes, son producto de la acción de fenómenos complejos tectónicos y de vulcanismo que se alternaron bajo influencias climáticas diferentes. Actualmente puede representarse cuatro zonas geomorfológicas claramente diferenciadas, éstas son (ver lámina N°4):

1. Zona de montaña (Serranía de Amotape)




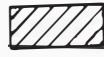
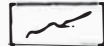
Se extiende en dirección SW a NE hacia el curso superior del río Tumbes. Corresponde principalmente la zona de la cadena de Amotape y sus estribaciones hacia la parte S, que se prolonga hasta Piura, las partes E y N hasta internarse en el Ecuador y la occidental que se acerca hasta el mar. En el tramo comprendido entre los ríos Tumbes y Zarumilla, los cerros más altos no pasan de dos mil metros sobre el nivel del mar. Su borde Norte está señalado por un desnivel muy pronunciado.

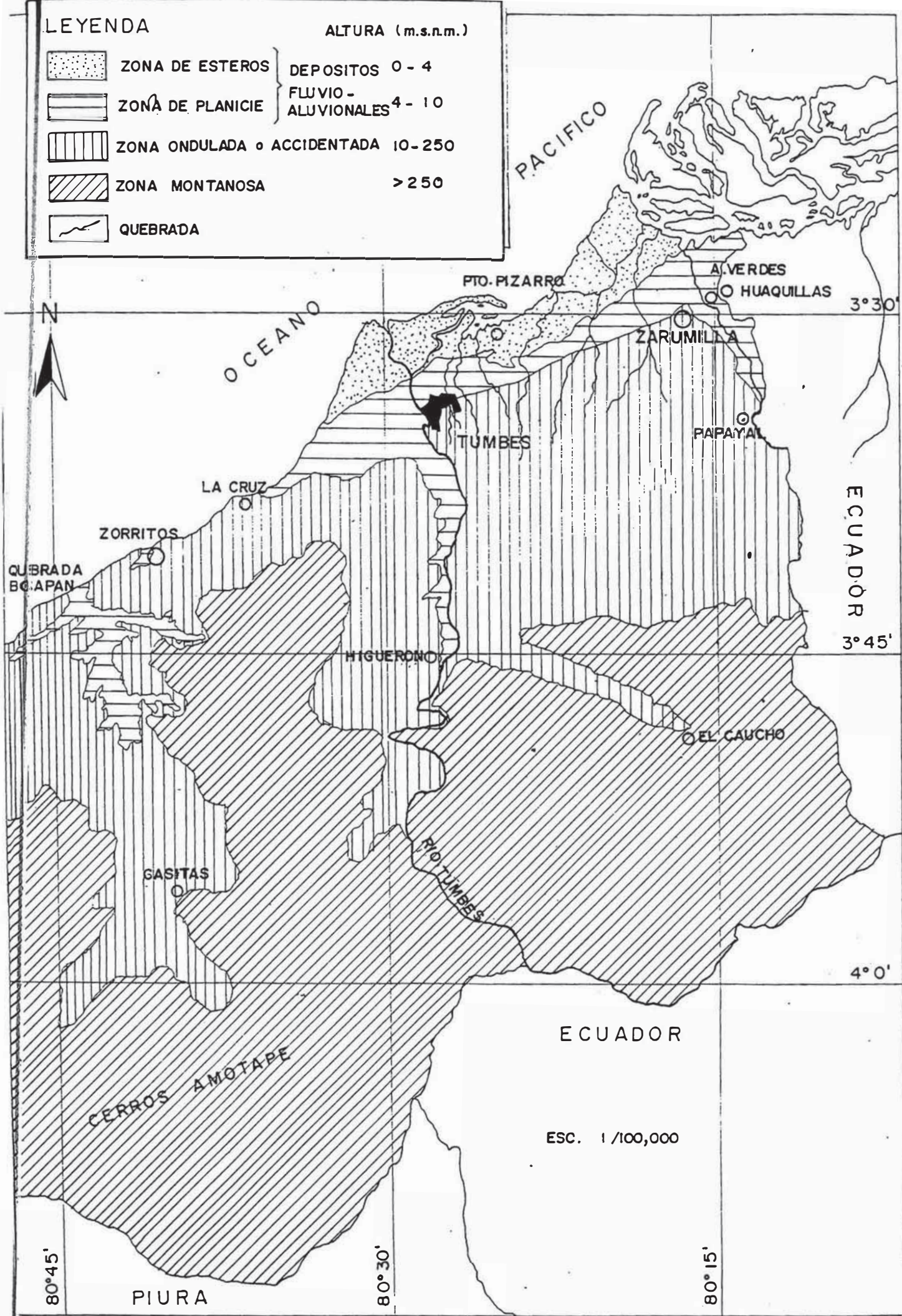
2. Zona ondulada - intermedia

Ocupa un gran porcentaje del departamento, desde la costa con excepción de la parte Norte, que comprende zonas planas, hasta las faldas de la cadena de Amotape.

LEYENDA

ALTURA (m.s.n.m.)

- | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------|
|  | ZONA DE ESTEROS | } DEPOSITOS
FLUVIO-ALUVIONALES | 0 - 4 |
|  | ZONA DE PLANICIE | | 4 - 10 |
|  | ZONA ONDULADA o ACCIDENTADA | | 10-250 |
|  | ZONA MONTANOSA | | >250 |
|  | QUEBRADA | | |



MAPA DE GEOMORFOLOGIA DEPARTAMENTAL - TUMBES
LAMINA Nº 4

Esta zona está caracterizada por su topografía de configuración muy irregular debido a la intensa erosión pluvial veraniega, dando lugar a la formación de numerosas colinas y red de "Talwegs" que concurren directa ó indirectamente a los rios Tumbes ó Zarumilla.

La altura sobre el nivel del mar va de 10 a 250 m.s.n.m. aproximadamente.

3. Zona de planicie (Llanuras)

Se extiende desde la Cruz en Tumbes hasta Zarumilla, donde adquiere su mayor ancho. Mientras en la dirección del litoral con la zona de esteros; se extiende entre la zona ondulada por el cauce del rio Tumbes hasta Higuerón y por el cauce del rio Zarumilla hasta Matapalo.

Esta zona tiene diferencias de relieve y leves pendientes. La altura promedio es de 4 m.s.n.m.; además esta zona es atravesada por muy pequeños cursos de agua que alteran la topografía llana.

Se debe considerar también en ésta zona un área de lagunas entre Tumbes y zarumilla, algunas de ellas permanentes y otras temporales.

4. Zonas de esteros y deltas

Se ubica en la parte occidental pegada al litoral, de forma longitudinal e irregular, comprendida desde el límite internacional con el Ecuador, en el canal internacional por el Norte hasta el extremo meridional del estero Corrales por el Sur.

Esta zona es de escaso relieve, baja e inundable, que se caracteriza por presentar fajas de arena alternadas por vegetación de mangles que a su vez alternan con amplios canales cuando la marea baja.

Luego de ésta descripción general, podemos decir claramente que, la ciudad de Tumbes se ubica en la margen derecha del río Tumbes justo entre las zonas ondulada ó intermedia y la planicie. La avenida Panamericana divide éstas dos zonas.

En la zona ondulada hacia orillas del río, las quebradas entre las colinas tienen diferentes direcciones, algunas desembocan en la av. Panamericana y otras hacia el río y las demás dentro de la misma ciudad; más hacia el E. del río, en zonas de expansión, las quebradas principales atraviesan la av. Panamericana.

Estas colinas en toda la ciudad tienen una altura máxima de 40 m.s.n.m. mientras que la zona plana se encuentra aproximadamente a 5 m.s.n.m.

4.2 GEOLOGIA:

Para realizar la microzonificación de Tumbes con fines de planeamiento físico un aspecto muy importante que se debe de conocer es la geología de la zona desde dos puntos de vista: La geología departamental y la geología local.

La geología departamental de manera integral ha sido poco estudiada, sin embargo las principales fuentes de información al respecto son las de Ingemmet con planos a escala 1:1'000,000 y la del proyecto Binacional Puyango - Tumbes en 1: 200,000. Obviamente tomaremos como base lo último.

El estudio de la geología departamental es muy importante por sus múltiples aplicaciones a otros estudios; en primer lugar a la sismicidad ya que el dinamismo de los elementos estructurales como fallas, pliegues etc, que son causados por ondas sísmicas puede ser visualizado mejor en este nivel de escalas.

La geología local también es muy importante para estudiar la sismicidad de la zona; pero en este caso lo es más para aplicarla a la hidrogeología porque con esto se pueden ubicar puntualmente los acuíferos existentes y así conocer con mayor exactitud el comportamiento de la napa freática en el tiempo.

Sin embargo, si la geología departamental ha sido poco estudiada La geología local lo ha sido menos, pues sólo existen algunos informes muy puntuales dentro de la ciudad, pero que complementados con entrevistas a ingenieros del lugar y con visitas al campo, se dan las características generales al respecto, lo suficiente como para que se haga sobre estos, estudios más profundos.

Cuando se haga la descripción geológica se recomienda ver el mapa respectivo.

Hablemos primeramente de la geología departamental. Fischer dividió el área de la costa de dicho Departamento en las siguientes "provincias geológicas" (De Este a Oeste):

1. Cordillera andina: Una faja de montañas plegadas topográficamente elevadas que exponen rocas paleozoicas y terciarias.
2. Depresiones Para-Andinas: Una faja de depresiones estructurales y topográficas ubicadas entre la Cordillera Andina y la zona de los macizos Occidentales.

3. Zona de Macizos Occidentales: Una faja arqueada que expone bloques constituidos por rocas metamórficas e ígneas paleozoicas separadas unas de otras por fosas y hundimientos rellenos con sedimentos del Eoceno Superior y más jóvenes.
4. Repisa Occidental: La llanura occidental consiste principalmente en elementos del Cretáceo Superior y del terciario descansando sobre el basamento paleozoico y caracterizado por intenso fallamiento de bloques.

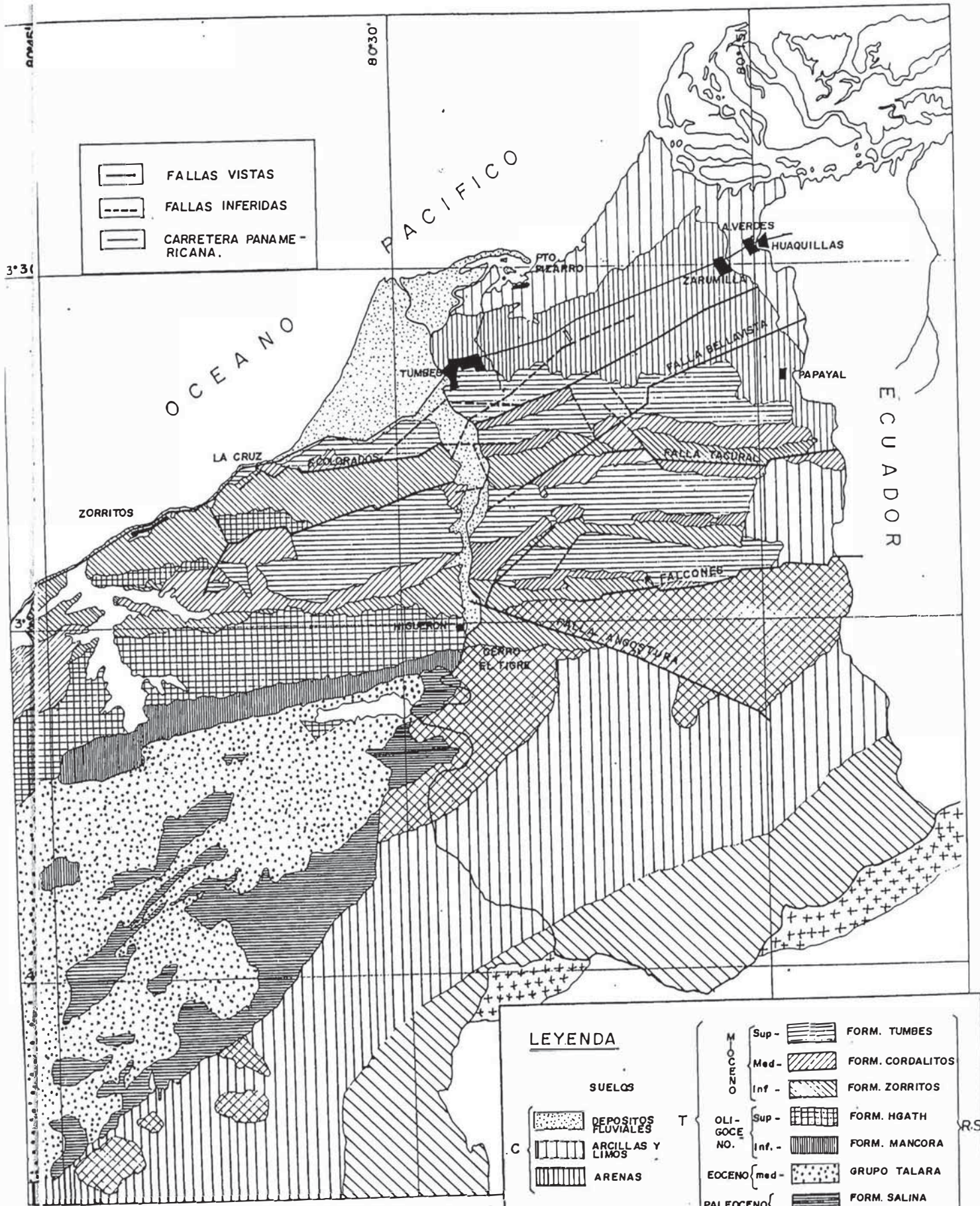
Podemos agregar a esto, la geología presentada por el proyecto Puyango - Tumbes (ver lámina N°5). Se observa fallas paralelas en el litoral en casi todo el Departamento con excepción de algunas en la cuenca del río Tumbes que forman ángulos agudos con el río. Por supuesto que existen muchas más fallas en distintas direcciones, pero estas son de segundo orden.

A esta escala en toda la llanura occidental hasta San Juan de la Virgen no existen muchas fallas; dentro de esta zona está la ciudad de Tumbes.

Hacia el N-W de la quebrada de Bocapán las edades de las rocas prácticamente son del mioceno, las fallas son casi equiespaciadas hasta la cadena de Amotape.

Al S-E de esta quebrada y también hasta la cuenca de Amotape hay una diversidad de tipos de rocas que generalmente son del oligógeno; las fallas son numerosas y están más juntas. (Se debe aclarar que en el mapa geológico sólo se representan fallas mayores ó grandes).

Sin embargo, para no alejarnos de la ciudad que es el tema principal sólo veremos la zona N-W de la quebrada mencionada. Observamos que las planicies



FALLAS VISTAS
 FALLAS INFERIDAS
 CARRETERA PANAME-
RICANA.

LEYENDA

SUELOS
 DEPOSITOS FLUVIALES
 ARCILLAS Y LIMOS
 ARENAS

C = CUATERNARIO
T = TERCIARIO
R.S. = ROCAS SEDIMENTARIAS.
R.M. = ROCAS METAMORFICAS.
R.II. = ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS.

MIOCENO	Sup -		FORM. TUMBES	
	Med -		FORM. CORDALITOS	
	Inf -		FORM. ZORRITOS	
T	Sup -		FORM. HGATH	R.S.
	Inf -		FORM. MANCORA	
EOCENO	med -		GRUPO TALARA	
			FORM. SALINA	
PALEOCENO			ARENISCAS, LUTITAS.	R.M.
			CUARCITAS	
			ESQUISTOS, MICACEAS.	
MESOZOICO			CUARCITAS	R.II.
			GRANITO	
PALEOZOICO			ESQUISTOS, MICACEAS.	R.II.
			PRE CRETACICO	

MAPA GEOLOGICO

ENTE: PROYECTO PUYANGO - TUMBES.

a partir del canal del río Tumbes desde "El Tigre" hasta el delta, y a la margen derecha del río hasta la frontera, toda esta zona pertenece al cuaternario, observándose en el cauce depósitos aluviales y eólicos conformados por arcillas, arena y grava. En la margen derecha, se presenta una mezcla de lutáceos arenosas, gravas, tobas y coladas. A medida que se avanza aguas arriba, a partir de la ciudad de Tumbes en la M.D. y de San Pedro de los Incas en la M.I. las edades de las rocas son del terciario presentando areniscas, tufos, lutitas y conglomerados. Hasta acá las rocas son sedimentarias; a partir de "El Tigre" las edades de las rocas predominantes son del paleozoico presentando generalmente rocas ígneas como granito, cuarzo, diorita, esquistos, pizarras, filitas, etc.

Podemos decir entonces que la ciudad de Tumbes es casi un punto de concurrencia de estratos de rocas de tres tipos: a orillas del río se encuentran depósitos aluviales como arcilla, arenas y grava; el centro de la ciudad está constituido por arenas y gravas del cuaternario en la parte baja y ondulada, encontrándose también areniscas y lutitas del terciario. "Nuevo Tumbes" es considerado como parte alta.

Refiriéndonos ahora a la geología local podemos decir que existen marcadas diferencias en la geología de la parte baja y la alta en la ciudad.

La parte baja está constituida mayormente por relleno de material transportado tanto de la parte alta como del río; esto en la superficie. Sin embargo se dice, que el mar hasta hace un par de siglos llegaba a la av. Panamericana, esto se confirma con algunos depósitos marinos encontrados a 3 mts. de profundidad en esta zona.

En la parte alta, los estratos que son arcillosos en mayor porcentaje tienen un buzamiento cuya dirección sigue las depresiones topográficas y generalmente son

de 10° a 30°. Además sobresalen estratos del mioceno superior estos conforman la formación Tumbes.

4.3 TOPOGRAFIA:

Este aspecto lo analizaremos desde el punto de vista local por razones obvias. La topografía es la característica más saltante y determinante en la ciudad de Tumbes pues en función de ella se determina la distribución de los servicios vitales. Es un factor limitante en el desarrollo de la ciudad pues eleva los costos de las viviendas, de servicios vitales y crea problemas de drenaje en épocas de lluvia.

Podemos describir esta topografía en la ciudad de la siguiente forma:

En la "Ciudad Vieja" como se dijo, tienen dos áreas diferenciadas topográficamente, la parte baja a la izquierda de la av. Panamericana y la parte accidentada ó alta a la derecha de la misma avenida.

La parte baja caracterizada por ser prácticamente plana se encuentra a una cota promedio de 5 m.s.n.m. (siendo su rango de 4 a 6 mts.). Hay dos sectores planos en la margen derecha de la Panamericana. El sector de la Plaza de Armas (6 m.s.n.m.) y el sector del antiguo Puente Viejo (6 m.s.n.m.)

También hay un sector plano en la zona de Pampagrande a la derecha de la calle Alfonso Ugarte (8 m.s.n.m). que limita con las parcelas agrícolas del río.

El resto de la zona en la margen derecha de la av. Panamericana es completamente accidentada teniendo su máxima cota de 41 m.s.n.m. en las colinas, a 100 mts. de la planta eléctrica, y su cota mínima en el mercado a 8 m.s.n.m.

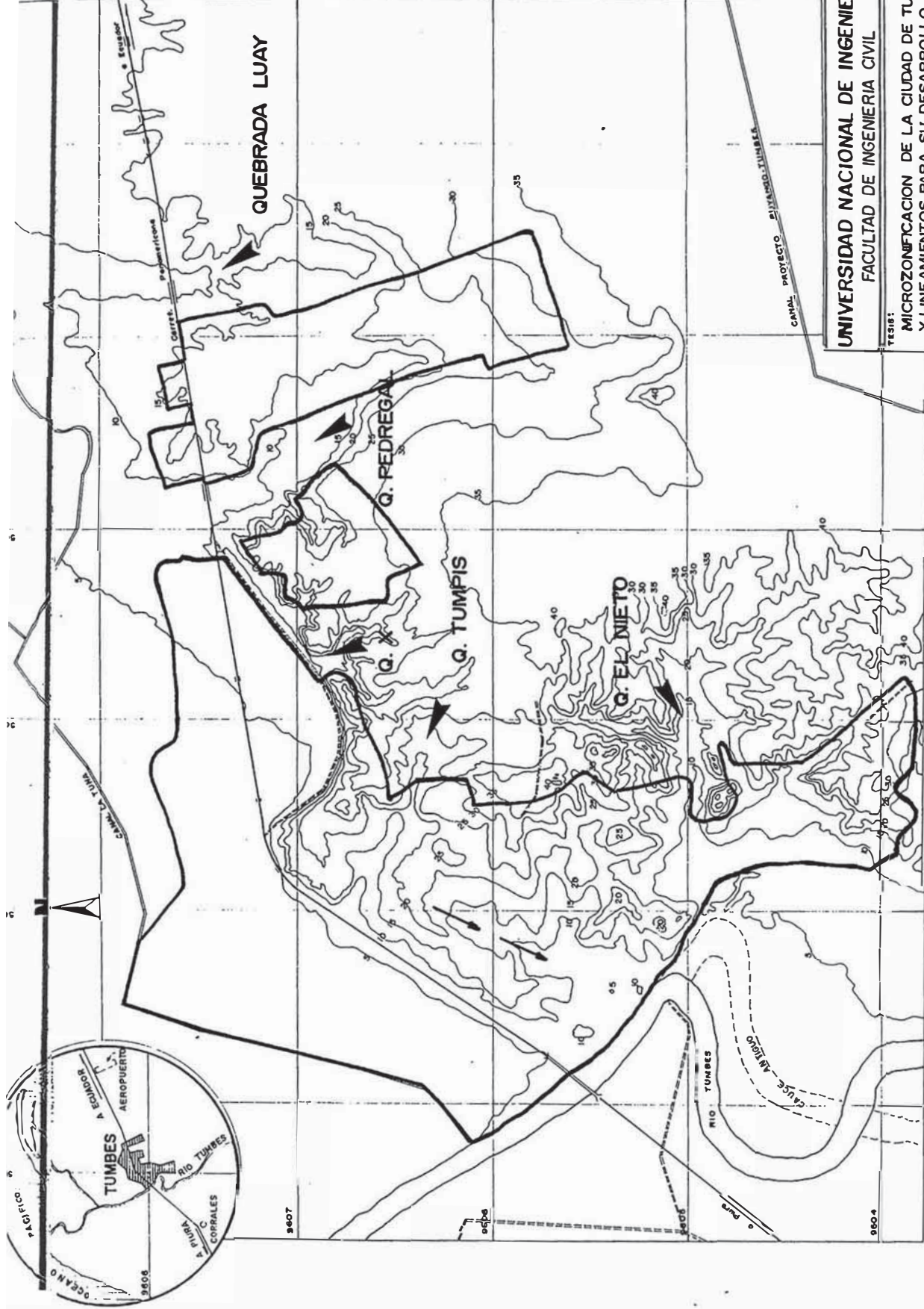
En estas zonas, las depresiones son pronunciadas llegando en algunos casos a pendientes del 17%; además siguen distintas direcciones, algunas de ellas tienen gran longitud formándose grandes quebradas dentro de la ciudad, tal es el caso de la calle Tumpis de una pendiente aproximada del 3% y la av. mariscal Castilla con una pendiente aproximada del 2%.

En la Zona Intermedia de la ciudad en la margen izquierda de la Panamericana también puede decirse que es plana, aunque hay una cierta elevación en dirección a "Nuevo Tumbes". Su altitud está entre 4 m.s.n.m. y en la dirección mencionada llega a 13 m.s.n.m. antes de la quebrada Pedregal.

En la margen derecha de la avenida, la parte plana se extiende en forma de V sobre una cota de 7 m.s.n.m. en promedio hasta que choca abruptamente con las colinas cuyas cotas se encuentran entre 23 y 37 m.s.n.m. En esta zona de colinas existe diversas quebradas, dos de las cuales (las más largas) concurren en la zona plana de la V mencionada; las otras lo hacen hacia la quebrada Pedregal. Sobre esta, se extienden asentamientos humanos como "Las Malvinas".

Siguiendo nuestro recorrido por la ciudad llegamos a "Nuevo Tumbes" que se encuentra entre las quebradas Pedregal y Luay. Esta área es relativamente plana, y decimos relativamente porque no es accidentada pero su cota mínima (casi en la av. Panamericana) es de 21 m.s.n.m. y la máxima de 34 m.s.n.m., en el lado opuesto. Cabe resaltar que hay zonas que han sido rellenadas. (antes eran pequeñas quebradas)

Las zonas posteriores a las quebradas Luay tienen una topografía similar a la de "Nuevo Tumbes", es decir, zonas relativamente planas, enmarcadas por quebradas, tanto en la margen izquierda como en la derecha de la av. Panamericana.



—●— QUEBRADA (AV. MARISCAL CASTILLA)
 ——— LIMITE DE CASCO URBANO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
 Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
 URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
MAPA TOPOGRAFICO

AUTOR:
 CESAR TAPIA CANALES

ESCALA:
 1 / 30 000

FECHA:
 MAYO 1991

LAMINA N° 6

Para mayor comprensión ver el mapa topográfico. (lámina N°6)

4.4 MECANICA DE SUELOS:

A profundidad se ha estudiado muy poco los suelos en la ciudad de Tumbes, uno de los factores que contribuye a esto es el conocimiento casi nulo de la geología local, sobre todo en la parte accidentada que ocupa aproximadamente el 80% de la ciudad, y de la forma, composición y dirección de los estratos. Otro de los factores es sin duda la gran actividad de la geodinámica externa.

Sin embargo, los ingenieros de la zona trabajan sobre este suelo basados en la experiencia de campo, pero debido a la falta de laboratorios, la eficiencia es restringida.

Basados en la recopilación de estudios puntuales del suelo, en la poca información de la geología local, en el reconocimiento de campo y en entrevistas en la zona; haremos una descripción general de los suelos en la ciudad de Tumbes de manera tal que sea lo más cercana a la realidad y que pueda servir de base a estudios más profundos.

Como en los aspectos anteriores, describiremos los suelos en la ciudad por sectores: La "Ciudad Vieja" (parte baja y alta), "Ciudad intermedia" (parte plana y colinas) y "Nuevo Tumbes".

Prácticamente en toda la ciudad, los suelos están formados por rocas sedimentarias las cuales sufren un constante intemperismo tanto físico como químico. La forma como se realiza éste intemperismo lo trataremos más adelante cuando hablemos de geodinámica externa; por ahora sólo es necesario saber que los suelos superficiales están en constante transformación.

- **ZONA DE CIUDAD VIEJA**

Tocaremos primeramente las zonas ribereñas (tanto en la zona plana como en la accidentada). En este sector, los estratos inferiores,(a partir de 0.50 mts.) contienen arenas y gravas mal graduadas encontrándose en la superficie arcilla arenosa ó limosa. En los estratos limo-arcillosos, por lo general los suelos subyacentes corresponden a depósitos fluviales.

Las gravas alcanzan tamaños de más de 3" en porcentajes de 10% a 50%; los suelos de grano fino se encuentran en mayor porcentaje (de 20% a 90%).

En lugares en que las capas arcillosas son significativas puede verificarse una plasticidad media a baja.

El nivel freático varía de 2 mts. en la parte alta a 0.5 mt. en la parte baja. Además se considera en estos suelos una cohesión casi nula, generalmente son friccionantes y semipermeables.

- **PARTE BAJA**

Los suelos en estas zonas son por lo general transportados de la parte alta; presentan además suelos orgánicos y sales provenientes de estratos de calizas también de la parte alta. Los estratos no se presentan definidos, predominan las arcillas, arenas y limos. Existen algunos bolsones de arena y grava cerca de la superficie , pero por lo general éstas se encuentran a más de 1 mt. de profundidad cerca al rio y a 4 mts. en la parte más alejada de la orilla. También se encuentran algunos bolsones de suelos orgánicos.

Mayormente en la superficie hasta una profundidad de 1.5 mts. en promedio se encuentran arcillas y limos y en mejor porcentaje arenas mal graduadas;



Foto 4.- El suelo de la ciudad predominantemente arcilloso, muchas veces presenta poca consistencia, como se aprecia en la foto.

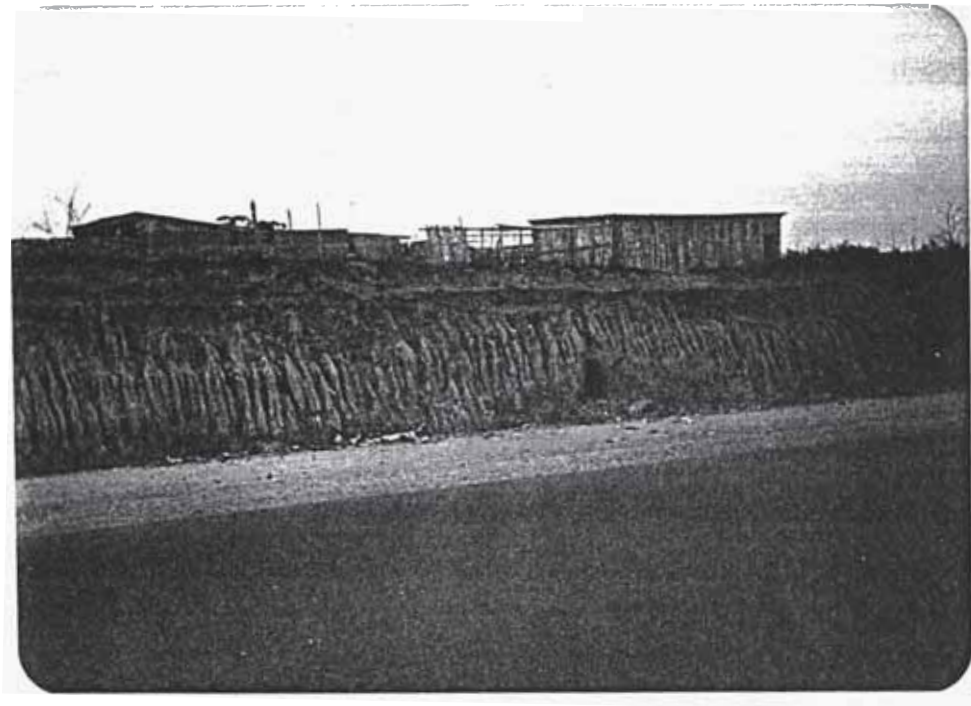


Foto 5.- En la vista se aprecia la forma como las lluvias lavan el suelo en la ciudad, debido al gran porcentaje de finos.

pero, a medida que aumenta la profundidad se encuentran arcillas arenosas y arenas limosas.

Los suelos de grano fino se presentan en gran porcentaje (de 60% a 90%) mientras que la de grano grueso en menor escala (20%).

La consistencia de todos estos suelos es casi nula, son muy blandos, por lo general el número de golpes por pie es de 3 en la superficie y de 5 a 7 a 4 mts. de profundidad.

Un gran porcentaje de muestras tomadas no presentan límite plástico.

El nivel freático se encuentra a 0.6 mts de la superficie en promedio; los estratos se encuentran por lo general saturados y son semipermeables; además son muy compresibles.

La capacidad portante en esta zona varía de 0.3 k/cm². a 0.6 k/cm².

- **PARTE ALTA**

En este sector, en las colinas altas, se encuentran suelos residuales y, en la parte baja de las depresiones, una mezcla de suelos residuales y transportados (debido al transporte por erosión).

Los horizontes delineados indican que los suelos subyacentes corresponden a depósitos eluviales y aluviales. Los estratos son arenosos y areno-limosos ó areno-arcillosos con algunas capas de arcillas y limos orgánicos, todas generalmente en estado compacto.

En la superficie se encuentran las arenas limosas presentandose en algunos lugares gravas subangulares a subredondeadas que a veces alcanzan el 43% (en la superficie) los que mayormente alcanzan un tamaño máximo de 2", el suelo de grano fino es el que se encuentra en mayor porcentaje (30% al 97%).

Las capas inferiores las ocupan arenas arcillosas, igualmente mientras más cerca se encuentre de la superficie se encuentran más gravas (37%), aquí las arenas varían de 25% al 65% y los de grano fino de 3,% al 50%.

Luego aparecen capas de arcilla inorgánicas integradas por arenas de grano fino en proporciones que varían del 10% al 50% y la fracción fina llega al 86%; también se presentan estratos de limos inorgánicos.

Se han encontrado en algunos estratos a 1.5 mts., capas finas de yeso y calizas. La consistencia de estos suelos es de media a baja en la superficie y media en algunos puntos a profundidad, el nivel freático en época seca varía de 1.5 mts. a 12 mts. en la parte más alta.

En los suelos carentes de plasticidad se considera en forma conservadora una cohesión nula.

La capacidad portante de estos suelos varía de 0.7 k/cm². a 1.5 k/cm². en las partes altas de las colinas.

- **ZONA INTERMEDIA:**

En la parte plana, el perfil estatigráfico es similar a la parte baja de la "Ciudad Vieja" con excepción de que casi no existe bolsones de grava, los suelos son mucho más blandos y los finos alcanzan muchas veces el 100% hasta 1.00 mt. de profundidad.

Además los suelos en esta zonas son transportados y residuales en algunos sitios. Casi toda la parte baja contiene suelos orgánicos con contenidos de sal.

Las características físicas y propiedades son iguales a los suelos de la "Ciudad Vieja".



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
 Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
 URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
MECANICA DE SUELOS

BACHILLER:
CESAR TAPIA CANALES ESCALA: 1 / 30000 FECHA: MAYO 1991

LAMINA N° 7

LEYENDA:

Zona	Caract. predom.	q prom. kg/cm2	Clasif. aprox.	Nivel Freát. Superf.	Caract. Superf.
1	Depósitos fluviales	0.6	Arenas y gravas	0.5-1	S. suelo
2	Suelos transport. residual	0.6	Limos, arcill. y arenas	0.5	S. suelo
3		0.6-0.8	Arcillas y limos	0.5-1	a) Suelto b) Orgán. c) S y O.
4	Residuales	1	Arcillas y arenas	1-15	a) Comp. b) Med.comp.
5	Residuales	1.5	Arcillas y arenas	> 15	Medianam. compactos

Depósitos Aluviales



El nivel freático se encuentra aproximadamente entre 0.5 mt. y 0.8 mt. en época seca.

Existe un área extensa a la derecha de la Panamericana que choca abruptamente en las colinas de los cuales bajan quebradas cortas de longitud pero de fuerte pendiente, con excepción de una que llega exactamente al centro de esta zona y que tiene un largo recorrido. Estas quebradas, en épocas de lluvia transportan material suelto (deleznable) los que son depositados en esta área; caracterizándose por lo tanto por ser de suelo superficial muy suelto.

La capacidad portante varía entre 0.5 k/cm² y 0.7 k/cm². En las colinas, los suelos tienen las mismas características que la parte alta de la "Ciudad Vieja", pero con más contenido de finos.

En esta parte la capacidad portante varía entre 0.8 k/cm². y 1.2 k/cm².

La napa freática se encuentra a gran profundidad.

- Zona "NUEVO TUMBES"

Esta zona es considerada como alta; presenta un perfil estratigráfico más definido; presenta arcillas de baja plasticidad en la superficie, luego se encuentran capas areno-arcillosas y areno-limosas densas que alcanzan profundidades mayores a los 3 mts.

Generalmente no presentan límite plástico, son prácticamente impermeables y medianamente compresibles. En algunos casos entre estratos de arena y arcilla se encuentran venillas de calizas.

El porcentaje de suelos de grano fino llega generalmente al 100%. La capacidad portante de estos suelos varía entre 1 k/cm². y 1.5 k/cm².

De todas las características de los suelos en Tumbes se puede decir que no presentan riesgo "alto" de licuación de suelos porque el contenido de arcilla es alto al igual que los índices de plasticidad. Salvo en algunos puntos de la zona baja.

Para complementar esta descripción se presenta un mapa de suelos en 1:10,000 el mismo que nos da un mejor panorama de este aspecto. (Ver lámina N°7)

4.5 CLIMATOLOGIA:

El estudio de la climatología tiene relativa importancia en los objetivos de la presente tesis, porque además de dar una visión general de las características físicas en Tumbes al respecto, su conocimiento influye en los planes de prevención. Por ejemplo, la temperatura es un factor característico en los diferentes comportamientos de los suelos, materiales de construcción, etc.; la humedad y vientos de la misma forma, la utilidad de información de las lluvias es obvia ya que es la principal causante de daños. Por tanto, incidiremos en los parámetros de temperatura y lluvias y, en menor escala pero también resaltándolos, en la humedad y vientos.

El clima de Tumbes es diferente al resto del litoral peruano, debido a muchos factores que trataremos de explicar a continuación. Solo desde épocas recientes (1920) se ha comenzado a realizar estudios específicos del clima en el Norte Peruano, pero estos eran puntuales; hasta hoy, existen muchas restricciones en el conocimiento a profundidad del comportamiento climatológico de la zona.

Uno de los más estudiosos al respecto es el Dr. G. Petersen el que basado en estudios de K. Knoch (1930) realizó observaciones meteorológicas en Tumbes, los que a pesar de las restricciones de la época nos dan una visión general de los eventos meteorológicos ocurridos, especialmente del año 1925.

Posteriormente otros estudios se han venido ocupando del tema pero, como dijimos de manera puntual.

El SENHAMI viene obteniendo datos meteorológicos con regularidad, de estaciones en la zona desde el año 1950, en la estación del puente de Tumbes; esto refleja obviamente el poco conocimiento a profundidad del clima en la zona. Sin embargo, recurriremos a los aspectos más importantes de las descripciones hechas por G. Petersen.

Según Petersen(1) "En primer término puede decirse que el clima del Perú es tropical" por su posición entre los paralelos de 2° y 18° lat. S; pero, como se sabe, el clima verdaderamente tropical caracterizado por alto calor y humedad, afecta sólo al extenso llano amazónico al E. de la "Cordillera de los Andes". Igualmente la Costa Pacífica es cálida, pero en mucho menor grado del que le corresponde por la baja latitud que ocupa. En efecto, una comparación entre nuestra costa y la del Océano Atlántico a igual latitud, revela temperaturas inferiores en más de 5°, son estas temperaturas, las que en unión de precipitaciones acuosas reducidas, han originado aquella notable aridez, que caracteriza toda la faja costanera desde el Norte de Chile hasta el Noroeste del Perú. En consecuencia, el clima del Perú occidental, es decir del litoral, es más parecido a un clima sub-tropical que

(1) Petersen, George; Estudios climatológicos del Nor-Oeste Peruano

a un clima tropical. Este fenómeno constituye sin duda una anomalía climatológica muy notable.

El clima del litoral peruano no se comprendería, si no se tomara en cuenta las corrientes marinas que fluyen a lo largo de la costa, a saber: la corriente de Humboldt, cuya dirección es sensiblemente SE a NW, y la corriente del "Niño", cuyas aguas cálidas proceden de la dirección opuesta, constituyendo una contracorriente ecuatorial.

La zona de concurrencia de estas dos corrientes se ubica justamente en el extremo Norte del Perú, las variaciones meteorológicas que suceden en esta zona y que todavía son materia de estudio, producen fenómenos como "El Niño".

Debido a lo anterior y a la morfología (la cordillera alejada de las costas) de la zona, el clima de Tumbes se asemeja al de la selva baja, siendo por tanto muy diferente al resto de la costa peruana.

El Noroeste Peruano constituye la transición entre el desierto peruano y el litoral ecuatoriano, caracterizado por una estación de tres meses en la propia costa y casi seis meses en el Golfo de Guayaquil."

Como se sabe el fenómeno "El Niño" es muy estudiado en la actualidad, por ser el causante de grandes desastres naturales como los de 1925 y 1983 que dejaron innumerables pérdidas.

El mecanismo de este fenómeno no es aún bien conocido, sin embargo las manifestaciones más patentes son la invasión de aguas cálidas superficiales que regresando por el Norte del Perú se dirigen al Sur y lluvias en la parte Norte de la costa Peruana; adicionalmente se presentan consecuencias biológicas en el mar, tales como movimientos migratorios de especies marinas, mortalidad de aves

guaneras por migración de la anchoveta, modificación del ciclo biológico de algunas especies y otros.

La alta temperatura de las aguas que aparece frente a la costa del Perú en esas oportunidades puede tener origen, además del calentamiento local y cese del afloramiento, por penetración de agua cálida salada procedente del Oeste ó por penetración de agua cálida poco salina procedente del Norte. El típico fenómeno "El Niño" corresponde a este último caso.

En el anexo A se presenta una versión sobre el mecanismo de este fenómeno, pues el estudio de éste abarca un campo especial que nos sacaría del objetivo principal de la tesis.

Existe cerca de 30 estaciones metereológicas en todo el departamento de Tumbes; pero no todos tienen datos completos, además sólo nos interesa los que están más cerca de la ciudad, por lo que la información que se presenta ha sido tomada de las siguientes estaciones:

- Climatología (Temperatura, humedad, viento):
 - Los Cedros
 - Tumbes
- Pluviometría:
 - El salto
 - Puerto Pizarro
 - Tumbes
 - Rica Playa
 - El tigre

Los datos que se presentan sobre los elementos climatológicos son valores medios (sin influencia de los datos más altos como los de 1925 o 1983). Posteriormente resaltaremos estos valores.

Los elementos climatológicos analizados son:

4.5.1 TEMPERATURA:

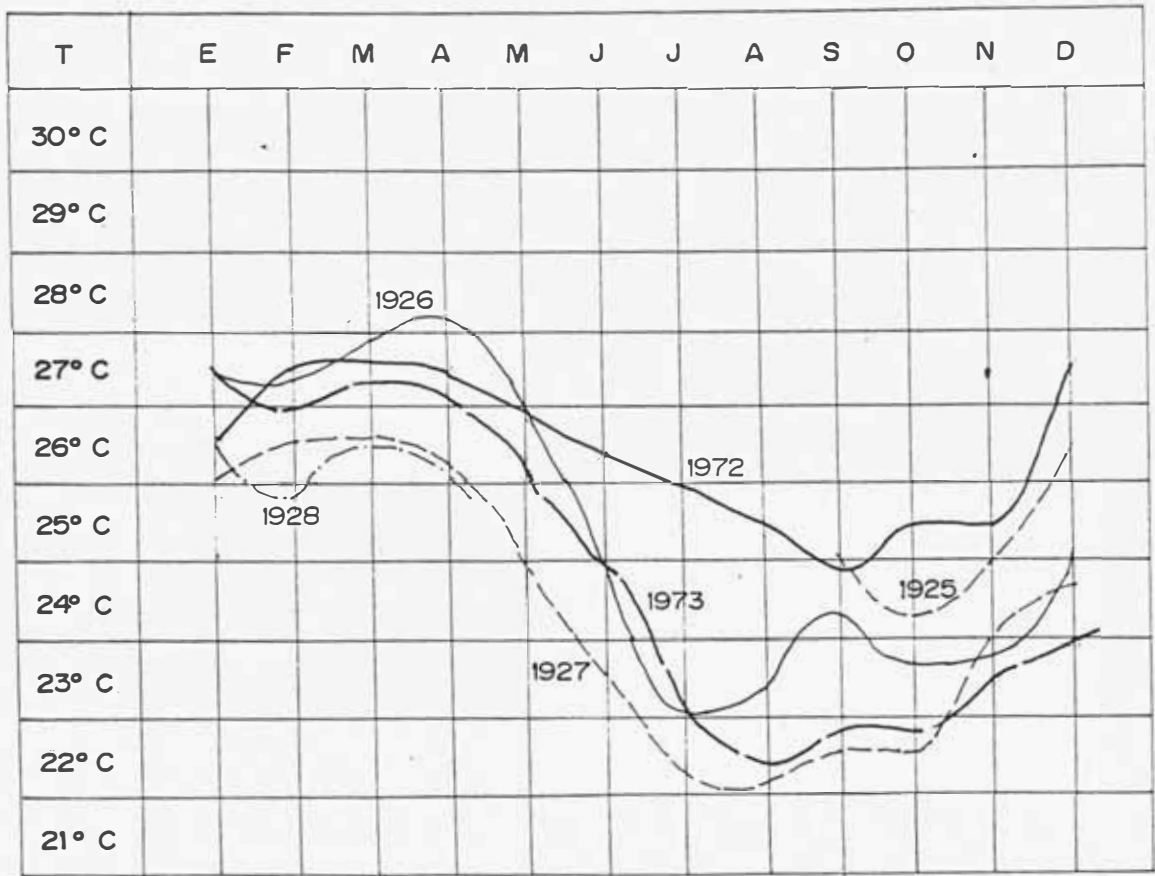
La temperatura en Tumbes es más alta en comparación con el resto del litoral, y debido a las lluvias que recibe ofrece un suelo cubierto de vegetación hasta la misma orilla del mar.

La estrecha vinculación meteorológica con el Ecuador se nota también geográficamente y hasta en el uso de las voces: "Invierno" y "Verano": Mientras que de conformidad con el significado verdadero de ellas, en las zonas sub-tropicales del hemisferio sur y en el Perú, la voz: "Invierno" designa la época fría, y la voz "Verano" la estación cálida del año, (en el Ecuador pasa lo mismo), en la Sierra del Perú no es así. Aquí en pleno desacuerdo con las estaciones astronómicas, la estación fría pero seca la llaman "Verano", y, en cambio, la calurosa y abundante en lluvias "Invierno". Esta costumbre de usar dos palabras bien definidas, es corriente también en la provincia litoral de Tumbes.

En el gráfico 4.1 se muestran las curvas de temperatura media mensual registradas en 1925, 1926, 1927, 1928 (Zorritos), 1969, 1972, 1973 ("Los Cedros").

En el anexo B se presenta los datos de temperatura entre 1959 y 1976 de la estación "Los Cedros".

En el periodo 82 - 83 - 84 existieron variaciones de temperatura primero de 4°, esto sufrió un incremento en 1983 - 1984 llegando hasta una variación sobre el promedio de 6°, luego fué descendiendo en 1984.



FUENTE : G. PETERSEN.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - TUMBES
 GRAFICO N° 4.1

Se debe agregar que la máxima temperatura absoluta anual fué de aproximadamente 37°C y una mínima absoluta de 11°C.

Las temperaturas más altas se inician generalmente en el mes de Diciembre, y se incrementan y mantienen elevadas hasta el mes de abril.

4.5.2 PERTURBACIONES BAROMETRICAS DE LA ATMOSFERA:

1. PRESION ATMOSFERICA

La presión atmosférica es un indicador importante en la predicción del fenómeno "El Niño". Sólo en los últimos años se está realizando mediciones apropiadas de estas presiones en Piura, para después compararlas a las presiones en Indonesia, ya que como se sabe la disminución de la diferencia de presiones entre estos dos puntos nos da un indicador del inicio del fenómeno. La presión en nuestra costa Norte en 1983 disminuyó en 3 hectopascales aproximadamente y en Indonésisa se elevó. Esta disminución de presión hace que el aire ascienda y con la acción de otros parámetros produzca lluvias.

Esta presión también está en función de las corrientes de los vientos.

Petersen utilizando barómetros de mercurio, realizó en 1925 - 1926 algunas mediciones de presión, dándonos una idea de su magnitud. Estas mediciones se tuvieron el 13 de Febrero de 1926 arrojando valores de 768 mm a las 0 horas y 12 horas, y de 764 mm en promedio en las horas intermedias, dando un promedio de 766 mm en el día. Este promedio se mantuvo en casi todo el mes.

Actualmente se ha instalado en la Universidad de Piura un radar especial capaz de medir los vientos en altura de la rama superior de la Circulación

Walker (ver anexo A) en cadena con otros ya existentes a lo largo de la línea ecuatorial.

Información más profunda al respecto es necesaria para usarlas en la predicción del fenómeno "El Niño", pero en la presente tesis no lo es tanto.

2. LOS VIENTOS

Según estudios de Petersen, los vientos generales tienen poca importancia comparándolos con los vientos locales.

Dice Petersen(2) "Los vientos alisos procedentes del SE son los vientos generales, soplan plenamente pero débilmente durante la mayor parte del año. En los meses de Febrero y Marzo, son reemplazados frecuentemente por vientos del NW, a medida que los centros de presión máxima y mínima marchan al S ó N respectivamente.

Las calmas absolutas se presentan con mucha frecuencia. En tierra producen un aire sofocante. Durante el verano, la zona de calma es bastante ancha pues se extiende hasta los 5° lat. S y su efecto se siente más en altamar que en la costa ó en la tierra, porque en el litoral las brisas del mar y de la tierra, producen cierto movimiento del aire durante varias horas del día, movimiento que hace más soportable la vida del hombre.

Los vientos generales, influyen sólo en el desarrollo de las estaciones. En cambio los vientos locales son muy importantes para la vida práctica cotidiana. Se conocen con los nombres de virazón y terral, los que dominan la faja costanera y, de brisas de montaña ó brisas de valle los que se observan

(2) Petersen, George; Estudios climatológicos del Nor-Oeste Peruano

con regularidad en los valles del río Tumbes y otras quebradas del departamento, donde suavizan las elevadas temperaturas del cálido clima tropical.

Igualmente debemos ocuparnos de los vientos locales muy irregulares, de posición variable y generalmente de corta duración. En primer lugar, los torbellinos, producidos por el calentamiento irregular de la superficie del suelo, pertenecen a este grupo. Los hay muy frecuentes en los valles y sobre todo en los grandes tablazos...”

Podemos afirmar que la ciudad de Tumbes se extiende a orillas de estas llanuras; y se han verificado casos de vientos de este tipo que afectaron grandemente a las viviendas rurales. Por esta razón incidiremos un poco más en el comportamiento de este tipo de vientos, y que mejor seguir citando a Petersen cuyos estudios se centraron más en el clima de estas zonas; además, las características descritas de estos vientos permanecen en general en los actuales momentos.

Dice Petersen, "... la fuerza ó intensidad de los virazones y terrales varía notablemente, tanto en lo referente al día y a la noche, cuanto en lo que respecta a las estaciones de verano e invierno.

Los dos tipos de vientos, constituyen el fenómeno de un cambio alternativo del viento en el curso de las 24 horas del día, cambio que está íntimamente relacionado con las oscilaciones de la presión atmosférica producida por el calentamiento y enfriamiento del suelo. La gran uniformidad en la marcha de los máximos y mínimos diarios de la presión, da lugar a un ciclo periódico doble del fenómeno... terral, ó sea la brisa que sopla de tierra, suele levantarse por lo general a las 20 ó 21 horas, esto es en la noche, y alcanza el máximo de la intensidad a las 22 horas, disminuyendo después rápidamente.

Con frecuencia sigue reinando calma durante algunas horas hasta que a las 5 horas de la madrugada el terral se presenta de nuevo; pero casi siempre su esfuerzo es entonces muy débil durante las 2 ó 3 horas que sopla.

La variación de la intensidad de los virazones y terrales, con el cambio de estación, es igualmente notable. Se explica de modo siguiente: en invierno la costa del noroeste peruano está bañada por las aguas de la corriente del Humboldt, cuya temperatura fluctúa entre 15°C y 17°C a la altura de Talara y entre 20°C y 23°C a la altura de Zorritos que en verano se eleva a 20°C - 25°C y, la superficie del suelo se calienta sin estas variaciones durante todo el año. En consecuencia, en invierno no se aprecia un gradiente mayor de temperatura entre mar y tierra, motivo por el cual el virazón vespertino, aumenta pués de intensidad, los terrales nocturnos pierden en cambio su fuerza debido a que en las temperaturas nocturnas en tierra y mar se igualan tanto que la gradiente de temperatura es casi inapreciable”.

Este es el marco general que muestran los vientos locales en Tumbes, los cuales deben estudiarse más, pués son causantes directos de daños a viviendas al actuar también con las lluvias que como se sabe son fuertes.

Los valores de la velocidad de los vientos registrados en la estación “Los Cedros” se muestran en el anexo B.

4.5.3 PLUVIOMETRIA

Tocaremos dentro de este aspecto 2 factores muy importantes dentro del estudio de la climatología en la zona:

1. LA HUMEDAD ATMOSFERICA

Es bien sabido que en casi toda la costa peruana la humedad atmosférica relativa es numéricamente bastante elevada contrastando notablemente con la aridez de la faja costanera.

Particularmente en Tumbes se observan valores más altos, puesto que la humedad relativa desciende pocas veces de 80%, oscilando entre 80% y 90%. Debido a las elevadas temperaturas que reinan diariamente, la tensión de vapor es siempre alta, difiriendo en poco del máximo a que pueda llegar.

Una característica resaltante es el hecho de que al mediodía el aire es relativamente más seco que a cualquier otra hora, no obstante esto, la tensión de vapor es la mayor en su valor absoluto de mediodía, circunstancia que influye mucho en la vida humana por ser esta condición una de las razones de la crecida transpiración del cuerpo humano a las horas referidas.

La estación de "Los Cedros" nos da valores de humedad relativa mensuales entre los años 1959 y 1982 (mostrados en el anexo B) los mismos que nos revelan los valores más altos en los meses de Julio y Agosto en promedio, decreciendo en los demás meses.

2. LAS LLUVIAS

Como se dijo anteriormente, Tumbes tiene características climatológicas muy diferentes al resto de la faja litoral peruana sobre todo en lo referente a las precipitaciones pluviales.

Esto se debe en parte a la menor altura de la cordillera de los andes, a su cercanía a la línea ecuatorial y a la influencia del denominado Fenómeno "El Niño". Esta menor altura de la cordillera de los andes en relación al Sur del

país, permite la mayor penetración hacia el Oeste de los vientos alisos procedentes del Sud-Este.

La cercanía a la línea ecuatorial afecta el régimen de precipitaciones pluviales, ya que próxima a ella se localiza aleatoriamente la franja denominada de "Convergencia Intertropical" (ver anexo A), donde se encuentran las masas de aire provenientes del Hemisferio Norte y del Hemisferio Sur.

El fenómeno "El Niño" afecta sensiblemente el régimen de precipitaciones en algunos años.

Aunque no debemos adentrarnos mucho en el mecanismo del fenómeno, es necesario sin embargo describir algunas características de éste, a fin de que se pueda entender mejor el origen de las lluvias en la zona.

Este fenómeno "El Niño", aunque es todavía un tipo de evento en estudio, los científicos adelantan que es una complejidad meteorológica-oceanográfica, caracterizada en el océano por la penetración de aguas cálidas de baja salinidad; este hecho coincide con otros fenómenos meteorológicos, como la debilidad de los vientos alisos del Sur-Este, el desplazamiento de la franja de convergencia Intertropical hacia el Sur, acercándola al Norte Peruano inmediato a la línea ecuatorial. Todo este mecanismo extraordinario favorece la evaporación de las aguas del Océano Pacífico y su traslado hacia la costa peruana por vientos inusuales, que penetrando tierra adentro por varios kilómetros depositan abundantes lluvias a su paso.

Las lluvias así generadas no alcanzan terrenos a grandes altitudes, a diferencia de las provenientes del Sudeste, que son mayores a mayor altitud y considerablemente menores en intensidad y duración.

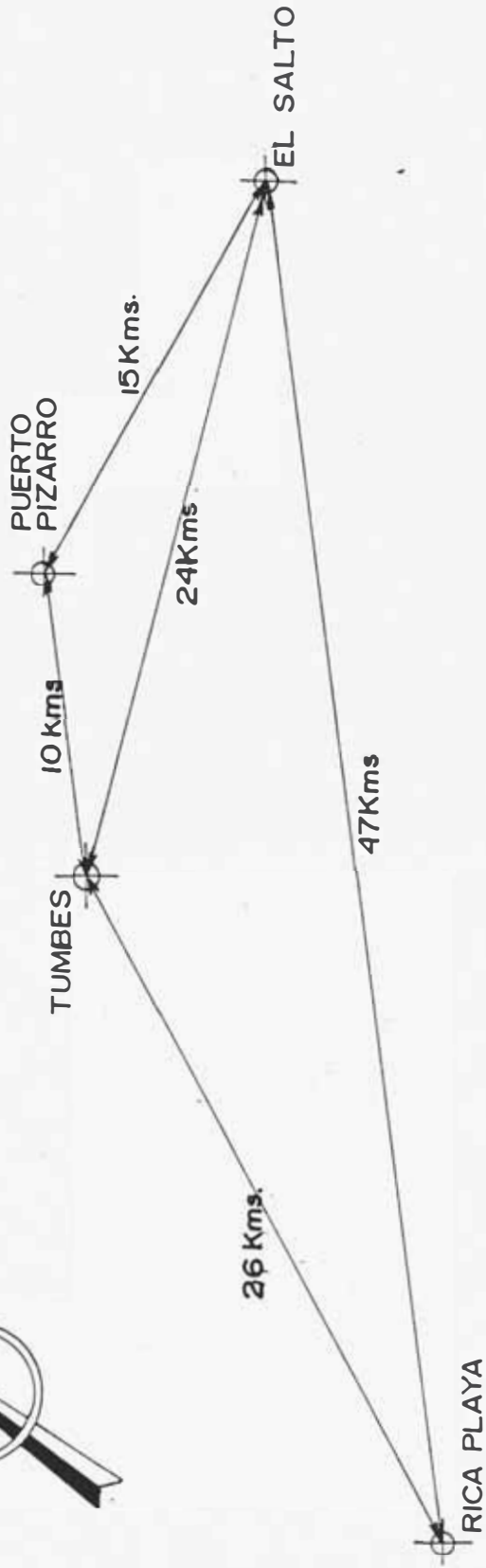
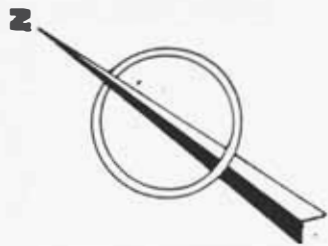


GRAFICO N° 4.2

UBICACION DE PLUVIOMETROS
alrededor de la ciudad de Tumbes

Hablando de grandes intensidades de lluvia, este fenómeno ha ocurrido por lo menos seis veces en el presente siglo; siendo el de 1983 el más fuerte registrado, tanto en sus efectos como en las magnitudes hidrológicas que lo caracterizan. A despecho de años de super abundancia de lluvias en los cuales puede ocurrir el desplazamiento hacia el Sur de la franja de Convergencia Intertropical, del Fenómeno "El Niño" u otros, suelen ocurrir años muy secos durante los cuales los terrenos costeros toman la forma de desiertos. Esto puede ocurrir al desplazarse hacia el Norte la franja de Convergencia Intertropical.

De todo lo anterior, podemos deducir que en Tumbes ocurren en forma aleatoria años de clima desértico, y algunos de clima tropical que provocan excesos de precipitación y cambios ecológicos en la zona. Por otro lado, las lluvias altas elevan considerablemente los niveles freáticos.

Los diagramas que se presentan muestran claramente los valores extraordinarios alcanzados en 1983. (ver gráfico 4.3) Una observación importante además es el hecho de que estas lluvias fueron a baja altitud, alcanzando alturas de lluvia anual de 5,336 mm (Estación Rica Playa 106 m.s.n.m.), comparable sólo con las precipitaciones más altas en nuestro territorio en la Hoya amazónica.(ver Tabla 8)

Es difícil indicar con precisión los valores de alturas de lluvia en la misma ciudad, por la falta de estaciones pluviométricas apropiadas; sin embargo los registros pluviométricos de las estaciones alrededor de Tumbes y que figuran en las tablas siguientes dan idea de las tormentas más importantes. (ver Tabla 9)

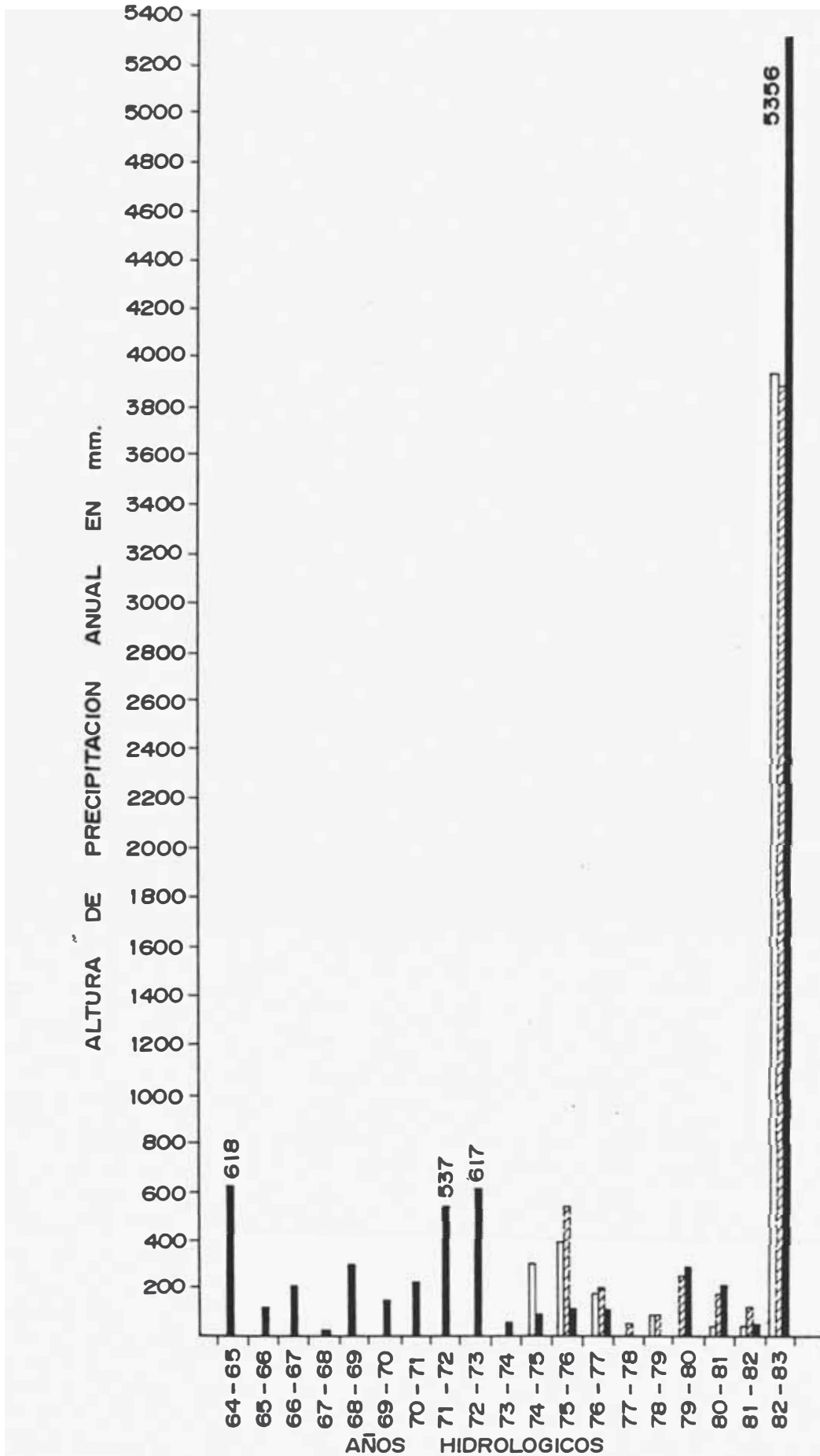
ESTACIONES PLUVIOMETRICAS			
ESTACION	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
El Salto	80°19'	03°26'	3 m.s.n.m.
Puerto Pizarro	80°28'19"	03°30'	1 m.s.n.m.
Tumbes	80°23'	03°33'	25 m.s.n.m.
El Salto	80°31'	03°48'	106 m.s.n.m.

Tabla 8. Estaciones pluviométricas importantes

PRECIPITACIONES (1983)				
DIA	EL SALTO	PUERTO PIZARRO	TUMBES	RICA PLAYA
18-03	0.0 mm	3.0 mm	123.0 mm	29.5 mm
24-03	27.0 mm	166.0 mm	9.0 mm	173.0 mm
25-03	0.0 mm	0.0 mm	164.0 mm	112.4 mm
06-04	123.0 mm	94.0 mm	14.0 mm	88.6 mm
18-04	94.0 mm	108.0 mm	0.0 mm	29.5 mm
20-04	111.0 mm	27.0 mm	0.5 mm	41.4 mm
21-04	36.0 mm	49.5 mm	11.0 mm	108.4 mm
22-04	0.0 mm	0.0 mm	78.0 mm	106.8 mm
24-04	64.0 mm	79.0 mm	0.0 mm	173.0 mm
25-05	0.0 mm	0.0 mm	0.8 mm	115.2 mm
17-05	63.0 mm	149.0 mm	142.0 mm	17.7 mm
18-05	0.9 mm	2.0 mm	204.0 mm	25.0 mm (dia esp.)
27-05	28.0 mm	47.0 mm	142.0 mm	36.2 mm
28-05	0.0 mm	0.0 mm	145.0 mm	30.6 mm
04-06	164.0 mm	44 mm	188.0 mm	48.6 mm
09-06	148.0 mm	38 mm	0.0 mm	10.2 mm

Tabla 9. Precipitaciones importantes en 1983

La Tabla 9 y el gráfico 4.2, que da la ubicación de los pluviómetros, dan la idea que las lluvias más fuertes no tienen un área de influencia muy grande.



— ESTACION RICA PLAYA
 — ESTACION TUMBES
 ▨ ESTACION EL SALTO

REFERENCIA : SENAMHI .

DIAGRAMA DE PRECIPITACIONES EN DIFERENTES ESTACIONES (1964-1983)

GRAFICO N° 4.3

Por ejemplo la lluvia de 204 mm registrada en Tumbes el 18 de Mayo, no fué registrada en El Salto ni en Puerto Pizarro.

Con propósitos de estimación, según Rocha,(3) cabe suponer que una tormenta fuerte tiene un radio de influencia de 5 km.

Además de estas estaciones, consideramos la estación "Los Cedros" con datos (1959-1982) y "El Tigre" (1964-1987) proporcionados por el SENAMHI; pero, estos datos nos darán una idea de las precipitaciones en años relativamente normales.(ver anexo B)

Se puede apreciar que los valores anuales de la estación "Los Cedros" son menores que la de "El Tigre" (mayor altitud). Esta estación nos dá para 1983 una precipitación anual de 2,295 mm. con dos picos mensuales que son: Enero (555 mm.) y Mayo (490 mm.); pero esta estación está lejos de la ciudad. Por su parte "Los Cedros", que está más cerca a la ciudad, tiene sus datos incompletos por los daños causados que influyeron en su funcionamiento.

G. Petersen, recopiló también información entre los años 1912-1932 de valores mensuales y anuales de estaciones cercanas a Tumbes. Pero la característica saltante de los sucesos de este período es que las lluvias se precipitaron en corto tiempo, (en 1983 los picos de precipitaciones relativamente altas, se mantuvieron por un espacio de aproximadamente 6 meses).

Se presenta a continuación una tabla de valores de precipitaciones mensuales para el período 1912-1932 (Petersen), donde resaltan los altos valores de 1925 y 1932. (ver Tabla 10)

(3) Rocha Arturo IA; "Estudio del tratamiento a corto plazo de las avenidas del rio Tumbes"

De la tabla mencionada vemos que en Febrero de 1925 alcanzó los 696 mm.; en 1932 para los meses de Febrero y Marzo, 691 y 689 mm. respectivamente.

TUMBES DURANTE 12 AÑOS DE OBSERVACION													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	LU-GAR
1912	---	---	47,8	31.0	7.4	1.6	---	---	---	---	---	---	El grillo
1913	---	---	76.0	49.0	49.0	8.5	---	---	---	---	---	---	R Playa
		8	73.0	18.0	3.00	4.0	---	---	---	11	---	15	Plate.
---	---	---	78.0	33.5	9.0	1.0	---	---	---	---	---	---	Bell.
1914	33.5	254.0	353.0	187.5	---	---	---	---	---	---	---	27.0	Plate.
1915	87.0	?	95.0	35.0	18.0	---	---	---	---	---	---	---	---
1925	255.0	696.0	358.0	215.0	0.0	0.0	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	Zorrit
1926	162.5	244.0	721.0	129.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	"
1927	2.4	65.5	54.1	0.4	0.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	"
1928	0.7	3.3	7.8	2.5	3.0	---	---	---	---	0.0	0.0	17.8	"
1929	9.0	160.7	172.5	42.0	1.7	0.0	---	0.8	0.0	0.0	0.0	---	"
1930	2.2	94.5	55.1	10.5	2.7	---	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---	"
1931	18.5	130	---	---	---	---	---	---	0.7	0.1	1.3	1.3	El Guri
1932	259.8	690.7	688.8	213.7	9.7	---	---	---	---	---	---	---	"
Totales	817.1	2216.7	2653.1	885.5	53.1	7.8	0.0	0.8	0.7	12.0	1.3	65.8	
Años obs.	9	9	11	11	10	8	6	6	7	8	7	9	

TUMBES DURANTE 12 AÑOS DE OBSERVACION													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	LU- GAR
Pro- me- dio anual	90.8	246.3	241.1	80.5	5.3	0.9	0.0	0.1	0.1	1.5	0.1	7.3	

Tabla 10. Presipitaciones mensuales 1912 - 1932
Fuente: G. Petersen

DISTRIBUCION DE LAS LLUVIAS EN EL AÑO 1925 EN ZORRITOS												
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	---	---	---	18	---	---	---	---	---	---	---	---
2	---	0.0	0.0	91.0	---	0.0	---	---	---	---	---	---
3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6	---	---	0.0	60.0	---	0.0	---	---	---	0.0	---	---
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.0	---	---
8	---	---	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	---	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	---	0.0	0.0	12	0.0	---	---	---	---	---	---	---
11	---	0.0	0.0	8.0	0.0	---	---	---	---	---	0.0	---
12	0.0	0.0	18	20.0	---	---	---	---	---	---	---	---
13	0.0	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.0
14	---	100.0	---	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---
15	---	0.0	150	---	---	---	---	---	---	0.0	---	---
16	0.0	375	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.0
17	40	---	43	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19	---	15.0	71.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	0.0	200	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
21	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

DISTRIBUCION DE LAS LLUVIAS EN EL AÑO 1925 EN ZORRITOS												
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
22	---	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.0
23	30.0	---	0.0	---	---	---	---	---	0.0	---	---	---
24	5.0	0.0	10.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	120	1.0	1.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
26	0.0	0.0	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
27	20.0	1.0	33.0	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---
28	---	0.0	0.0	---	0.0	---	---	---	---	---	---	---
29	40.0	---	15.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	0.0	---	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
31	---	---	8.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total	255	696	358	215	0.0	0.0	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0
Total del año: 1,524 mm. de lluvia												
En el año 71 días con precipitaciones acusas												
0.0 = precipitaciones inmensurables (chaparrones)												

Tabla 11. Precipitaciones diarias en 1925

Fuente: G. Pe ersen

En estos meses hubieron días especiales (críticos) en que se alcanzó cifras de precipitación realmente exorbitantes. Por ejemplo en 1925 el día 16 de Febrero, se precipitó 375 mm.; el 20 del mismo mes 200 mm.; debemos de agregar que en 1925 la precipitación anual alcanzó los 1524 mm. y en 1932 los 1873 mm.. (ver Tabla 11)

Estos valores sin embargo, se deben tomar solo como referencia (para la ciudad), porque las mediciones se hicieron en Zorritos.

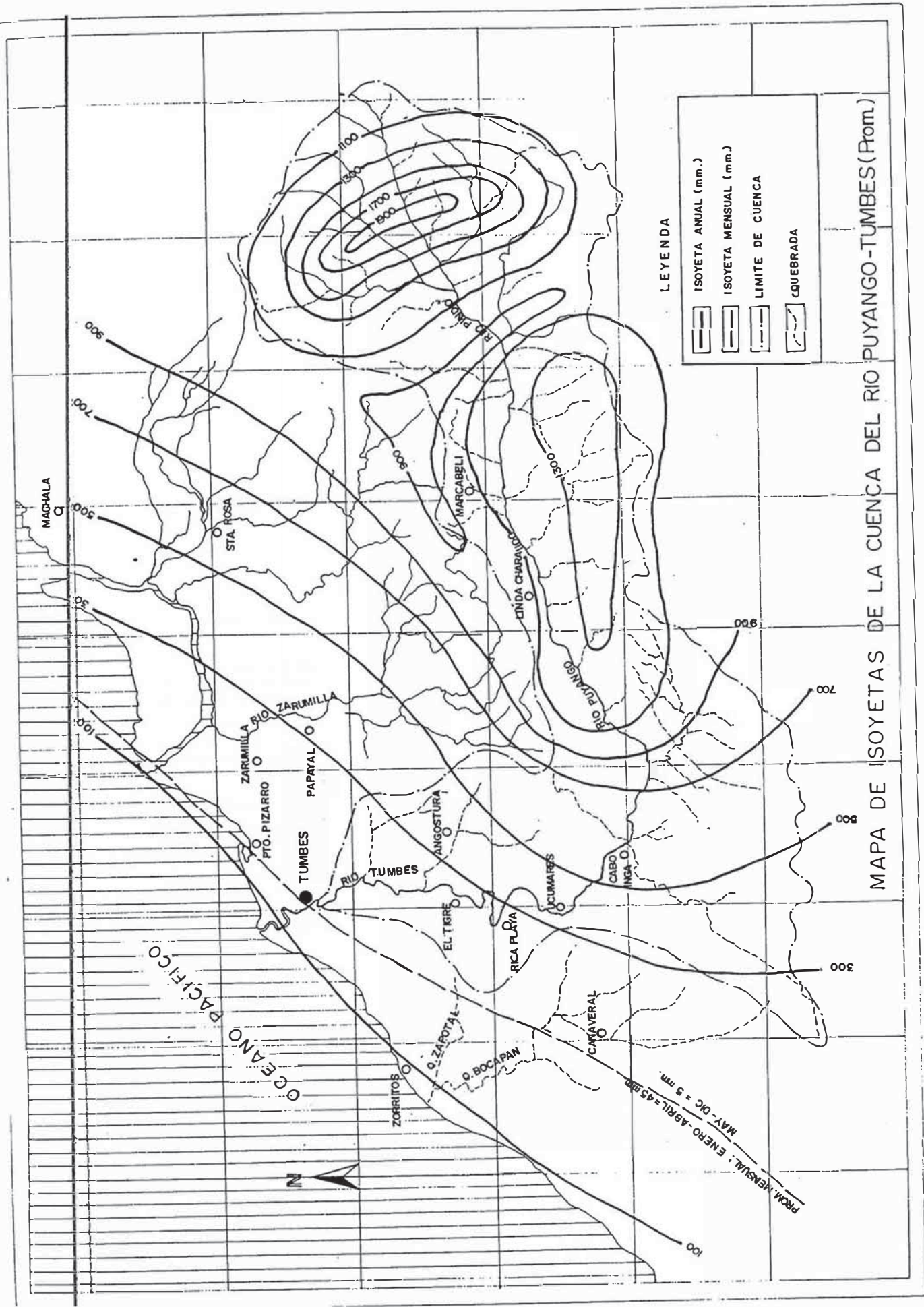
Ahora, en 1983 se registró en la estación de Tumbes los más altos valores: 204 mm el 18 de Mayo, 188 mm el 4 de Junio y 164 mm el 25 de Febrero; en este año las lluvias duraron desde Enero hasta Julio alcanzando una precipitación anual de 4000 mm que ciertamente es excepcional.

Finalmente podemos decir que los valores medios mensuales (mm) en años "normales" son:

ES-TACION	EN	FE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OC	NOV	DIC	AÑO
Pto Pizarro	40	35	54	32	09	02	00	01	00	02	01	04	172
Tumbes	46	38	51	29	09	03	01	01	01	01	02	01	187
El Tigre	49	41	99	57	16	07	00	00	00	04	00	01	275
Rica Playa	57	48	112	33	20	06	01	02	01	02	01	03	285

Tabla 12. Precipitación promedio mensual - Tumbes

Se muestra a continuación un Mapa de Isoyetas de la cuenca del río Puyango-Tumbes con valores promedio anuales (ver lámina N°8)



FUENTE: CORPORACION ANDINA DE FOMENTO : PROJ. PUYANGO - TUMBES

LAMINA N° 6

4.6 HIDROLOGIA:

En lo que se refiere a la hidrología, este aspecto es en nuestro caso importante analizarlo tanto desde el punto de vista superficial como subterráneo.

4.6.1 HIDROLOGIA SUPERFICIAL

En la hidrología superficial, el río Tumbes es el elemento a ser estudiado, ya que es el causante principal de las inundaciones en la ciudad; pero estas inundaciones están estrechamente ligadas al régimen de avenidas, por lo que incidiremos en estos valores y en los parámetros que influyen en éste aspecto.

Además, debido a la magnitud de los daños cada vez que ocurre el fenómeno, el río en mención es en estos momentos uno de los aspectos más estudiados en la zona, tanto por expertos extranjeros como nacionales; pero, debido a su comportamiento especial estos estudios resultan insuficientes. Otro factor muy importante que limita el conocimiento total de este río es que su cuenca es compartida con el Ecuador, por lo que su manejo debe de hacerse en forma conjunta.

En el Perú es el proyecto Puyango-Tumbes el que más viene estudiando esta cuenca; pero por el momento, estos estudios están destinados a la irrigación. Por supuesto que éste es un aspecto muy importante en el desarrollo de la región; pero como ésta tesis se centra en los problemas locales de la ciudad, nos interesa más los estudios de los parámetros que van en ésta dirección.

En el proceso de reconstrucción y rehabilitación de daños en 1983, se hicieron algunos estudios muy importantes al respecto. Además del proyecto Puyango-Tumbes, la Cia.A. Rocha Ingenieros Asociados - INADE realizaron estudios integrales del régimen de avenidas del río y dieron pautas para su control; así



Foto 6.- Se muestra una vista del río Tumbes desde el Malecón Benavides hacia aguas abajo. Al fondo se aprecia el puente nuevo, acceso principal a la ciudad.



Foto 7.- Vista del río desde el Malecón Benavides hacia aguas arriba. Se observa las embarcaciones y la abundante vegetación en la orilla; características similares de un río de la selva.

mismo en la actualidad el PRONADRET (Promoción Nacional de Rehabilitación de Tierras) de Tumbes viene realizando estudios profundos de su comportamiento en el lado peruano así como de sus efectos geodinámicos.

Basados en estas fuentes y en otros trabajos puntuales presentamos en forma concreta un cuadro general de la hidrología superficial de Tumbes, mostrando además resultados de estos estudios que más interesan para los objetivos de la tesis:

1. DESCRIPCION DE LA CUENCA

El río Puyango-Tumbes mide aproximadamente 230 km, de longitud y tiene un área de drenaje de alrededor de 4,800 km² hasta su desembocadura.

La cuenca hidrográfica comprende, como se dijo, parte del territorio peruano y ecuatoriano. En su parte alta, el río es llamado a menudo río Pindo ó río Grande, toma al nombre de Puyango a partir de su confluencia con el Yaguachi cerca de Balsas hasta la frontera con el Perú donde toma el nombre de Tumbes. Siguiendo la dirección occidental por unos 100 kms., el río Tumbes gira entonces hacia el Norte unos 80 kms. hasta llegar al Océano Pacífico cerca de la ciudad de Tumbes. En este sector la pendiente del cauce es inferior a 2‰ (ver lámina N°8).

2. ESTIMACION DE AVENIDAS

Existen diferentes formas de estimación de avenidas, algunas basandose de formas empíricas, en función de algunos parámetros físicos, y otras basadas

en la teoría estadística. Los valores mostrados por A. Rocha(4) se basan en estimaciones por el método de la ley asintótica de los valores extremos (Método de Gumbel).

Los datos procesados fueron tomados de la estación "El Tigre" que se encuentra ubicada a unos 25 km, de la ciudad de Tumbes, tiene un área de cuenca colectora aproximada de 4,380 km², altitud 22 m.s.n.m., longitud 80°28' W, latitud 3°42' S y que tiene un registro limnigráfico que abarca el periodo 1965 - 83.

Los pronósticos probabilísticos figuran en la tabla siguiente:

CAUDALES DE AVENIDAS	
PERIODO DE RETORNO (años)	CAUDAL (m ³ /s)
10	1,280
20	1,550
50	1,900
100	2,150
200	2,400
500	2,750

Tabla 13. Periodos de retorno para caudales del río Tumbes

Pero entre la estación "El Tigre" y la ciudad de Tumbes media una cuenca colectora de 600 km². que se tornó húmeda el año 1983 debido a las lluvias bajas

Es imposible calcular el caudal contribuyente de la mencionada cuenca baja, dado que no hay cifras, y los registros pluviométricos no son suficientes. Se-

(4) A. Rocha Ings.; "Enfoque Integral de Avenidas del Río Tumbes".

gún A. Rocha,(5) con propósitos de estimación cabe suponer que una tormenta fuerte tiene un radio de influencia de 5 km. y una intensidad máxima del 20% de lluvia registrada en 24 horas; considerando un coeficiente de escorrentía de 0.5 podría estimarse un aporte de la cuenca baja, que se indica en el cuadro siguiente:

CAUDALES DEL RÍO TUMBES					
DIA CRITICO	LLUVIA EN 24 HORAS	MAX: INTENSIDAD DE LLUVIA	CAUDAL CUENCA BAJA	CAUDAL EL TIGRE	CAUDAL TOTAL
18-3-83	123 mm	25 mm	273 m3/s	1,290	1,563
17-5-83	142 mm	28 mm	305 m3/s	1,000	1,305
18-5-83	304 mm	60 mm	654 m3/s	990	1,554
04-6-83	188 mm	38 mm	415 m3/s	1,000	1,415

Tabla 14. Caudales importantes del río Tumbes 1983

De los diferentes estudios hidrológicos realizados en relación al río Tumbes, se ha hecho estimación de caudales de avenidas. Todas ellas difieren de las estimaciones presentadas por A. Rocha; la discrepancia está en los años registrados, por lo que sería prudente hacer un análisis más profundo de éste asunto.

Algunas de ellas se presentan a continuación

- a. Proyecto de Desarrollo de Tumbes - Estudio de Factibilidad - Hidrotécnica Corporación - Enero de 1965.

(5) A. Rocha Ings.; "Estudio del tratamiento a corto plazo de las avenidas del río Tumbes".

En el capítulo de Hidrología se menciona: "La máxima Avenida registrada ha sido 3,000 m³/s el 17 de Abril de 1953, la siguiente avenida del 14 de Abril de 1957 fué de 2,270 m³/s."

- b. Ministerio de Agricultura - DEA Estudio de Factibilidad de defensa contra inundaciones en la costa Norte del Perú - Rio Tumbes - Febrero 1977.

Las descargas máximas en la estación "El Tigre", se han determinado mediante una correlación lineal con la descarga media anual de la estación "Puente Carretera"; cabe comentar que ésta última estación tiene influencia de mareas; lo cual puede hacer variar el régimen del rio y constituir una imprecisión. De otro lado físicamente puede ser discutible la existencia de dicha correlación lineal.

- Las descargas generadas con el método mencionado, dan un máximo valor de 3,144 m³/s en el año 1965 en una serie de 32 años que van de 1913 a 1974.

- c. Proyecto Puyango - Tumbes - Estudio de Factibilidad - Primera Fase - Diciembre 1977.

Con información de la estación "El Tigre" se da una relación de máximas avenidas de los años 1964 a 1976, correspondiendo al máximo a 3,400 m³/s para el año 1975.

El año 1975 ha sido un año con avenidas importantes en el mes de Marzo, habiendose producido un pico el 15 de Marzo de 1,410 m³/s (según INADE-A. Rocha IA).

- d. Comparación entre los caudales estimados en estudio de Factibilidad Puyango Tumbes- Primera fase y el informe de A. Rocha. INADE

CAUDALES MAXIMOS ANUALES (m ³ /s)			
AÑO	a. EST. PUY-TUMBES	b. A. ROCHA IA	(a)/(b)
1963	595	---	---
1964	710	---	---
1965	1040	733	1.42
1966	550	832	0.66
1967	920	696	1.32
1968	310	452	0.60
1969	(960)	951	---
1970	920	721	1.28
1971	1250	---	---
1972	2050	---	---
1973	2400	---	---
1974	704	499	1.41-
1975	3400	1410	2.41
1976	1760	973	1.81

Tabla 15. Valores estimados a partir de caudales máximos diarios.

Es evidente que la mayor discrepancia está en la máxima avenida de 1975 con 2.41 veces con relación a la estimación de A. Rocha.-INADE

Es de interés hacer una investigación más detallada para disponer de estimaciones que conduzcan a una predicción del menor riesgo posible en obras de protección.

De acuerdo a la teoría de probabilidades usada por A. Rocha(6) da los siguientes valores de periodo de retorno a considerar en función de la vida útil de la obra y del riesgo de falla permisible son:

PERÍODOS DE RETORNO VIDA ÚTIL					
RIESGO	10	20	25	30	50
0.05	195	390	488	585	975
0.10	95	190	238	285	475
0.15	62	124	154	185	308
0.20	45	90	113	135	225

Tabla 16. Periodos de retorno para el riesgo de falla de obras de protección

Con estos datos de período de retorno, se obtuvo los siguientes valores tentativos de caudales de diseño.

PERÍODOS DE RETORNO VIDA ÚTIL					
RIESGO	10	20	25	30	50
0.05	2380	2600	2750	2780	2950
0.10	2120	2300	2490	2500	2750
0.15	1940	2200	2260	2280	2550
0.20	1870	2080	2180	2290	2450

Tabla 17. Periodos de retorno de los caudales de diseño para obras de protección

3. RELACION DE LAS AVENIDAS CON EL FENOMENO "EL NIÑO"

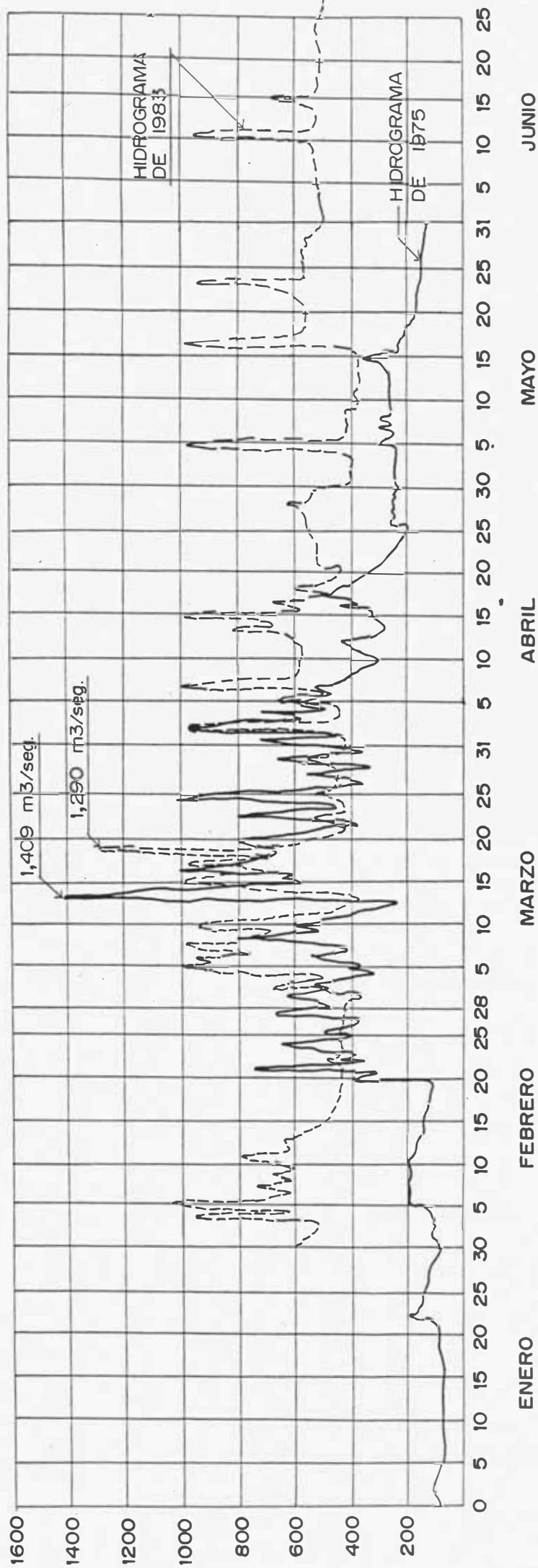
Debemos agregar a esto la relación que existe entre las magnitudes registradas de avenidas y la ocurrencia del fenómeno "El Niño".

(6) A. Rocha Ings.; Enfoque integral del control de avenidas del río Tumbes.



HIDROGRAMA DE AVENIDAS DEL RIO TUMBES - MARZO (1975 y 1983)
 GRAFICO N° 4.4

GRAFICO
HIDROGRAMA DE AVENIDAS DEL RIO TUMBES
ENERO - JUNIO (1975 y 1983)



Tomaremos como base los datos analizados por INADE-A. Rocha mencionado

En los registros limnigráficos de la estación "El Tigre" del río anteriormente. Tumbes, se observa que el máximo caudal se ha producido el año 1975 con 1410 m³/s, superior a los de 1972 con 1220 m³/s y 1983 con 1290 m³/s.

El año 1975 no se tipifica como año con influencia de "El Niño", sin embargo el mes de Marzo tuvo escorrentías muy altas. (Ver gráfico 4.4)

En el año 1983 se tiene un pico menor que el de 1975, pero el caudal de 400 m³/s ha sido superado en más de 5 meses consecutivos en comparación de sólo 8 días en 1975 (ver gráfico 4.5)

En el año 1981 se presenta un pico de 951 m³/s, pero el hidrograma mensual es mucho más modesto que los de 1975 y 1983.

En el gráfico 4.4 se aprecia que el caudal de 700 m³/s es mantenido 4 días consecutivos en torno al máximo pico para 1983, 17 horas para 1975, 1 día para 1981.

Estas observaciones hacen pensar que en eventos de esta naturaleza tiene particular interés, más que el pico de avenidas, la persistencia de altos caudales, que, como en el caso de 1983, se han mantenido por más de cinco meses consecutivos.

4. MAGNITUDES HIDRAULICAS VINCULADAS AL CAUDAL.

En el tipo de problema que nos ocupa es necesario conocer algunas magnitudes hidráulicas vinculadas al caudal que en determinado instante se produce, tales como, tirante, velocidad media y fuerza tracción.

En rios de poca pendiente, con tendencia a cambio caprichoso de su cauce y con playas de inundación amplias en muchos casos, es difícil precisar dichas magnitudes; a esto hay que agregar la influencia importante de la marea (puede variar 2.3 m. entre baja mar y pleamar en un mismo día); se ha hecho una apreciación de la variación de estas magnitudes, que se presentan en las láminas: lámina tirante - caudal, lámina velocidad media - caudal y lámina fuerza tracción - caudal (ver anexo B).

En la siguiente tabla damos un resumen para el nivel medio de entrega de plea y bajamar, realizados en base a las láminas mencionadas.

MAGNITUDES HIDRAULICAS VINCULADAS AL PERIODO DE RETORNO				
PERIODO DE RETORNO POR AÑOS	CAUDAL	TIRANTE	VELOCIDAD MEDIA	FUERZA TRACTRIZ
10	1,280	4.5	1.4	1.05
25	1,650	5.0	1.48	1.25
50	1,900	5.4	1.6	1.90

Tabla 18. Magnitudes hidráulicas vinculadas al periodo de retorno

a. Curva de duración de caudales.-

Con información del SENHAMI, A. Rocha confeccionó la curva de duración (ver anexo B); en esta se muestra en escala aritmética el porcentaje de tiempo que un determinado caudal es igualado ó superado.

El caudal medio en el registro 1964 - 1983 es $Q = 93 \text{ m}^3/\text{s}$.

Los caudales mayores del caudal medio ocurren el 28% del tiempo, los mayores de 200 m^3/s el 12% y los mayores de 500 m^3/s el 5% del tiempo.

Se comenta además que el 50% del tiempo los caudales están por debajo de 35 m³/s.

b. Curva de duración de tirantes.-

En condiciones medias de entrega en el mar, el 50% del tiempo tendremos tirantes menores que 1.40 m. y el 90% del tiempo tirantes menores que 2.00 mts. (ver anexo B).

4.6.2 HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Este es uno de los aspectos más importantes, pero el que menos se ha estudiado hasta el momento, no obstante ser uno de los causantes de daños en la población; en forma permanente (ocurra un fenómeno "El Niño" ó no). Decimos daños en la población porque son los servicios vitales los que son afectados además de las viviendas.

La parte baja de la denominada "Ciudad Vieja" es la mas afectada. El nivel freático en esta zona varía entre 0.6 mts. en época seca (sin lluvias) y muchas veces en épocas lluviosas el nivel de la napa llega a la superficie del terreno natural.

Las aguas subterranas en toda la ciudad son en su mayoría aguas de infiltración; drenan por lo general según la topografía del terreno, aunque se ha verificado en algunos casos bolsones de agua infiltrada en el centro de la ciudad y debido a la variedad en la dirección de algunos estratos fluyen por gravedad en la depresión que encuentren.

De las partes altas fluyen algunas aguas salinas debido a la presencia en estos sectores de calizas y vegetación, los que generan los llamados procesos cársticos,

que consiste en lo siguiente: el bióxido de carbono (CO_2) del aire y la materia orgánica en descomposición, se unen al agua subterránea para formar ácido carbónico (H_2CO_3); saturada de ácido carbónico el agua subterránea es capaz de disolver rocas sedimentarias como las calizas compuesta de CaCO_3 , y los compuestos son transportados en solución y depositados en las partes bajas ó en dirección de las depresiones.

Esta es una de las características que hace que el agua subterránea no sea aprovechable.

Para tener un mejor conocimiento del comportamiento de las aguas subterráneas es necesario hacer estudios más profundos de la geología local; con esto se podrán ubicar los acuíferos; las direcciones y buzamientos de los estratos y su permeabilidad y porosidad en forma integral.

Por lo pronto, con los escasos conocimientos de hidrogeología en la ciudad sólo se tomarán medidas de prevención de los efectos que se producen en este aspecto.

5.0 CAPITULO V .- GEODINAMICA Y DIAGNOSTICO DE TUMBES FRENTE A LOS DESASTRES NATURALES

Tumbes es una ciudad cuya geomorfología presenta cambios permanentes a largo y corto plazo. Este dinamismo geomorfológico se debe tanto a causas naturales como artificiales (creadas por el hombre) y producen efectos desastrosos debido no sólo a las condiciones físicas características de la zona, sino también a la vulnerabilidad generada por la población.

Esta geodinámica lo analizaremos en dos aspectos: geodinámica interna y geodinámica externa; incidiendo más en el segundo por ser el mayor causante de desastres en la ciudad y por la mayor información disponible al respecto; pero sin restar importancia al primero por el riesgo de desastre latente existente tanto por las condiciones físicas como por la probabilidad de ocurrencia.

5.1 GEODINAMICA INTERNA

Como es conocimiento de todos, esta geodinámica interna está representada por la sismicidad. Tumbes se encuentra situada en una de las zonas sísmicas más activas del Perú.

5.1.1 ORIGEN Y GENERACION DE SISMOS

Se han dado muchas teorías para tratar de explicar el origen y la generación de sismos en la tierra. A medida que la tecnología avanza, se hacen nuevas investigaciones, pero todavía falta mucho para llegar a encontrar la explicación precisa a este problema.

En la actualidad se acepta la teoría de "La Nueva Tectónica Global", que surgió como consecuencia de la aceptación de la Teoría de la Deriva de los Continentes y su complementación con la Teoría de los Fondos Oceánicos.

Se ha probado que las placas oceánicas se generan en las dorsales (Cadenas ininterrumpidas de montañas submarinas de cerca de 80,000 km. de longitud) se consumen en las Zonas de Subducción (ver figura 5.1) con esto y la determinación precisa de los sismos que ocurren en el mundo, se ha llegado a la conclusión que la superficie de la tierra está conformada por seis grandes placas: Nazca Cocos, Caribe, Filipinas, Somalia y Arábiga.

En los bordes de estas placas suceden fenómenos bien diferenciados. Nos interesa los que ocurren en las Zonas de Subducción.

En esta zona ocurren 2 tipos de sismos: Los primeros se distribuyen a lo largo de las fosas marinas, se generan por falla de tipo normal y los focos están alrededor de un plano inclinado a 45°.

Los sismos del segundo grupo tienen sus focos alrededor del plano que separa la Placa Oceánica que desciende y la Placa Continental encima de la anterior. El origen de los sismos de este tipo, se piensa que sean las grandes fricciones que se generan entre ambas placas, y es muy importante para los países situados en el

“Círculo Circumpacífico”, porque la mayoría de sismos de gran magnitud que allí ocurren son de este tipo.

5.1.2 SISMOLOGIA GENERAL

Podemos describir un sismo como un movimiento súbito y transitorio que se origina en un determinado punto de la tierra, por liberación de energía acumulada en la corteza terrestre ó en la parte superior del manto hasta profundidades de 700 kmts.

El lugar de origen de las ondas sísmicas se llama Hipocentro ó Foco; el punto donde la onda vertical que sale del origen toca la superficie terrestre se llama Epicentro y finalmente los puntos donde el sismo es perceptible al ser humano se llama Zona Macro-sísmica que puede abarcar hasta cientos de miles de km².

Una vez producido un sismo, se libera súbitamente una gran cantidad de energía, la cual se irradia tridimensionalmente desde el origen en forma de ondas elásticas, a través de la masa terrestre llamándose a estas Ondas Corporales; y cuando llegan a la superficie que divide dos medios de características diferentes, originan ondas que se transportan a través de la superficie divisoria por lo que se les llaman Ondas Superficiales.

Las Ondas Corporales se transmiten de dos maneras:

- Ondas Primarias (P): Las partículas vibran en la dirección de propagación de la ondas produciendo sólo compresión y dilatación, pudiendo transmitirse a través de medios sólidos, líquidos y gaseosos. Aunque no son preponderantes en cuanto a transporte de energía, son las más veloces y por lo tanto

llegan primero a cualquier punto (depende también esto de las propiedades elásticas y densidad del medio):

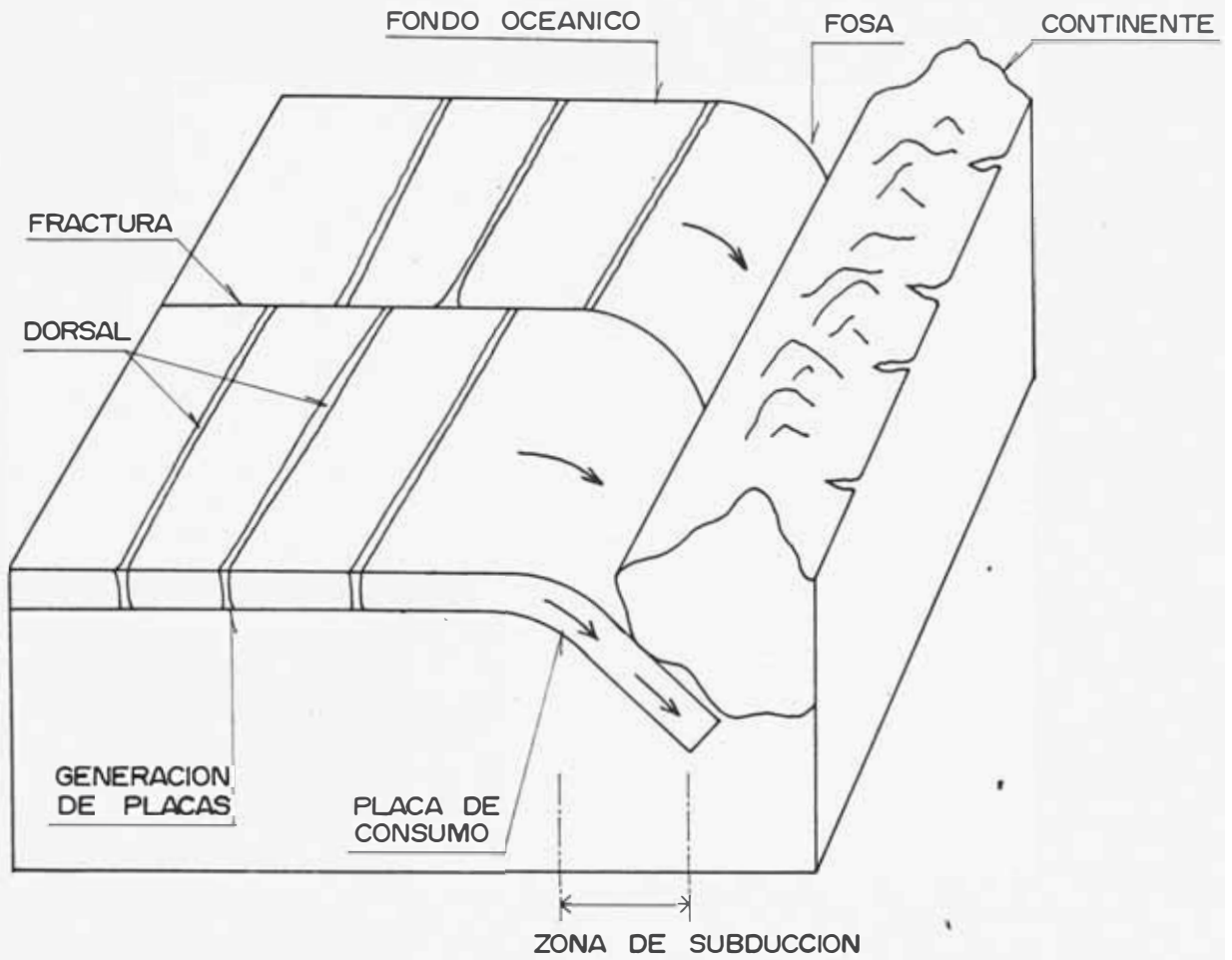
- Ondas Secundarias (S): Las partículas vibran perpendicularmente a su dirección de propagación y sólo pueden transmitirse a través de sólidos. Su velocidad es algo menos que la mitad de la anterior y por lo tanto llegan después de las primeras ondas.

Las Ondas Superficiales son:

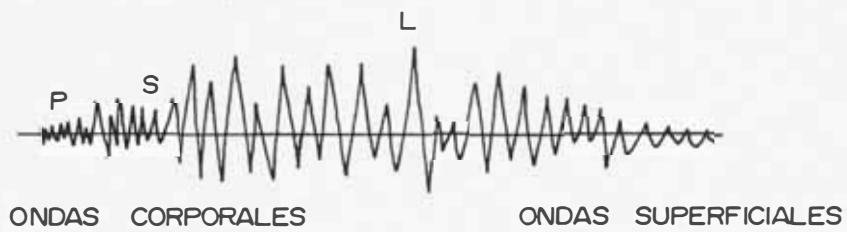
- Ondas LOVE (L).- Son ondas de corte horizontal que producen vibraciones perpendiculares a la dirección de transmisión de la energía.
- Ondas RALEIGH (R).- Las partículas vibran en un plano vertical siguiendo una trayectoria elíptica con el eje dirigido verticalmente.

Las ondas P de menor amplitud llegan a la superficie casi verticalmente haciendo vibrar la estructura preponderantemente en esa dirección, por lo que se deduce que estas ondas (P) no son tan destructivas como las ondas S ó L. Estas últimas, por tener mayor componente horizontal, pudiendo a veces presentarse como ondas tangenciales violentas, son las que causan mas daños. Las ondas L llegan después que las S, pero es difícil distinguirlas porque se superponen a estas últimas.

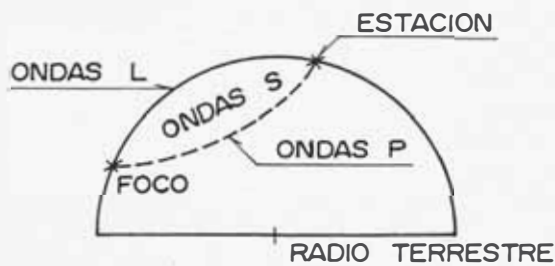
Las ondas sísmicas P y S se transmiten de acuerdo a la teoría elástica si el medio a través del cual viajan es homogéneo, pero si existe alguna frontera que separa dos medios de diferentes propiedades, la transmisión de las ondas se altera,



MECANISMO DEL MOVIMIENTO DE PLACAS
 FIGURA N° 5.1



ONDAS SISMICAS



TRAYECTORIA DE LAS ONDAS

FIGURA N° 5.2

y éstas inciden sobre este límite; parte de la energía se refleja y el resto se transmite al otro medio cambiando de dirección, es decir, refractándose, se tiene de esta forma la producción de los fenómenos de "Reflexión" y "Refracción de Ondas".

Es necesario definir dos parámetros importantes para la medición de un sismo:

- **Magnitud Sísmica.-** Es una forma de medir los sismos, de manera aproximada, en función de la cantidad de energía que libera durante la ocurrencia de un fenómeno.

Según Richter, físicamente es, la medida de la Intensidad Sísmica del terreno en un punto localizado a 100 kms. del epicentro

- **Intensidad de un Sismo.-** Es el grado de violencia de las vibraciones causadas por un sismo, se determina por la forma como son percibidas por las personas, por el grado de destrucción que causan sobre las estructuras realizadas por el hombre y por el efecto que tiene sobre la naturaleza.

La intensidad máxima se produce en el epicentro y disminuye con la distancia epicentral. Si se unen los puntos de igual intensidad sísmica, se obtienen curvas denominadas Isosistas, estas curvas son irregulares, dependiendo esto de:

- Radiación predominante en una dirección.
- El foco se extiende a través de un plano ó volumen en vez de un punto.

Las diferentes características de los suelos transmiten la energía; por ejemplo: las rocas transmiten las ondas sísmicas a gran velocidad, sin que sufran gran perturbación, mientras que los suelos blandos son un mal "transmisor" y la energía sísmica se manifiesta causando vibraciones con la amplitud aumentada grandemente.

La versión usada en nuestro medio es la Mercalli Modificada (ver anexo C).

5.1.3 SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO

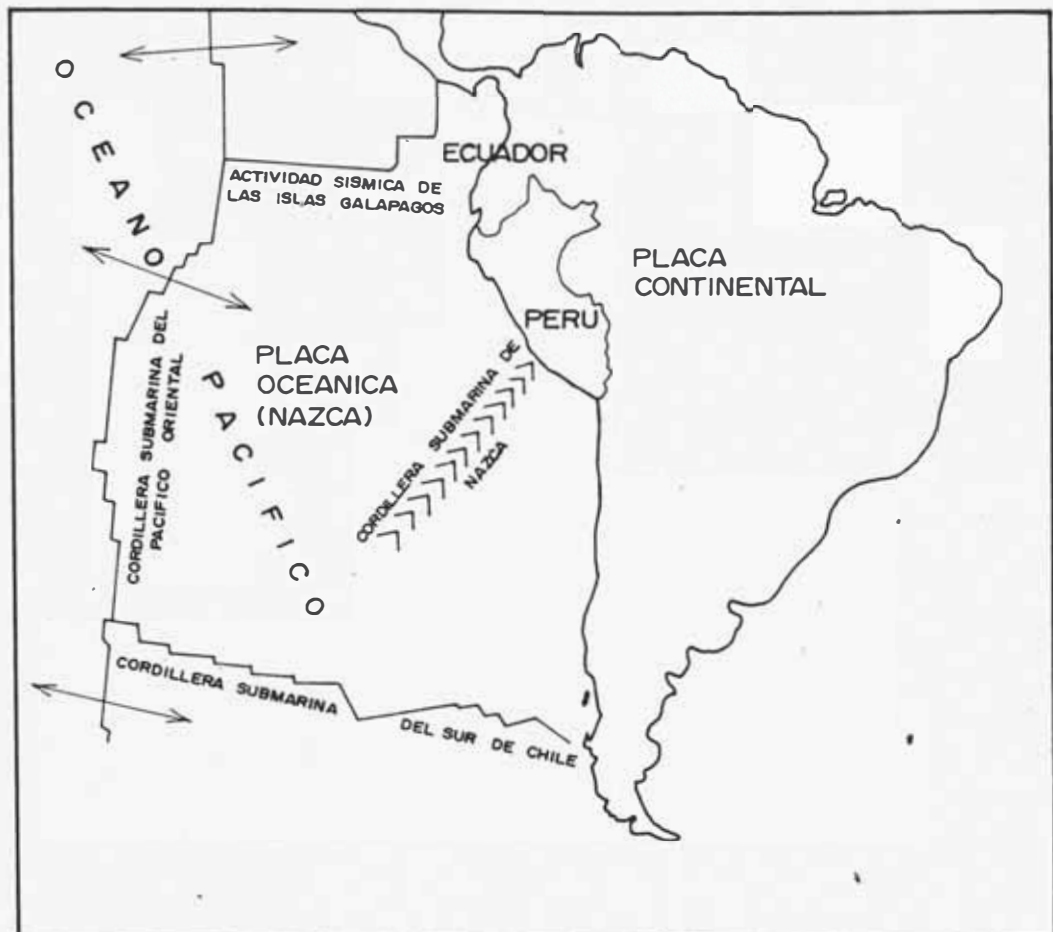
Los territorios de Perú y Ecuador están situados sobre el Círculo Sísmico Circumpacífico, el cual tiene en esta zona una dirección principal paralela a la costa.

Casi todos los movimientos sísmicos que se producen en sudamérica son generados por la permanente interacción entre la Placa Oceánica Nazca y la Placa Continental.

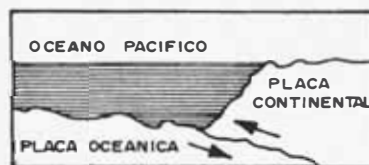
La Placa de "Nazca" se moviliza constantemente hacia el Este y la Placa Continental hacia el Oeste, provocándose una presión que al liberar energía da lugar a los sismos (ver gráfico 5.1)

La Placa de "Nazca" tiene más de 100 kms. de espesor y avanza por debajo de la Placa Continental.

La profundidad de los focos sísmicos (hipocentros) es muy variable: en el lado oceánico la mayor parte de los focos muestran relativamente poca profundidad (15 a 50 kms.) y en el lado continental son más profundos, llegando a más de 600 kms. (ver anexo C).



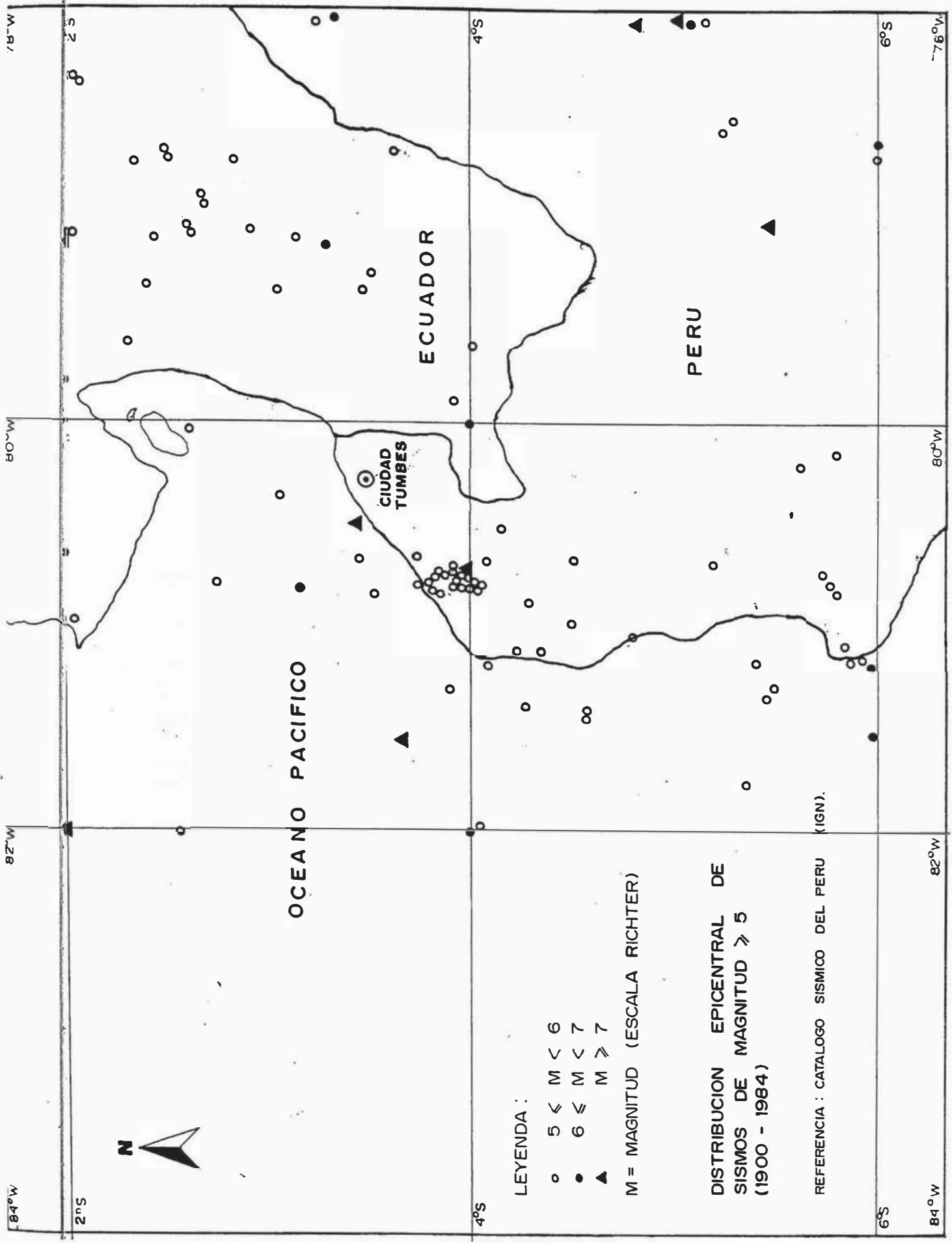
La Placa Oceánica limitada por cordilleras submarinas y las Islas Galápagos, es el fondo marino que se encuentra frente a nuestras costas y que ejerce presión sobre la Placa Continental. La interacción de estas dos placas da origen a movimientos sísmicos. En el cuadro inferior se observa como la Placa Oceánica avanza por debajo de la Placa Continental.



FUENTE : PROYECTO PUYANGO - TUMBES.

ESQUEMA DE LA PLACA DE NAZCA

GRAFICO Nº 5.1



84°W

82°W

80°W

78°W

2°S

4°S

4°S

6°S

82°W

80°W

6°S

84°W

82°W

80°W

76°W



OCEANO PACIFICO

ECUADOR

PERU

CIUDAD TUMBES

LEYENDA :

- 5 < M < 6
- 6 ≤ M < 7
- ▲ M ≥ 7

M = MAGNITUD (ESCALA RICHTER)

DISTRIBUCION EPICENTRAL DE SISMOS DE MAGNITUD ≥ 5 (1900 - 1984)

REFERENCIA : CATALOGO SISMICO DEL PERU (IGN).

SISMOS REGISTRADOS INSTRUMENTALMENTE ENTRE 1900-1984					
De magnitud ≥ 6 (Richter) y longitud entre 78°W-84°W, latitud 2°S-6°S					
FECHA	LAT.S	LONG.W	PROF (km.)	MAGNITUD	
				mb	Ms
1901-01-07	2.00	82.00	25.0 A	---	7.8 PAS
1906-09-28	2.00	79.00	150.0	---	7.9 PAS
1924-03-11	4.00	82.00	60.0	---	6.8 PAS
1924-07-22	2.00	80.00	250.0	---	6.5 PAS
1927-03-13	6.00	81.50	---	---	6.0 PAS
1928-05-14	5.00	78.00	---	---	7.3 PAS
1928-07-18	5.5	79.00	---	---	7.0 PAS
1932-09-05	6.00	81.00	50.0	---	6.0 PAS
1933-10-02	2.00	81.00	---	---	6.9 PAS
1934-10-29	5.00	78.00	110.0	---	6.9 PAS
1935-03-08	4.00	80.00	100.0	---	6.0 PAS
1935-11-02	2.00	79.00	130.0	---	6.0 PAS
1942-11-08	6.00	78.50	110.0	---	6.0 PAS
1943-01-30	2.00	80.50	100.0	---	6.9 PAS
1953-12-12	3.4	80.60	---	---	7.8 PAS
1956-03-22	3.50	79.00	100.0	---	6.5 PAS
1957-08-26	2.00	81.00	---	---	6.0 PAS
1958-05-25	3.12	78.09	29.0	---	6.5 PAS
1959-02-07	3.70	81.71	---	---	7.4 PAS
1961-05-21	3.10	80.90	27.0	---	6.5 PAS
1970-12-10	3.99	80.72	25.0 D	6.3	7.6-7.1 BRK
1981-05-06	2.03	80.98	33.0 N	5.3	6.3 ISC

SISMOS REGISTRADOS INSTRUMENTALMENTE ENTRE 1900-1984 De magnitud ≥ 6 (Richter) y longitud entre 78°W-84°W, latitud 2°S-6°S					
FECHA	LAT.S	LONG.W	PROF (Km.)	MAGNITUD	
				mb	Ms
1983-04-12	4.84	78.10	104.2	6.5-6.7 BRK	6.6 PAS
Nota: Ms = Magnitud de ondas de superficie mb = Magnitud de ondas internas PAS = Estación Pasadena California BRK = Estación Berkeley California ISC = Fuente, International Seismological Center A = Profundidad asignada D = Profundidad restringida utilizando otras fases N = Restringida a profundidad normal de 33 km.					

Tabla 19. Sismos Registrados instrumentalmente (1900-1984)
Ref. Catálogo Sísmico del Perú

Como es evidente, Tumbes se encuentra en una zona muy activa. La historia nos da una gran cantidad de desastres ocasionados por movimientos sísmicos. Es recién a comienzos de este siglo en que se viene registrando instrumentalmente los sismos en América.

De acuerdo al Catálogo Sísmico del Perú (IGN); entre las coordenadas 2°-6° de latitud sur y 78° -84° de longitud oeste se han registrado desde 1900 hasta 1984 un total de 115 sismos de magnitud ≥ 5 en la escala de Richter, y con profundidades focales que están entre los 5 y 250 kms.

A continuación, se presenta las características principales de los sismos registrados dentro del rango mencionado pero de magnitud ≥ 6 (Escala de Richter)(ver Tabla 19).

Se puede observar que ocurrieron 23 sismos de $M \geq 6$, dentro de los cuales 7 fueron de $M \geq 7$, siendo los principales los ocurridos en 1906 ($M = 7.9$), en 1901 ($M = 7.8$), en 1953 ($M = 7.8$) y en 1970 ($M = 7.6$).

También se puede notar que aproximadamente cada 22 años se produce un sismo de $M = 7$ (Richter).

En la actualidad, se espera un sismo de esa magnitud ya que el último ocurrió en 1970. Las magnitudes ≥ 5 registradas en el Catálogo Sísmico del Perú se muestran en el siguiente Mapa de Distribución Epicentral (ver lámina N°9).

Podemos apreciar la gran concentración de sismos de magnitud 5 entre la zona de Zorritos y Máncora; también se observa que los grandes sismos ocurridos en Tumbes tienen epicentros muy cercanos a la ciudad, por lo que se puede concluir que el peligro sísmico de ocurrencia de sismos de magnitud ≥ 5 es alto.

Con respecto a la intensidad, se toma como referencia un informe del proyecto Puyango-Tumbes, el cual consideró 431 sismos distribuidos regularmente entre 1901 y 1976 y los registros suministrados por el National Geophysical and Solar-terrestrial Data Center de Boulder, Colorado, U.S.A.. Este informe analiza los efectos de los sismos en la zona del Proyecto Puyango-Tumbes, en donde se han calculado las intensidades en esta zona.

Para estos cálculos se usó la fórmula de Shebalin (1975) que es la siguiente:

$$I_0 = 1.5M - 3.5 \log h + 3.0$$

donde: M = Magnitud en la escala Richter.

h = Profundidad del hipocentro.

I_0 = Intensidad en el epicentro.

Luego para calcular la Intensidad en la zona del proyecto se usó la siguiente fórmula:

$$I_d = 1.5M - 3.5 \log D + h + 3.0$$

donde D = distancia en kmts. desde el epicentro hasta el lugar considerado.

$$D = \cos(\text{senLats} \cdot \text{senLatd} + \text{coslatd} \cdot \cos(\text{longd} - \text{longs})) \cdot 60 / 1.812$$

S = epicentro; d = distancia de S al lugar considerado.

Luego, basándose en los registros de los 431 sismos tomados en consideración se calculó el periodo de retorno (por el método de los mínimos cuadrados).

Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

I = intensidad.

T = período de retorno (años).

I	6	7	8	9	10
T	22	54	116	228	414

Tabla 20. Periodos de retorno de Intensidades (MM)

Obviamente estos valores son presentados como referencia.

5.1.4 MICROZONIFICACION POR EFECTOS SISMICOS

Como se mencionó anteriormente, la intensidad de un sismo se refleja en el grado de violencia de las vibraciones, la forma como lo sienten las personas, el grado de destrucción de las estructuras hechas por el hombre y por el efecto sobre la naturaleza; pero sobre todo los efectos sísmicos se reflejan en esto último.

Toda la energía que llevan las ondas sísmicas las transmiten los suelos y depende de la naturaleza de éstos, el grado de destrucción que se produzca en la vida humana.

De acuerdo a las características de suelos presentada en el capítulo anterior para la ciudad de Tumbes, dividiremos a ésta en 4 zonas con peligro de efectos sísmicos; estas zonas son descritas a continuación (ver lámina N° 10).

- ZONA 1:

Comprende toda la zona baja de la "Ciudad Vieja" y la "Ciudad Intermedia". Se considera a esta zona la más peligrosa cuando se produzca sismos por presentar condiciones favorables para la amplificación de ondas, asentamientos, posible densificación y licuación.

Se dice que presenta condiciones para la amplificación de ondas porque los suelos de toda esta zona, compuesta por arenas, arcillas y limos, son de consistencia blanda a nula y en muchos casos los suelos son sueltos.

Además presenta condiciones para asentamientos, por su perfil no definido y su baja capacidad portante ($q = 0.4 \rightarrow 0.7 \text{ kg/cm}^2$.)

Los probables efectos de densificación se puede presentar en algunos lugares de esta zona con suficiente potencial de arena que las hay; agreguemos a esto el latente peligro de licuación por la presencia casi superficial de la napa freática y algunos puntos con potencial arenoso.





- ZONA 2

Situado en 2 sectores: en la parte baja de la quebrada "El Nieto", (zona plana en la "Ciudad Vieja") y en la zona de expansión hacia la salida a San Juan.

Debido a que en estas zonas relativamente planas existe material medianamente compacto (en algunos puntos sueltos) por su ubicación al pie de depresiones topográficas, y al perfil no definido de su suelo, se considera a estas



LEYENDA:

-  **ZONA 1** Amplificación, asentamiento y posible densificación (o licuación)(N.F. superficial)
-  **ZONA 2** Amplificación y posible asentamiento. (limos, arcillas y arenas medianamente compactas)
-  **ZONA 3** Amplificación (arcillas y arenas compactas)
-  **ZONA 4** Derrumbes.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
 Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
 URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
EFFECTOS SISMICOS

LÁMINA N° 10

BACHILLER:
CESAR TAPIA CANALES ESCALA: 1 / 30000 FECHA: MAYO 1991

zonas con peligro latente de asentamientos; además, de igual forma que la anterior zona, por la naturaleza de su suelo va a existir amplificación de ondas en caso de sismos, aunque en menos grado.

- ZONA 3

Esta zona se considera a toda la parte alta de la "Ciudad Vieja", "Ciudad Intermedia" y a "Nuevo Tumbes".

En estas áreas los suelos arcillosos y arenosos (a veces gravosos) también presentan el peligro de amplificación de ondas, pero estos suelos están compactos en casi toda la zona, además su capacidad portante es mayor que el de la zona baja ($q = 1 \rightarrow 1.5 \text{ k/cm}^2$).

Podría existir en algunos puntos problemas de asentamientos debido más que todo a los perfiles de suelos irregulares y también en algunos lugares de suelo suelto problemas de densificación, pero éstos son escasos.

Se debe hacer notar además que hay lugares en las riberas del río en la "Ciudad Vieja" en las que existen algunas rocas grandes, por lo que no debe existir problemas frente a las ondas sísmicas en estos lugares.

- ZONA 4.- Se ubica en las laderas de la quebrada Pedregal y en el límite de las partes alta y baja de la "Ciudad Intermedia".

Debido a las pronunciadas pendientes de estas laderas y a la constante erosión por las lluvias, estos sectores presentan el peligro de desprenderse por partes en el caso de un sismo severo.

5.2 GEODINAMICA EXTERNA

Trataremos este aspecto analizando primero las causas desde el punto de vista de antecedentes para luego ver los efectos priorizandolos por orden de magnitud de cada desastre.

5.2.1 CAUSAS NATURALES

La causa natural de la transformación de la geomorfología externa en la ciudad (y en la región) como todos sabemos es el Fenómeno "El Niño".

Este Fenómeno viene ocurriendo permanentemente en la zona en forma aleatoria no existiendo forma de predecirlo por medio del cálculo probabilístico, debido a la poca información (cuantitativamente hablando) existente.

Según escritos de Víctor Equiguren (1894) el Fenómeno ocurrió en los años: 1791, 1804, 1814, 1817, 1819, 1821, 1824, 1828, 1837, 1844, 1845, 1864, 1871, 1877, 1878, 1884 y 1891; se ignora la magnitud de cada uno de ellos.

Los fenómenos ocurridos en el presente siglo según estudios hechos por investigadores y con referencias registradas en el Servicio Meteorológico Nacional son: 1912, 1918, 1925, 1926, 1929, 1932, 1939, 1940-1946, 1943, 1951, 1953, 1956, 1957, 1965, 1969, 1972-1973, 1976, 1982-1983.

Estos fenómenos se han presentado con intensidad y características diferentes. De acuerdo a los eventos citados puede notarse la irregularidad de su ocurrencia en el tiempo, presentando casi siempre 2 períodos máximos dentro de cada una de sus manifestaciones, uno de los cuales es más intenso que el otro.

Es debido a esta irregularidad en su ocurrencia, que se trata de adoptar actualmente métodos de predicción basados en indicadores, es decir, se está tratando el tema desde el punto de vista cualitativo.

Estos indicadores son: la diferencia de presión entre la costa peruana y el norte de Australia (si la presión en la costa peruana es muy baja existe la posibilidad de ocurrencia del fenómeno).

Los vientos paralelos a la línea ecuatorial disminuyen su velocidad; la temperatura del mar frente a nuestra costa desciende y la capa superficial se calienta (Inversión de Temperatura), el nivel del mar en nuestra costa es más alto y en Australia es más bajo por efecto de los menores vientos, además existen otros indicadores de otro tipo (biológicos) que se están investigando.

La ocurrencia de este fenómeno produce desastres en la zona de estudio debido a las características físicas del cauce del río Tumbes y a la geomorfología de la ciudad.

El principal factor meteorológico causante de la geodinámica externa son las lluvias.

Estas lluvias incrementan el caudal del río provocando su desborde; también son las lluvias las que al caer en la topografía accidentada de la ciudad produce enlagnamientos, erosión, arenamientos y elevación del nivel freático.

5.2.1.1 VARIACIONES DEL CAUCE DEL RIO TUMBES

Este punto se puede haber tocado dentro de los efectos producidos por el Fenómeno "El Niño", pero debido a que estamos tratando puntualmente el área urbana, consideramos como efectos directos las consecuencias de las variaciones

del cauce del río, como las inundaciones, erosión y socavamiento de las defensas existentes, etc.

Se describe a continuación de manera general los parámetros que afectan al comportamiento del río así como sus características morfológicas.

El río Tumbes es el dren principal de la cuenca denominada Puyango- Tumbes. En su curso atraviesa los diferentes planos ecológicos que caracterizan a la cuenca.

El comportamiento del río Tumbes depende de muchos factores que se encuentran interrelacionados y pueden producir cambios en el sistema fluvial; estos factores son: la geología del cauce, el material (matriz de arena) que forma el lecho y su rugosidad que cambia con las variaciones de las descargas hídricas y de los sedimentos.

A su vez, las formas del cauce de las corrientes aluviales son afectadas por los siguientes factores:

- Descarga de la corriente, carga de sedimentos, pendiente longitudinal, resistencia al flujo del lecho y las orillas, vegetación, geología, incluyendo tipo de sedimentos y actividad humana.
- Estos factores afectan las formas del cauce dependiendo de las características morfológicas del río.

El río Tumbes se puede clasificar en dos grandes tramos: Aguas arriba de la zona llamada El Tigre y la zona ubicada entre el Tigre y la desembocadura.

Aguas arriba de "El Tigre", el río tiene comportamiento de río joven y está ubicado en la parte alta de la cuenca, la que está conformada por la Cordillera de los Andes (Ecuador). En esta parte, el río recoge el aporte sedimentológico definido por la erosión de la cuenca. En esta zona el río tiene gran capacidad de erosión teniendo además un comportamiento de régimen torrencial; presentándose formas irregulares y pendientes fuertes.

Aguas abajo de El Tigre, el río tiene comportamiento de río maduro. En esta zona está ubicada la ciudad de Tumbes.

La pendiente pasa a ser bruscamente más pequeña (del orden de 0.5 0/00), luego bajando hacia la llanura del río, la pendiente es inferior a 2 por mil (0.002) registrándose pendientes del orden de 0.2 por mil (0.0002) entre la ciudad de Tumbes la desembocadura; además río alcanza desplazamientos del orden de los 500 m. a 1000 m. que es el ancho del Valle aguas arriba del puente actual de la carretera Panamericana sobre el río Tumbes.

Además en esta zona (aguas abajo de El Tigre) el río es aluvial, es decir, el río mismo de acuerdo a sus propias características hidráulicas busca su propio cauce para alcanzar un sistema equilibrado, con una pendiente tal que permita disipar una energía suficiente para transportar el material sólido que portan las corrientes. Hay que tener en cuenta que, estas características están determinadas en una condición promedio en un período de tiempo, encontrándose equilibrio estable. En estas condiciones, cualquier cambio sobre el río alterará el balance y hará que la corriente actúe para restablecerlo.

Las variaciones ó desplazamientos del cauce se han registrado (en época reciente) en los años 1982, 1983, 1984 y 1988 obtenidos de fotografías aéreas y de levantamientos topográficos.

Se ha hecho mediciones de la longitud del cauce del río desde Puerto El Cura hasta el puente de la carretera Panamericana, en los años anteriormente indicados, obteniéndose una longitud del orden de los 7,000 mts. en los 4 años, lo cual viene a confirmar en la práctica que la energía dinámica total se disipa en una misma longitud sea cual sea la ubicación del cauce.

En épocas lluviosas en esta zona, la capacidad de transportar los sedimentos es menor que la cantidad que recibe de las dos fuentes abastecedoras que son: de la parte de aguas arriba de la zona de El Tigre y que es producto de la erosión de esta cuenca alta del río y que se encuentra en creciente deforestación y, en la parte de aguas abajo de El Tigre en que las lluvias saturan el material de la cuenca desnuda (constituida por material fino no cohesivo, generalmente arena) produciendo escurrimiento de lodos (de las quebradas) que drenan hacia el río.

En estas condiciones, el equilibrio inestable se rompe y el nivel del lecho aumenta (fenómeno de agradación) y el río tiende a producir inundaciones. La caja del río es insuficiente para soportar el caudal sólido-líquido.

La cantidad de sedimentos que transporta el río Tumbes ha sido motivo de estudios, estos han determinado en forma aproximada la cantidad más probable, que es del orden de los 5 millones de metros cúbicos anuales.

Se ha estimado también que las quebradas que desembocan en el río muestran sedimentos del orden de los 9,000 m³ por año.

Además en esta zona (entre El Tigre y la desembocadura), el río tiende a formar meandros, es decir está sujeto a movimientos laterales y longitudinales por la formación y destrucción sucesiva de curvas.

Aquí hay que mencionar que en la formación de meandros el río adquiere gran poder de erosión en la parte cóncava de las curvas por efecto de las corrientes secundarias. Este fenómeno ocurre precisamente en la zona adyacente a la ciudad, donde la formación meandrica avanza amenazadoramente hacia la carretera Panamericana situándose actualmente a escasos 100 mts; el río en este sector tiende a tomar su cauce antiguo lo cual produciría efectos muy desastrosos a la población.

Otro de los factores importantes causante de inundaciones y socavamiento es sin duda la acción de las mareas.

El PRONADRET-TUMBES ha realizado estudios del efecto de las mareas en época de avenidas sobre el incremento del área inundable, la amplitud del remanso en el cauce y un cálculo tentativo de los caudales que provienen de las mareas, en el período Enero-Abril de 1989.

Las conclusiones aún de carácter preliminar son aceptables, por cuanto confirma lo que se observa en la realidad, pero con órdenes de magnitud no precisas:

- Las mareas en sus niveles altos (pleamar) producen represamientos de las aguas de escorrentía, dificultando su normal drenaje y aumentando el nivel de las aguas del río Tumbes, lo cual se refleja en un incremento del área inundable, principalmente en épocas de avenidas (en toda la cuenca aguas abajo de El Tigre).

- El incremento del área inundable por efecto de las mareas es del orden del **10%**.
- La amplitud del remanso es del orden de los 21 km. desde la desembocadura.
- El ingreso de las mareas en el cauce del río originan caudales en sentido contrario a los normales, aún no precisados.

Las inundaciones también se producen por un desbalance entre la capacidad de transporte del río en el tramo de la desembocadura y el transporte litoral lo que trae como consecuencia la formación de barras de sedimentos que avanzan hacia el mar (en época de avenida), sobreelevando el lecho y disminuyendo la pendiente, lo que incrementa el nivel del río y produce inundaciones.

Existen otras causas que también pueden producir inundaciones como la forma que adquieren los hidrogramas de avenidas; pero, los más importantes son los señalados anteriormente.

Estos factores descritos deberán ser estudiados a profundidad a fin de prevenir los efectos negativos que originan.

5.2.2 EFECTOS DE CAUSAS NATURALES

5.2.2.1 EFECTO DEL RIO

Como ya se entendió, el efecto directo de los cambios morfológicos del río Tumbes en la ciudad son las inundaciones, que afectan la parte baja de la "Ciudad Vieja", extendiéndose a todas las zonas planas dentro de la misma ciudad.

En el proceso de rehabilitación de 1983, se amplió y construyó el Malecón Benavides como medida de protección contra estas inundaciones.

Ciertamente estas defensas redujeron el área inundable en la ciudad (para avenidas del río), pero, el riesgo sigue latente debido a la elevación constante del nivel medio de la superficie de agua en el río por causa de la acumulación de sedimentos. Además se está investigando los probables efectos de las mareas como erosión y socavación de las defensas del Malecón y pilares del puente sobre la

Mientras no se trate el comportamiento del río de manera integral, las soluciones a los efectos negativos producidos por éste van a ser temporales.

Existen grandes probabilidades que el río tome el cauce antiguo con lo que dejaría totalmente fuera de operatividad a la planta de tratamiento de agua; además, con este cambio de cauce sería inútil los planes de defensas ribereñas para la ciudad en el estado actual.

Se presenta para un mejor entendimiento un mapa de zonificación de áreas inundables en el valle del río Tumbes para descargas de 700, 1500, 3000 y 4000 m³/seg. presentada por el PRONADRET en 1988 en su "Primer Proyecto de

Debemos de recalcar que temporalmente las defensas del Malecón Benavides van a actuar en forma óptima, pero que su eficiencia va a ir disminuyendo, volviendo nuevamente a ser problema principal en la ciudad.

5.2.2.2 EFECTO DIRECTO DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD

Gracias al Malecón Benavides, las inundaciones en la ciudad son ahora un problema menos desastroso que antes; sin embargo, el efecto directo de las lluvias sobre la ciudad produce daños en proporciones igualmente devastadoras.

El principal factor que influye en esto es la topografía accidentada de la ciudad y las condiciones de vulnerabilidad existentes (el 80% de las calles sin pavimentar); además de las quebradas que atraviesan la ciudad.

Esta topografía, debido a la naturaleza superficial de los suelos (deleznables), es la que lentamente va cambiando, ya que sus suelos son transportados con facilidad por el flujo de agua pluvial hacia las depresiones; y, con la existencia de sales como se explicó en la mecánica de suelos, hacen que la erosión sea más rápida.

La parte baja de la "Ciudad Vieja" es la que más sufre estos efectos pues las calles transversales a la av. Panamericana actúan como pequeñas quebradas, las que depositan el material acarreado (en calles sin pavimentar) y el agua (en calles pavimentadas); siendo uno de sus mayores aportadores la calle Tumpis (que es la quebrada más importante dentro de la ciudad).

En resumen, el dinamismo geomorfológico de la topografía en la ciudad se refleja en la remoción superficial de los suelos por la escorrentía pluvial y las erosiones y socavamientos en algunas depresiones debido a la presencia de sales.

En la parte baja además las aguas pluviales elevan considerablemente el nivel freático, alcanzando la superficie del terreno en épocas lluviosas.

En el plano de Microzonificación de Peligro por el Fenómeno "El Niño" (que se muestra más adelante) se verá las zonas erosionables y las zonas de acumulación de material transportado.

5.2.3 CAUSAS ARTIFICIALES Y SUS EFECTOS

La falta de un Plan de Desarrollo Integral hace que involuntariamente el hombre participe en los cambios morfológicos de la zona, los mismos que repercuten en forma negativa produciendo daños.

Un ejemplo de esto es la ubicación de la carretera Panamericana en la denominada "Ciudad Intermedia"; en este sector, a ambos lados de la carretera la topografía es plana, sin embargo, existe una quebrada "X" en dirección de las colinas que se abre paso entre ellas, las lluvias fuertes al caer sobre esta quebrada escurren hacia la zona plana transportando sedimentos. La capa asfáltica de la carretera se encontraba en 1983 a 1.50 mts. de la parte plana, en estos momentos se encuentra a sólo 0.30 mts; se observa pues que esta carretera actúa como un dique, al mismo que será destruido a pesar de las alcantarillas que se le han puesto, que por sus características geométricas son insuficientes.

Cada vez que sucede un Fenómeno "El Niño", esta parte plana se convierte en una gran piscina, afectando grandemente las estructuras en este sector.

Otro caso similar ocurre en la desembocadura de la quebrada Pedregal; en este sitio, a la izquierda de la av. Panamericana existe parcelas agrícolas que se ven (por su ubicación) afectadas por el escurrimiento de las aguas pluviales; entonces los parceleros para salvar sus tierras vienen construyendo defensas de tierra que actúan como diques; con esto logran disminuir los daños, pero las aguas pluviales al encontrar estos diques desvían el flujo hacia los bordes de la carretera Panamericana (sector izquierdo), inundando las viviendas de la zona, produciendo también daños cuantiosos.

Además de estos casos, existe otro que por su considerable aumento va adquiriendo cada vez más importancia en cuanto a efectos negativos sobre la ciudad se refiere.

Es conocido por todos, la existencia de zonas dedicadas a la explotación de langostinos a lo largo de la faja costera de las provincias de Tumbes y Zarumilla.

Las estructuras colocadas para realizar esta actividad actúan como verdaderos muros de contención del flujo de agua subterránea, ya que las pozas dedicadas a la crianza de estos animales deben de mantener un nivel de agua superficial constante; esto además de producir el incremento de los niveles del río; levanta considerablemente el nivel freático.

Las consecuencias de esto se observan diariamente en el campo. Antes en época seca, el nivel freático en la zona baja de la "Ciudad Vieja" estaba a una profundidad promedio de 1.00 mt. En la actualidad este nivel no baja en esta zona de 0.60 mt.

Es pues urgente dar solución a este problema porque sus consecuencias posteriores pueden ser fatales.

El mapa de inundaciones del valle del río (ver lámina N° 11) presenta la ubicación de estas langostineras. Aquí se aprecia la proporción del espejo de agua y su influencia en la ciudad.

5.2.4 MICROZONIFICACION DE PELIGRO POR EL FENOMENO "EL NIÑO"

De acuerdo a las características de comportamiento físico que presenta la ciudad de Tumbes frente a un Fenómeno "El Niño" descritas anteriormente, se



Foto 8.- Foto tomada desde una calle en la parte alta, hacia las viviendas. Se aprecia como estas viviendas están en un nivel más alto que la pista, debido a la erosión en esta por las lluvias.

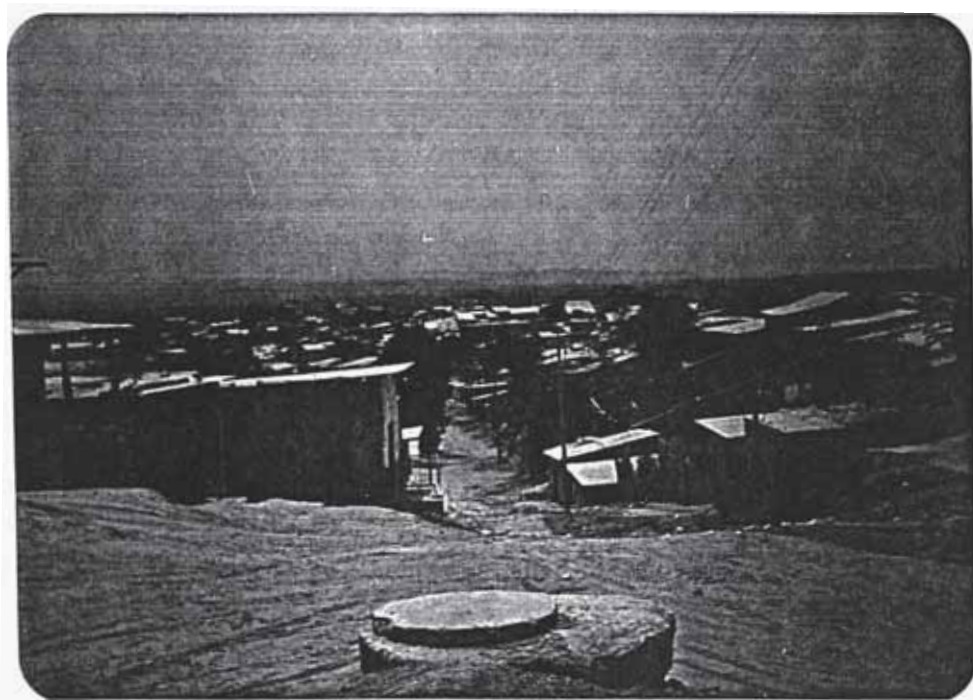


Foto 9.- Otra evidencia de la erosión en la parte alta de la ciudad. La tapa del buzón está completamente descubierta; se aprecia además la pronunciada pendiente de la calle mostrada.

ubican éstas en el Mapa de Microzonificación de Peligro por el Fenómeno "El Niño" que se muestra. (ver lámina N°12)

Para un mejor entendimiento de este mapa, resumiremos estas características por sectores.

1. ZONA DE "CIUDAD VIEJA"

La zona baja es la más expuesta a los efectos de un Fenómeno "El Niño". Estos efectos son: inundación del río por el canal "La Tuna" hasta aproximadamente 100 mts. de la av. Panamericana (cuando existe una descarga de 1,500 m³/seg.); inundación total por precipitaciones pluviales, casi toda la parte alta actúa como cuenca colectora de estas aguas; pequeños y constantes depósitos aluviales al pie de la quebrada "El Tumpis" y la napa freática superficial (a 0.50 mts. de la superficie).

La zona alta está expuesta a: inundaciones por lluvias en las zonas planas (Plaza de Armas, mercado, un sector de Pampagrande y a la salida a San Juan) y erosión por escurrimiento de aguas pluviales en las calles de pendiente pronunciada creando pequeñas zonas de depósitos temporales de material deleznable. Esto se acentúa al pie de la quebrada El Nieto.

2. ZONA DE "CIUDAD INTERMEDIA"

En la parte baja a la izquierda de la av. Panamericana, la zona está expuesta a enlagueamiento por precipitaciones pluviales; a la derecha de la avenida además de inundarse por lluvias es un depósito constante del material acarreado por escurrimiento de la quebrada "X".

Debido a la constante humedad, una buena parte de este sector tiene vegetación.

En la parte alta (AAHH "Las Malvinas"), los lugares relativamente planos se inundan por las lluvias, encharcándose por el material superficial suelto.

3. ZONA "NUEVO TUMBES"

Considerada zona alta, por ser relativamente plana y con material superficial suelto, se inunda y encharca con las lluvias; en algunos sectores cercanos a las laderas de la quebrada Pedregal existe erosión por el escurrimiento de aguas pluviales.

Como conclusión, diremos que los principales factores que amenazan a la ciudad son: las máximas avenidas del río y las precipitaciones pluviales, agregando a estos las malas condiciones del suelo y el nivel freático en la parte baja.

6.0 CAPITULO VI .- ESTADO ACTUAL, VULNERABILIDAD Y ESTIMACION DEL RIESGO DE DESASTRE EN LA CIUDAD

6.1 GENERALIDADES

Se presenta en primer lugar, el estado actual de toda la infraestructura de la ciudad, desde los usos de suelo hasta las características físicas de esta infraestructura. Es necesario aclarar con respecto a la vulnerabilidad y riesgo de desastre lo siguiente:

Cuando hablemos de Vulnerabilidad de una estructura, nos estaremos refiriendo al porcentaje de daños ó riesgo de deterioro, que podría producirse en esta si ocurre un desastre de una determinada intensidad; es decir, la estructura, en que grado está expuesta a un desastre; pero, sólo nos interesa en este punto, el estado que presenta la estructura, y no las condiciones naturales ó peligro de desastre en la zona.

Podría ocurrir que exista una estructura completamente vulnerable a un sismo por ejemplo, pero, en la zona de ubicación de la estructura nunca ha ocurrido un sismo, entonces, a pesar de la alta vulnerabilidad de la estructura, no existe riesgo de destrucción.

Ahora hablamos de riesgo; el riesgo resulta de superponer dos hechos: primero, que en la zona de ubicación de la estructura, exista el peligro natural de la ocurrencia de un desastre (por antecedentes y condiciones naturales), si agregamos a esto un alto grado de vulnerabilidad de la estructura, podemos decir que existe un riesgo alto de destrucción.

De lo expuesto, podemos resumir que: la suma del peligro de desastre en una zona, más, la vulnerabilidad de las estructuras en la zona, nos dá como resultado, el riesgo de desastre en esta zona.

Habiendo aclarado estos conceptos, presentamos cada una de las características mencionadas.

6.2 CATASTRO GENERAL 1990

En 1984, por los sucesos ocurridos en la zona de estudio, el SAN (Servicio Aerofotográfico Nacional) tomó y procesó, a escala 1:2,000 Ortofotomapas de la ciudad de Tumbes, además de una serie de fotografías que forman un mosaico de la cuenca baja del río Tumbes.

En ese entonces, la ciudad se extendía sobre la "Ciudad Vieja" y una pequeña parte de la "Ciudad Intermedia".

A partir de esa fecha, no se ha realizado hasta el momento ningún levantamiento catastral preciso de la ciudad, salvo algunos levantamientos topográficos muy puntuales en áreas reducidas, para alguna lotización. Por lo tanto, los planos que actualmente sirven de base para cualquier tipo de proyecto dentro de la ciudad son, ó los Ortofotomapas (desde el punto de vista de usos de suelo, completamente obsoletos para la "Ciudad Vieja"), ó mapas esquemáticos del catastro

actual de la ciudad completamente impresos y desactualizados (por ejemplo no figuran los actuales AAHH periféricos).

Hablando específicamente de usos de suelo, los intentos de hacer un levantamiento de este tipo datan de 1984 (Rehabilitación), pero en la actualidad los usos de suelo han variado sustancialmente desde esa época.

Sobre estos planos desactualizados, y con el apoyo de la Municipalidad de Tumbes, se hizo un intento por actualizar estos antiguos planos, haciendo las modificaciones respectivas en campo, trabajando con cuadrillas, manzana por manzana.

De este intento, se muestra el estado esquemático actual (1990) de la ciudad. (ver lámina N°13).

De este trabajo, podemos entonces inferir que, en la actualidad, la ciudad de Tumbes abarca una extensión aproximada de 600 Has, (6 kms²). Luego, como la población llega a los 60,000 habitantes, se alcanza la densidad promedio, (densidad bruta) de 92 hab./Ha. (es necesario hacer notar que en la extensión de la ciudad se está considerando las áreas de los cuarteles militares y las áreas de recreación).

Además de esto, debemos decir que la ciudad se está consolidando sobre dos ejes de desarrollo, constituidos por la carretera Panamericana por el NE, y por la vía de la salida a San Juan al SE de la ciudad.

Esta ciudad de Tumbes se identifica por barrios (ver mapa catastral 1990), y están ubicados en sectores que, de acuerdo a su topografía y consolidación lo clasificamos en:

- "Ciudad Vieja": Constituidos por los barrios San José, Pacífico, El Recreo, Buenos Aires, Bellavista, El Milagro, Las Mercedes, Pampagrande y los AAHH San Nicolás y Santa Rosa.
- "Ciudad Intermedia".- Constituido por los AAHH Las Malvinas, 7 de Junio, Salamanca, Los Ficus.
- "Nuevo Tumbes".- Conformado por un conjunto habitacional denominado Andres Araujo, el que está dividido en los sectores A, B, C y D; además de los AAHH Miguel Grau y El Bosque.

Los barrios dentro de la ciudad generalmete están divididos por troncales viales, como las avenidas Mayor Novoa, Hilario Carrasco, Piura. Pero, además están tres avenidas, que no solo dividen barrios, sino enmarcan diferentes patrones de consolidación y son ejes de desarrollo; estas son la av. Teniente Vasquez (av. Panamericana), av. A. Ugarte (su prolongación va a la salida a San Juan) y la av. Mariscal castilla (eje principal comercial).

Al realizar el levantamiento visual en campo, descrito ó mencionado anteriormente, se tomaron todos los datos suficientes como para realizar mapas representativos (esquemáticos) de usos de suelo, materiales predominantes en edificaciones y el estado del sistema vial; además de tomar las características físicas principales que presenta toda esta infraestructura.

De acuerdo a lo mencionado, se describe a continuación, el estado actual de la ciudad y su probable vulnerabilidad frente a desastres naturales.

6.3 USOS DE SUELO 1990

6.3.1 USO RESIDENCIAL

Ocupa la mayor área urbana, y está referido al conjunto de viviendas independientes y colectivas. Está soportado y ligado por un sistema de vías cuya red principal está concentrado sobre la ciudad antigua de la ciudad, dándole relativa fluidéz, la misma que va decreciendo debido a la constante expansión periférica (AAHH).

En la zona "Ciudad Intermedia", debido a la existencia de sólo AAHH, estos se soportan en vías precarias dirigidas hacia la av. Panamericana.

En "Nuevo Tumbes", existe en toda su zona central, una gran avenida que va de un extremo a otro, y sobre él se extiende y desarrolla esta zona.

No obstante la existencia de estas calles de soporte, la comunicación dentro de los barrios es deficiente, por la topografía accidentada y la configuración muy irregular de las manzanas, haciendo de las calles, muchas veces estrechas y formando líneas quebradas, con longitudes que van desde los 5 mts. hasta los 300 mts.

6.3.2 USO COMERCIAL RESIDENCIAL

Comprende la extensión de suelo urbano sobre el cual se realizan actividades comerciales en mayor porcentaje, existiendo también el uso residencial, como el caso de hoteles ó comercio vecinal compartido con el residencial. Esta extensión se ubica sobre la "Ciudad Vieja" en la zona central consolidada.

Existen 3 ejes comerciales principales que son : la av. Mariscal Castilla, (desde el Cementerio hasta 100mts. delante del Mercado), la calle Piura, (desde el Mercado hasta la av. Teniente Vasquez (av. Panamericana)) y, el paseo los Libertadores, que parte en la Plaza de Armas hasta 200mts. de esta).

El comercio intensivo se realiza en los alrededores del Mercado (intersección de la av. M.Castilla y la calle Piura). Cerca a la Plaza de Armas están los hoteles y bancos. Desde el Mercado hacia la prolongación de la calle Piura y hacia el "Tablazo" existen vias comerciales de tipo vecinal como establecimientos de ventas de combustibles, chinganas, peluquerias, etc. Igualmente sucede en la prolongación de la calle Piura hacia la parte baja de la ciudad.

6.3.3 USO CIVICO-COMERCIAL

Este sector se ubica sobre la parte central de la "Ciudad Vieja", es decir alrededor de la Plaza de Armas.

Comprende dependencias del estado (Municipalidad, SedaTumbes, Centro Civico), bancos estatales y privados, Hotel de Turistas (a 200 mts. de la Plaza de Armas), la Catedral, dependencias policiales, áreas de recreación y comercio central.

Toda la actividad cívica de la ciudad se centra en esta área.

Existen sin embargo algunas dependencias del estado de importancia como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Sub-Región que están ubicadas en las afueras de la "Ciudad Vieja" descentralizando de alguna forma esta actividad.

6.3.4 USO INSTITUCIONAL

Comprende este sector las instituciones educativas, proyectos especiales como el de Puyango-Tumbes y algunas dependencias estatales dirigidas a este sector como el Ministerio de Agricultura, además los hospitales Central y de Apoyo (IPSS).

Algunas de estas áreas están relativamente bien ubicadas, como algunos ("Ciudad Intermedia") desde el punto de vista funcional, pero no desde el punto de vista de peligro de desastres, pues se ubican en zonas donde el suelo es malo, además de ser inundables. (estas estructuras deberán ser reforzadas).

La ubicación de los hospitales (sobre la av. Panamericana) es buena por el acceso directo a estos.

6.3.5 USO RECREACIONAL

Las zonas recreacionales en la ciudad están restringidas por las pocas áreas verdes, sobre todo en los sectores marginales sus ubicaciones están completamente dispersas.

Existe un coliseo ("Tumpis") en la salida de la "Ciudad Vieja" sobre la Panamericana, un solo cine a 100 mts. de la Plaza de Armas y un estadio en la "Ciudad Intermedia".

Existen pequeños parques en la zona central y en Pampagrande, pero el más importante de todos es la Plaza de Armas por su gran actividad en ella.

La av. Arica en la zona baja ("Ciudad Vieja") se comporta también como área recreacional por su área verde entre las dos calles que la componen.

En "Nuevo Tumbes", estas áreas recreacionales prácticamente no existen. Se toman como recreacionales las áreas libres.

6.3.6 USO INDUSTRIAL

Su ubicación en la ciudad es sumamente restringida; se ubican generalmente en la periferia.

Comprende en su mayoría, los molinos de arroz que se ubican en la "Ciudad Intermedia" y "Nuevo Tumbes".

También comprende pequeñas fabricas de tuberías de desagüe en Pampagrande y talleres mecánicos distribuidos en la periferia de la ciudad.

6.3.7 USO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Comprende las áreas de ubicación de las antenas de radio y televisión sobre las colinas a espaldas del cementerio; estaciones de radio y t.v. dentro de la ciudad (al costado del Mercado y en la "Ciudad Intermedia") y terminales de transporte terrestre ubicados sobre la av. Teniente Vasquez y antes del Puente Nuevo.

Están relativamente bien ubicados pues existe fluidéz en cuanto a sus accesos, aunque en algunos casos sus áreas no sean suficientes.

6.3.8 USO ESPECIAL

Se considera en este aspecto, al suelo ocupado por la Fuerzas Armadas, cuya presencia es relevante por la condición de ser zona fronteriza.

Sin embargo, dentro de la ciudad condicionan su desarrollo, por haberse constituido en focos de actividad; determinando el sentido de la expansión ó deteniéndola como en el caso del cuartel Coloma.

6.4 ASPECTO FISICO Y VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES.-

De acuerdo a lo mencionado al inicio de este capítulo, la toma de datos de las características físicas principales como los materiales predominantes, la altura de edificaciones y su estado de conservación, se realizó en forma visual en campo, con el apoyo técnico de profesionales del lugar. (esto posteriormente sirvió de base para la realización de los mapas respectivos).

Sin embargo, se debe recalcar que la sectorización que se presenta en los mapas se basan en porcentajes estimados, por lo tanto, las fronteras en estos sectores no son definitivas, pero si lo es la ubicación de cada sector en la ciudad, por eso decimos que son representativos. La evidencia en campo de esta sectorización es notoria.

6.4.1 MATERIALES PREDOMINANTES

Los materiales de construcción que más predominan en las edificaciones de la ciudad de Tumbes son: Material Noble, caña y barro y muy pequeños sectores de Adobe pero que no son representativos, por lo que solo consideramos los dos primeros.

1. Material Noble.- Se compone de los siguientes materiales:

- Ladrillo de arcilla.- Por lo general artesanal, de regular a mala calidad debido a que es fabricado sin control; a veces, la arcilla contiene sales, y esto trae problemas de resistencia y durabilidad. Constantemente se ven casos de eflorescencia; además, no existe uniformidad en los tamaños.

En la periferia de la ciudad existen muchas ladrilleras clandestinas, estas son las fuentes principales de abastecimiento de este material en las construcciones de la ciudad por su relativo bajo costo.

Obviamente existen construcciones que utilizan unidades de arcilla traídas de Piura, pero en menor porcentaje.

- Ladrillo de cemento.- Por lo general vibrado manualmente, se usa en gran porcentaje para los techos porque disminuye el costo, pero también es utilizado en muros por su resistencia a las sales, aunque el costo es mayor; además, es también evidente la falta de un control adecuado en su fabricación.

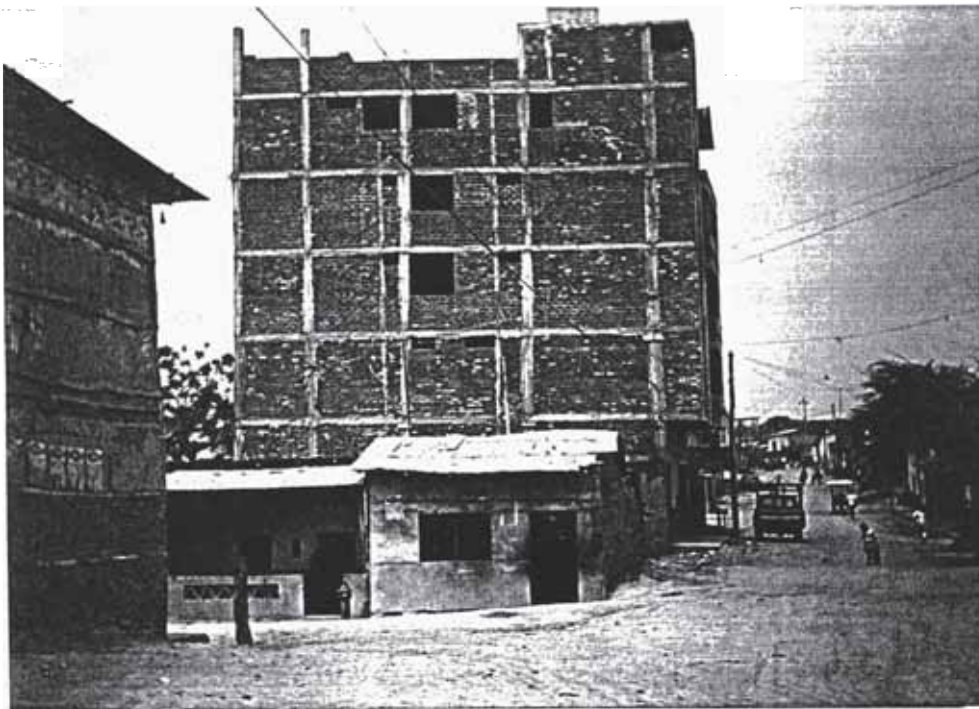


Foto 10.- Se observa el edificio más alto de Tumbes, que contrasta con las viviendas de caña y barro adyacentes (parte alta).



Foto 11.- Fábrica informal de unidades de albañilería. Como se observa, la arcilla utilizada es tomada sin pasar ningún control.

- Cemento.-Proviene de Pacasmayo (cemento tipo II).

Agregados.-Son traídos de canteras, generalmente cercanas a la ciudad (10 Kmts. aprox.).

Tampoco existe control de calidad en su uso, debiendo el constructor realizar una constante supervisión. Existe poca cantidad de piedra grande por lo que su costo es alto.

La arena es fácilmente extraída de estas canteras, el problema radica en la cantidad de finos y algún porcentaje de sales que tampoco es controlado.

- Fierro.-Proveniente de Piura (y a su vez de Chimbote), su costo es relativamente alto ; depende del cuidado que se tenga con este material para obtener su máxima eficiencia, por ejemplo no debe estar expuesto a las sales.

Existe también, un porcentaje de construcciones con fierro del Ecuador por su menor costo, pero la fluencia de este fierro es menor, debilitando las estructuras si no son debidamente utilizadas.

2. Caña y Barro.- Son los materiales predominantes de la región, y están compuestos por:

- Caña.- La caña utilizada es la caña de Guayaquil; proviene del Ecuador, y se usa a manera de quincha pero en forma rústica. Se divide cada caña hasta en 4 partes y se entrelaza con partes más gruesas en sentido hori-

zontal. A veces se deja sin revestir, dejando la caña expuesta a la humedad, pero por lo general se usa barro cuando se reviste.

También se usa en encofrado para pies derechos, cuando los entrepisos son altos.

- Barro.- Es una mezcla de arcilla y material cementante, como paja de arroz ó guano de ganado, y agua. Este barro se adhiere a la caña para formar paneles sobre la estructura de madera ó en algunos casos de caña. El uso de este material en la ciudad es deficiente.

- Madera.- Procede del Ecuador y zonas rurales de Tumbes.

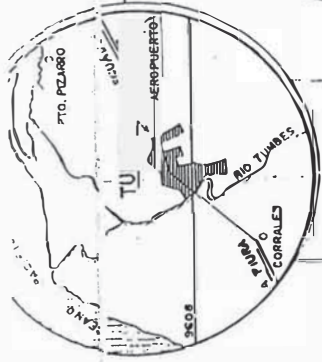
- Calamina.-Procede del Ecuador.

Sectorización de la ciudad por el tipo de material:

Procedimiento.- Como se mencionó, la toma de estos datos se hizo en campo y fué de la siguiente manera:

Se contó el numero de viviendas (en planta) de cada material (en cada manzana) y su calculó su porcentaje. Una vez obtenido todos los porcentajes en la ciudad, por manzana, se determinó el siguiente rango:

- Para material noble : 0-30%, 30-70%, 70-100%.
- Para caña y Barro : 0-30%, 30-70%, 70-100%.



LEYENDA:

Material Noble	Caña y Barro
70 - 100%	0 - 30%
30 - 70%	30 - 70%
0 - 30%	70 - 100%

LAMINA Nº 15

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
 Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
 URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
MATERIALES PREDOMINANTES

BACHILLER:
CESAR TAPIA CANALES ESCALA: 1/30000 FECHA: MAYO 1991

A manera de unir curvas de nivel, se unieron las manzanas dentro de cada uno de estos rangos, determinandose las zonas expuestas en el mapa de materiales predominantes. (ver lámina N° 15).

Sectorizacion.- De este mapa podemos apreciar que, las construcciones de caña y barro predominan en la periferia de la ciudad; esto se explica por su fácil construcción y su bajo costo. (el A.H. "Las Malvinas" es una buena muestra de ello).

Además se observa que la predominancia del material noble se presenta sobre la zona central de la "Ciudad Vieja", a todo lo largo de la av. Teniente Vasquez (Panamericana) y en todo el Malecón del río Tumbes. En "Nuevo Tumbes" casi un 80% del área construida es de material noble; se explica esto porque esta zona es de expansión proyectada. Sin embargo existe una zona intermedia dentro de la "Ciudad Vieja", en la que los porcentajes de predominancia de construcciones con cada tipo de material es similar.

Debemos de agregar que, a pesar del bajo porcentaje de construcciones de caña y barro en la parte central de la ciudad, estas resaltan por su buena construcción y su gran altura, siendo una atracción turística tradicional en la ciudad.

6.4.2 ALTURA DE EDIFICACIONES

Se presenta en el mapa respectivo de sectorizacion por altura de edificaciones (ver lámina N 16).

El procedimiento para la obtención de estos resultados es el mismo utilizado en el anterior aspecto; pero, ahora los porcentajes en cada manzana se dieron a

las alturas de las edificaciones, expresado en el número de pisos. (manzanas de % de 1,2,3, etc. pisos)

De acuerdo a esto, los porcentajes en cada manzana se agruparon de la siguiente forma

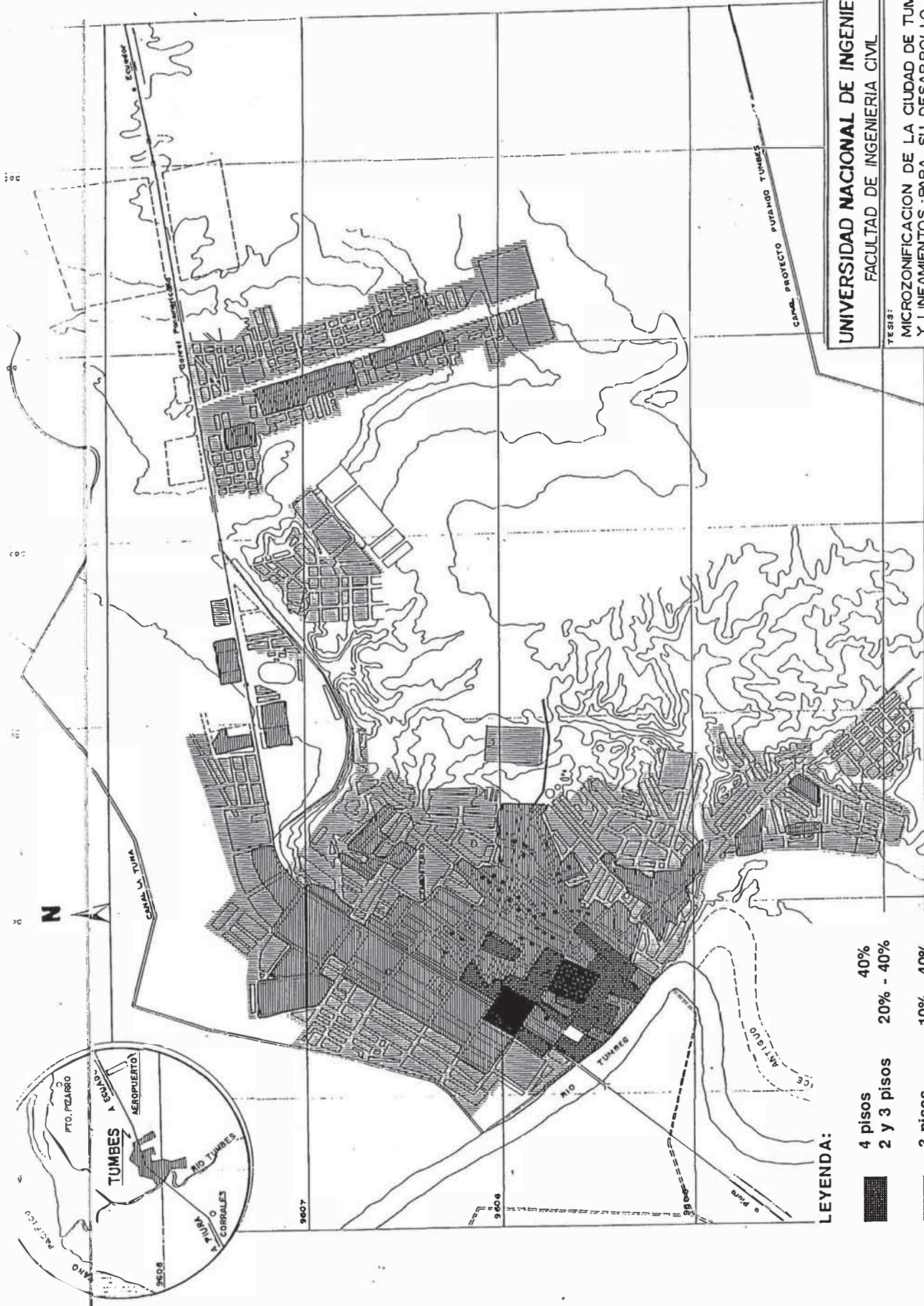
Sector I	un piso-----100%------(hasta 1 piso)
Sector II	dos pisos-----10 - 80%------(hasta 2 pisos)
Sector III	tres pisos-----10 - 40%------(hasta 3 pisos) dos pisos-----20 - 40%
Sector IV	cuatro pisos---40%------(hasta 4 pisos) tres pisos-----20 - 40% dos pisos-----20 - 40%

Además de esta agrupación, se resaltó algunas edificaciones de más de 4 pisos que están en zonas de edificaciones de máx. 2 pisos, estas son pocas pero representativas por su sobresaliente altura.

En cuanto al número de pisos en la ciudad de Tumbes, el máximo número de pisos en una edificación es de 6, y está ubicada en la parte accidentada de la "Ciudad Vieja". En esta zona sobresalen algunas edificaciones de gran altura.

Atrás quedó el edificio "El Carmen" (en el centro de la ciudad) que por muchos años fué el más alto.

Del mapa mencionado podemos apreciar que la mayor cantidad de edificaciones altas se ubican en la zona central de la ciudad, sobretodo en los extremos



LEYENDA:

- 4 pisos 40%
- 2 y 3 pisos 20% - 40%
- 3 pisos 10% - 40%
- 2 pisos 20% - 40%
- 2 pisos 10% - 80%
- 1 piso 100%

• ESTRUCTURAS ENTRE 3 Y 6 PISOS

LAMINA Nº 16

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:

ALTURA DE EDIFICACIONES

BACHILLER: CESAR TAPIA CANALES	ESCALA: 1 / 30000	FECHA: MAYO 1991
-----------------------------------	----------------------	---------------------

CANAL PROYECTO PUYAHO TUMBES

del eje comercial que es la av. Piura (a la altura de la av. Teniente Vasquez y el mercado).

Alrededor de esta zona se extienden las edificaciones de hasta 3 pisos en un 10% y 2 pisos en un 80% . En la periferia las edificaciones son de 1 piso en un 100%.

La misma centralización de edificaciones relativamente altas está comenzando a ocurrir en la zona de "Nuevo Tumbes".

Se debe resaltar el hecho que las edificaciones de caña y barro en la zona central de la ciudad a pesar de tener un número máximo de tres pisos (casa Feijóo), su altura llega hasta los 15 mts. aproximadamente (semejante a la altura de una edificación de material noble de 5 pisos).

En el resto de la ciudad, las alturas predominantes están referidas a las edificaciones de material noble.

6.4.3 ESTRUCTURACION Y ESTADO DE LAS EDIFICACIONES :

Se hace a continuación una descripción general de la estructuración y el estado de conservación que presentan las edificaciones en la ciudad de Tumbes, de acuerdo a cada tipo de material (material noble y caña y barro). Se recuerda que esta descripción también está basada en el trabajo visual de campo con el apoyo de ingenieros del lugar.

1. Edificaciones de material noble.-

En cuanto a la estructuración un gran porcentaje (se diría entre un 70% y 90%) de las edificaciones, son de albañilería confinada y no confinada; solo

en algunas obras importantes como edificio altos, Centro cívico, bancos, etc. predominan los pórticos, pero siempre es usado la unidad de albañilería maciza, tanto de arcilla como de concreto.

Las edificaciones típicas de 2 ó 3 pisos (que abarca en la ciudad el mayor porcentaje en extensión) se caracterizan por tener una estructuración de albañilería confinada en el primer piso y no confinada en segundo ó tercero. Generalmente, los parapetos en la azotea, cuando las hay, no están confinados.

Existen zonas en las que la estructuración de los elementos de confinamiento, como las vigas de amarre, dinteles y columnas están pésimamente construidas; muchas veces, las vigas de amarre solo se apoyan en muros de albañilería no portante.

Los volados abundan, variando desde 0.5 hasta 1.5 mts., sin contar con vigas de soporte resistentes.

En algunas edificaciones de 3 pisos, existen vigas estructurales separadas verticalmente 0.5 mts. formando columnas cortas (estas son colocadas generalmente como diafragma ó para darle caída a los techos).

El estado de la construcción y su conservación es de regular a malo, dependiendo de los acabados (que le dan más durabilidad) en algunas edificaciones, y de la calidad de los materiales que como se mencionó, por ser artesanal (en gran %) es deficiente, por estar expuesta al clima de la zona.

Aparte de la baja calidad de la albañilería de arcilla utilizada, un problema característico de estas unidades, que es evidente en la ciudad, es la eflorescencia; casi todas las edificaciones con este tipo de material y sin re-

vestimiento en sus muros presentan bastante deterioro; las sales que contienen las unidades de albañilería y a veces los agregados (en el mortero) están en contacto directo con la humedad, ya sea del medio ambiente ó del suelo; además, contribuyen a este deterioro, las largas horas de elevada temperatura (30°C en promedio).

Las edificaciones con muros revestidos, aunque en menor proporción, también presentan este problema, porque las fuertes lluvias que caen en verano dejan las viviendas (por lo menos en la parte alta) completamente mojadas, filtrando muchas veces la humedad al interior de las viviendas; agreguemos a este problema, el deficiente estado de la construcción, con juntas muy amplias (unidades de albañilería de arcilla de diferentes volúmenes), la falta de verticalidad de los elementos de arriostre (las columnas dentadas no parecen tales), las alturas de los entrepisos que en muchos casos llega a los 3.20mts. no presentan diafragma, la mala estructuración como se mencionó y la evidente mala disposición de los muros (los diseños no tienen criterio sísmico).

Todo este conjunto de problemas que presentan las edificaciones hacen que parte de la ciudad sea altamente vulnerable a sismos.

Obviamente, dentro de la ciudad, esto ocurre por sectores, dependiendo además de la estructuración, del estado del material predominante y la altura de las edificaciones.

2. Edificaciones de caña y barro.-

La estructuración de este tipo de edificaciones se podría dividir en 3 tipos:

- Construcciones de 2 ó 3 pisos con volado frontal, el que está apoyado en columnas de madera. Está es la estructuración tradicional de la ciudad antigua, que además presentan gran altura; se ubican por lo general en la parte central de la "Ciudad Vieja". Muchas de ellas han resistido los terremotos de 1950 y 1970, además del fenómeno "El Niño" de 1983, debido a su buena estructuración y ubicación.

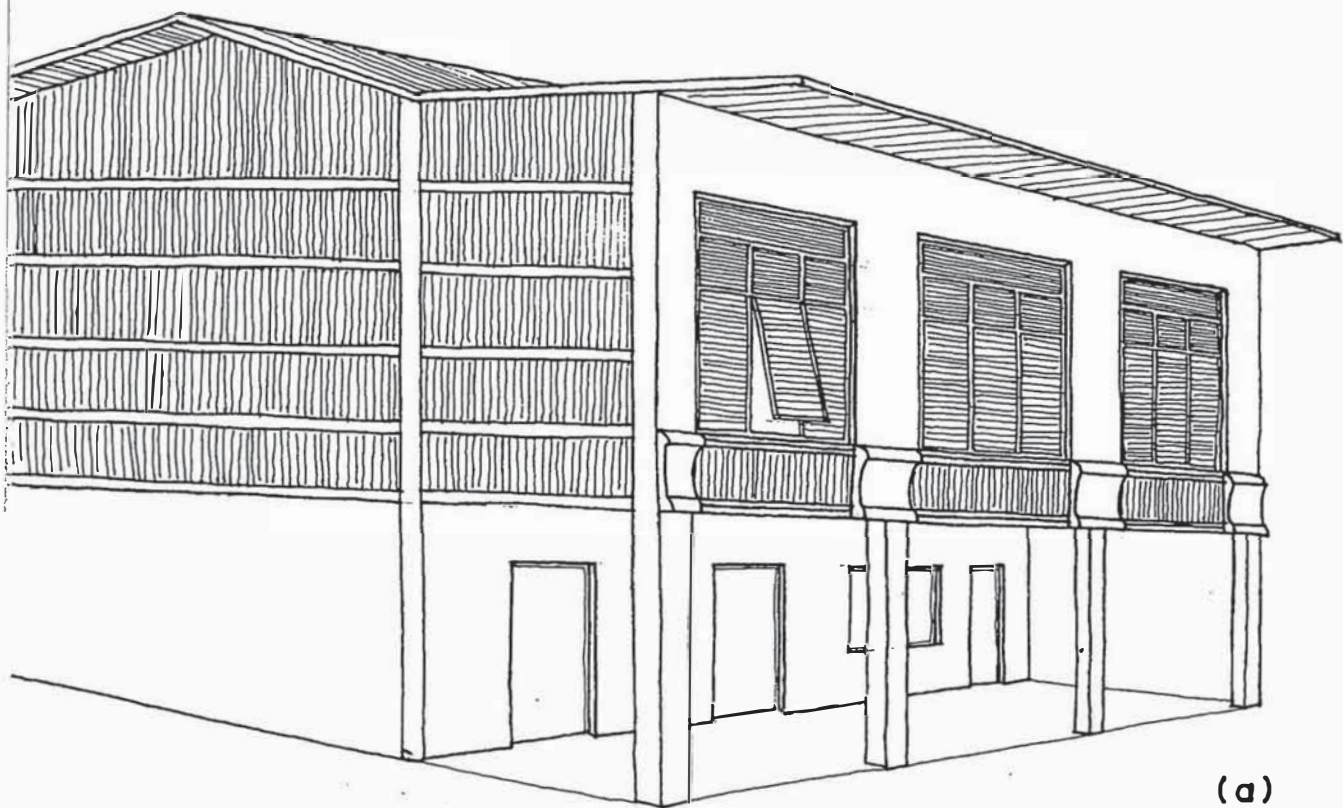
Casi todo el soporte estructural está basado en la madera y los muros son de caña entrelazada y barro (muchas de ellas no cuentan con este barro). Las cimentaciones estan compuestos de pilares de madera ancladas en dados de concreto ó en la tierra a suficiente profundidad. Los techos, por lo general inclinados, son de canalones, calaminas, eternit ó tablones de madera; las alturas de los entrepisos varia desde los 3 hasta los 6 mts. aproximadamente, debido a ls altas temperaturas en verano.

No obstante esta relativa buena estructuración, el estado de conservación de un gran porcentaje de estas edificaciones es de regular a malo, debido a la falta de un mantenimiento adecuado, sobre todo después de haber soportado los desastres anteriormente mencionados.

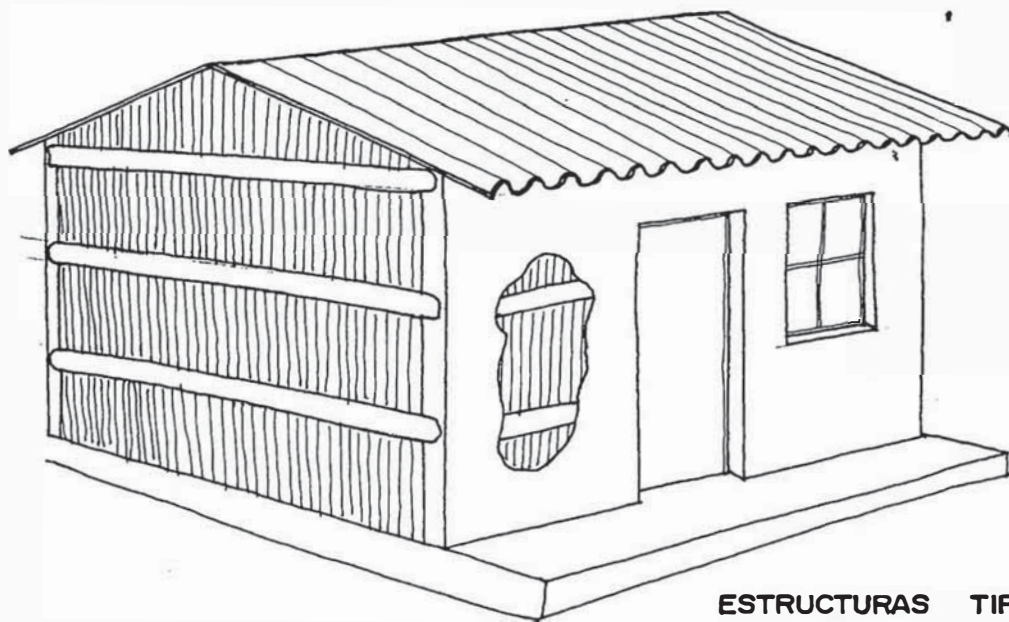
Algunas de estas construcciones ya son un peligro dentro de la ciudad por su grado de deterioro y su altura; basta solo un sismo severo (como el de 1970) como para que muchas de ellas colapsen.

El material de estas construcciones está constantemente en contacto con el agua. (ver lámina 17-a)

- Construcciones de un piso de estructuración simple, de forma rectangular en planta, soportado por columnas de madera y cuya cimentación con-



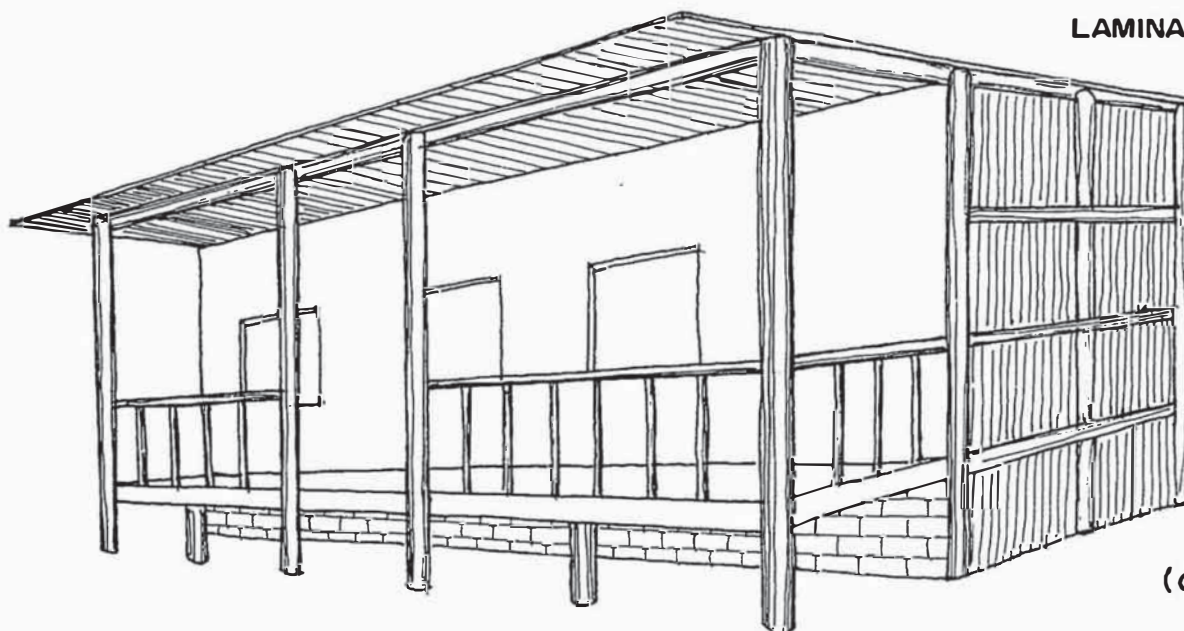
(a)



(b)

ESTRUCTURAS TÍPICAS
DE CAÑA Y BARRO

LAMINA Nº 17



(c)

siste en pilares de madera anclados a tierra en su mayoría y con muros de caña y barro construidas rústicamente, además sus techos son de calamina ó en algunos casos canalones de una sola caída.

Este tipo de construcciones se ubica por lo general en toda la periferia de la ciudad. Su estado de conservación es también deficiente pues por su ubicación han sido y son los más expuestos a los efectos de un Fenómeno "El Niño". En su gran mayoría la calidad de sus construcciones es pésima, por ejemplo: el barro que se usa para darle aislamiento, resistencia y seguridad al muro por efecto de la temperatura se cae a pedazos, exponiendo la caña a la humedad, además esta caña es seccionada en 4 partes gruesas, por lo que no puede ser fácilmente entrelazada con los arriostres horizontales, siendo estos entre 1 y 2 para una altura de 2.50 mts. aproximadamente.

En muchos lugares de la periferia de la ciudad, los pilares de cimentación no están lo suficientemente anclados a tierra, por lo que la estructura no tiene un buen soporte, corriendo el peligro de desplomarse en caso de un sismo severo, obviamente el peligro de pérdida de vidas es mucho menor que el de material noble por la menor carga.

Por lo general las cimentaciones están sumamente deterioradas por el constante contacto con el agua (nivel freático en la parte baja).

En la lámina 17-b se muestra un ejemplo de esto.

- Construcciones con el nivel del primer piso elevado con relación al nivel exterior (vereda). Existen muy pocas de estas viviendas en la ciudad; se ubican generalmente en las zonas altas. Este tipo de estructuración debe

ser una alternativa para enfrentar problemas de inundaciones y napa freática.

Consiste en viviendas de hasta dos pisos, soportada por columnas de madera ancladas en dados de concreto ó en el suelo y donde el piso del primer nivel consiste en tablas apoyadas en viguetas de madera, las que a su vez se apoyan en una viga collar de madera a por lo menos 1 mt. del nivel natural del suelo.

A veces se colocan pequeños muros de albañilería debajo de esta viga collar, a fin de darle más soporte. El resto de la estructuración (muros y techos) son similares a los anteriores tipos.

Pero la construcción y el estado de conservación también es deficiente pues no se aísla los materiales de los cimientos, del agua ó la humedad, además de no existir mantenimiento. Se nota en algunas de estas viviendas que los pequeños muros que soportan las viguetas del entrepiso, se desmenuzan y se caen en pedazos por la eflorescencia, los pilares muestran signos de putrefacción por el ataque de insectos y de la humedad. En la lámina 17-c se muestra este tipo de viviendas.

6.4.4 VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A UN DESASTRE NATURAL

El estudio de la vulnerabilidad de una ciudad requiere de un análisis profundo en diversos sectores, para acercarse lo más posible a la realidad en la interacción fenómeno-respuesta de la estructura. Sin embargo se han tomado algunos

parámetros principales a fin de que después de un breve análisis, su diagnóstico refleje un grado de vulnerabilidad representativo.

Estos parámetros son: el estado de conservación superficial de la estructura, el tipo y calidad del material, el tipo de estructuración y la altura de las edificaciones, en porcentajes estimados. Además, se toma como referencia las características de los diferentes tipos de construcciones que presenta la escala de intensidades de Mercalli modificada (ver anexo C)

Se presenta a continuación las características de vulnerabilidad que presentan las edificaciones, tanto de material noble como de caña y barro en diferentes sectores de la ciudad frente a sismos (suponiendo de intensidad VII en la escala M.M.), ó un fenómeno "El Niño" moderado como el de 1973. Para un mejor entendimiento de esta descripción, ver el mapa de vulnerabilidad que se presenta en este capítulo. (lámina N°18)

1. Zonificación de vulnerabilidad.-

- ZONA I :

Comprende parte de la zona central de la ciudad y cuarteles militares a lo largo de la av. Teniente Vasquez, y al costado del mercado, además en la nueva urbanización "Nuevo Tumbes" donde predominan las edificaciones de material noble.

Las características de vulnerabilidad que presenta esta zona son las siguientes:

- Vulnerabilidad baja frente a sismos.-

Las edificaciones de albañilería, aparentemente resistentes ó sobredimensionadas, están diseñadas sin criterio sísmico. Los problemas que comunmente presentan son los siguientes: baja densidad de muros, no todos los paños están confinados, así como también algunos parapetos de las azoteas; la calidad de la mano de obra en este sector es aceptable, al igual que la calidad de los materiales, su estado de conservación es relativamente bueno debido a sus acabados.

Según la escala de intensidades de Mercalli modificada, esta zona está identificada como de tipo B.

Un porcentaje de las edificaciones de caña y barro presentan buena resistencia por su estructuración y estado de conservación aceptable.

- Vulnerabilidad baja frente a un fenómeno "El Niño".-

Debido a las características superficiales y al relativo buen estado que presentan las edificaciones en esta zona, puede decirse que los efectos que produciría la ocurrencia de un fenómeno "El Niño" serían mínimos.

Las construcciones en la parte alta solo soportarán la acción de las lluvias y en la parte baja además, el nivel freático; pero debemos decir que esta relativa baja vulnerabilidad es para el momento actual.

- ZONA II :

Comprende las zonas periféricas de la ciudad, donde predominan las construcciones de caña y barro (como máximo un 30% de construcciones de material noble).

- Vulnerabilidad media a alta frente a sismos.-

Las edificaciones de material noble se estiman de vulnerabilidad media a alta por su deficiente estructuración aunque con menor carga (altura máxima 2 pisos) y su tipo de construcción no muy debil; mano de obra y materiales de mediana a baja calidad.

Se puede apreciar problemas como: columnas cortas, torsión, juntas inapropiadas, deficiente confinamiento y con escasos muros portantes.

Se considera en la escala de Mercalli como de tipo C ó D.

Además se estima, un porcentaje de construcciones de caña y barro de vulnerabilidad media frente a sismos por las construcciones altas (cerca a la parte central de la ciudad) y deficiente estructuración, presentando paños muy amplios con relación a su altura (relación 2 a 1), mal estado de conservación (maderas podridas) y muros deficientemente arriostrados. Pero, la carga es mucho menor que el material noble.

- Vulnerabilidad alta frente a un fenómeno "El Niño".-

Generalmente la vulnerabilidad alta se presenta en las construcciones de caña y barro; por su pésimo estado de conservación, estando expuestos a lluvias y humedad (estas traen plagas de insectos que acaban con la madera), y a cambios de temperatura.

El problema común en este tipo de construcciones es el pésimo estado de los cimientos. En las partes altas de la ciudad estos se encuentran expuestos, y en la parte baja en contacto directo con el agua (n.f.).

El barro componente del muro se cae a pedazos, dejando expuesta la cana.

En las edificaciones de material noble, la vulnerabilidad alta radica (aunque con el menor porcentaje de edificaciones de este tipo en la zona) en el mal estado de conservación y la pésima calidad de los materiales que proceden de las fábricas informales de la periferia de la ciudad, además de contar (la mayoría de estas edificaciones) sin revestimiento.

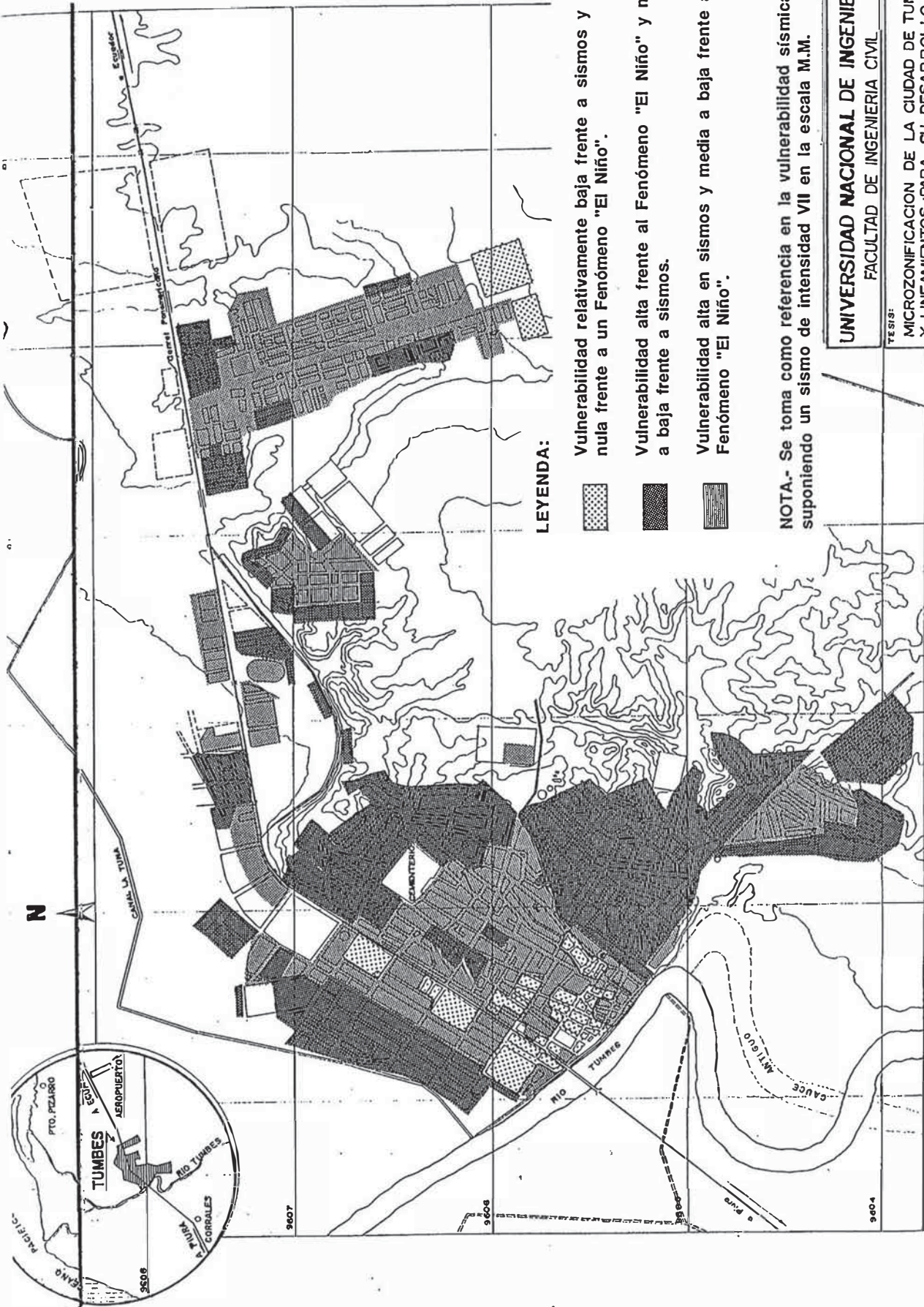
- ZONA III :

Comprende la parte intermedia de la ciudad; entre la zona central y la periferia en la "Ciudad Vieja", casi toda la "Ciudad Intermedia" y "Nuevo Tumbes". El porcentaje de edificaciones de material noble y caña y barro es similar en la "Ciudad Vieja", es mayor los de caña y barro en la "Ciudad Intermedia" y es mayor las de material noble en "Nuevo Tumbes".

- Vulnerabilidad alta frente a sismos.-

Se refiere esta vulnerabilidad en mayor porcentaje a las edificaciones de material noble, por su deficiente estructuración y mala calidad del material, además de existir edificaciones de 3 pisos en promedio, es decir con carga considerable.

Los problemas comunes que presentan son: columnas cortas, falta de confinamiento en las esquinas, torsión, baja densidad de muros y deficiente distribución de estos, grandes volados sin vigas de soporte



LEYENDA:

-  Vulnerabilidad relativamente baja frente a sismos y casi nula frente a un Fenómeno "El Niño".
-  Vulnerabilidad alta frente al Fenómeno "El Niño" y media a baja frente a sismos.
-  Vulnerabilidad alta en sismos y media a baja frente a un Fenómeno "El Niño".

NOTA.- Se toma como referencia en la vulnerabilidad sísmica suponiendo un sismo de intensidad VII en la escala M.M.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS:	
MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES	
PLANO:	
VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES	
BACHILLER:	FECHA
CÉSAR TAPIA CANALES	MAYO 1991
ESCALA	
1 / 30 000	

adecuado, entre otros. En la escala de Mercalli se considera estas edificaciones como de tipo D.

En edificaciones de caña y barro, en esta zona, se presentan también problemas de estado de conservación de las construcciones altas, muros sin arriostre adecuado, coberturas frágiles y deterioradas (calaminas y eternit rotos), etc. aunque en menor porcentaje.

- Vulnerabilidad media a baja frente a un fenómeno "El Niño".-

Debido mayormente a su ubicación en la parte alta de la ciudad, su estado de conservación es regular. Se puede apreciar un buen porcentaje de construcciones aparentemente resistentes a los efectos de este fenómeno, además un relativo buen acabado y con cimientos que al no estar en contacto directo con el agua cumplen su función hasta el momento.

En la parte baja amortigua el hecho de que el mayor porcentaje de edificaciones son de material noble, aunque se podría considerar de vulnerabilidad media por estar sus cimientos en proceso de deterioro por la humedad.

6.5 ESTIMACION DEL RIESGO DE DESASTRE DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE SERVICIOS VITALES

Antes de determinar el riesgo de desastre de estos aspectos, veamos la vulnerabilidad que presentan frente a los fenómenos naturales.

Debido a que el estudio detallado del grado de vulnerabilidad de esta infraestructura, es un campo muy amplio que escapa a los alcances de este proyecto de investigación, solo nos referiremos a las cuestiones generales más importantes.

6.5.1 ESTADO Y VULNERABILIDAD DEL SISTEMA VIAL

La ciudad de Tumbes presenta aproximadamente el 25% de sus calles pavimentadas y el resto es de tierra. (ver lámina N°19)

La zona pavimentada se ubica en la parte central de la ciudad y alrededor de la av. Panamericana en la "Ciudad Vieja". Algunas calles como esta avenida, alrededor de la Plaza de Armas, la av. M. Castilla, etc. tienen refuerzos de acero.

Por lo general las vías pavimentadas son de concreto, existiendo pocas calles de asfalto. En las calles de tierra, se puede apreciar que alrededor de un 20% de estas tienen afirmado.

Casi toda la zona pavimentada presenta un estado de conservación de regular a malo, producto de las lluvias que constantemente las deterioran; pero las cargas en un 80% de estas vías son mínimas, salvo las av. Panamericana, Mariscal Castilla, A. Ugarte, el Malecón Benavides y la calle Piura que son las principales troncales de la ciudad.

Las zonas que tienen calles de tierra (75% de la ciudad) presentan una alta vulnerabilidad a la erosión por el escurrimiento de las aguas pluviales (cuando la pendiente es pronunciada) y a las mismas lluvias que constantemente encharcan y enlagunan estas vías.

6.5.2 ESTADO Y VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS

VITALES.-

Estos servicios vitales son, las redes de agua, desague, alcantarillado, obras de captación, planta de tratamiento y reservorios.

Los servicios vitales constituyen un área muy grande de estudio, además de esto, la información del estado actual de estos servicios es muy escasa. Los datos que se almacenan en los organismos pertinentes no representan, en gran porcentaje, la realidad. Si embargo, describiremos las características más importantes de este aspecto, basados en el apoyo de ingenieros del lugar y a visitas de campo, complementados con la poca información representativa.

1. Con respecto a la red de desague, esta solo existe en la "Ciudad Vieja", es decir en un 60% del área urbana. En el resto se usan los pozos sépticos. En "Nuevo Tumbes" se está tendiendo actualmente esta red.

Las aguas servidas son bombeadas al río por la parte baja de la "Ciudad Vieja"; en esta zona existen 2 cámaras de bombeo que funcionan parcialmente; estas aguas vienen de Pampagrande donde existe otra cámara de rebombeo; luego, se colecta en la parte alta de la "Ciudad Vieja" y se drena hacia la parte baja para luego descargarla al río.

El grado de deterioro de la red es grande, esto es evidente por la constante rotura de las tuberías en la ciudad, inundandola con aguas negras creando focos infecciosos; estos se hacen presente sobre todo en la parte baja. Según los ingenieros del lugar, la red está tendida con diferente tipo de material en toda la ciudad ; se han hecho reparaciones y se han modificado, (sin un cri-

terio integral) diámetros y materiales. No existe un plano representativo de esta red en la ciudad.

2. La red de alcantarillado se hizo en 1983 (rehabilitación), pero de capacidad insuficiente. Actualmente funcionan las alcantarillas sgtes:

- En el cruce entre el Malecón Benavides y la av. M. Castilla. El problema en esta alcantarilla es que cuando el río crece en demasía, su nivel superficial es mayor que el de la ciudad, entonces el agua sale del río por la alcantarilla a la ciudad.
- Otra alcantarilla está en Pampagrande (quebrada El Nieto), hasta el momento cumple su función, pero en cada avenida se produce sedimentación y colmatación disminuyendo su tirante, por lo que su vida útil está decreciendo.
- Las otras alcantarillas se encuentran en la "Ciudad Intermedia" y "Nuevo Tumbes" a lo largo de la Panamericana. Hasta el momento cumplen su función, pero también existe el problema de obstrucción por colmatación, cerrando sus áreas de evacuación, por lo que en un próximo fenómeno "El Niño" severo quedarán inútiles.
- La red de alcantarillado en la ciudad solo está protegida con rejillas, las que en gran porcentaje se vienen obstruyendo con tierra quedando inútiles; esto se puede observar en la av. Panamericana, M. Castilla, Malecón Benavides y la Plaza de Armas.

3. La red de agua presenta el siguiente estado:

La red principal está tendida sobre la "Ciudad Vieja" y se distribuye en 3 ramales de la siguiente manera:

- La primera sale de la planta, ubicada en el codo del río Tumbes, va por el Malecón Benavides hacia el poblado de Corrales (al SW de la ciudad) con una tubería de \varnothing 8".
- La segunda, igualmente va por el Malecón Benavides, hacia La Cruz y Zorritos con una tubería de \varnothing 10".
- La tercera sale hacia la ciudad y se distribuye en dos principales; una por el Malecón y la otra por la av. El Ejército hacia los reservorios en la parte más alta de la ciudad (Tablazo). De este último, por la av. A. Ugarte sale una red hacia Pampagrande.

Dentro de la ciudad, la red principal pasa por la avenida El Ejército y alcanza los reservorios, luego se distribuye en 2 troncales: uno por la calle Tumpis, que va hasta la Panamericana y sigue su curso hasta el barrio de San José (parte baja de la ciudad); la otra se va hacia la calle Hilario Carrasco; en el cruce de esta con la M. Castilla salen ramales a ambos lados de la avenida, luego sigue por la calle Novoa y distribuye la red a la parte baja.

El ramal que va por el Malecón Benavides llega (distribuyendo lateralmente por toda esta zona) hasta la av. Panamericana y de allí salen dos tuberías: una hacia los AAHH "Las Malvinas" y "Nuevo Tumbes" para seguir a Puerto Pizarro y la otra va hacia los AAHH de la "Ciudad Intermedia".

Podemos decir del estado de conservación de la red lo mismo que la del desagüe; no existe información precisa, salvo los múltiples problemas evidentes que existen en la ciudad como la rotura de las tuberías debido al constante

deterioro. Esta red fué rehabilitada en 1985 por partes, no existiendo un plano integral de su estado actual.

Los diámetros de las tuberías son de 8" y 10" en las troncales principales, y 3" a 6" en las secundarias.

4. Los estudios de captación y soporte de la red de agua consiste en:

- Planta de captación y tratamiento de agua.
- Tres reservorios de agua en la "Ciudad Vieja", dos en el Tablazo de 439 y 2,500 m³ de capacidad y otro en el Barrio "El Recreo" de 250 m³.
- Una cámara de rebombeo de 30 m³. en la "Ciudad Intermedia".
- Un reservorio en "Nuevo Tumbes" de 550 m³. de capacidad.

La vulnerabilidad de estas instalaciones, de acuerdo al análisis realizado anteriormente, se considera como de vulnerabilidad media, por tener un relativo estado aceptable, aunque superficialmente.

6.5.3 RIESGO DE DESASTRE

De acuerdo al estado general que presenta la infraestructura vial y de servicios vitales y a las condiciones naturales que ofrece la ciudad de Tumbes, daremos una estimación de los principales sectores que presentan riesgo de desastre. Estos sectores son :

1. Existe un alto riesgo de destrucción de la carretera Panamericana en el tramo de la margen izquierda del río, a la altura del Cauce Viejo. Las constantes



Foto 12.- La constante rotura de las pocas tuberías de desagüe, completamente vulnerables, producen charcos de aguas servidas en la parte baja como se aprecia en la foto.



Foto 13.- El funcionamiento de la planta de tratamiento de agua, depende de las variaciones del cauce del río. En la foto se aprecia la distancia de aproximadamente 300 mts. de la planta al río. Antes de 1983 esta planta estaba a orillas del río.

variaciones del cauce han originado el acercamiento del río (formando un meandro) a 100 mts. de la Panamericana. El río en este sector, está erosionando constantemente el codo como tratando de llegar a la avenida. Se estima que en un próximo fenómeno "El Niño" el río cambie su cauce atravesando la Panamericana, esto ocasionaría el total aislamiento de la ciudad en cuanto a comunicación y al corte del servicio de abastecimiento de agua.

2. La captación y la planta de tratamiento tienen por lo anterior un alto riesgo de quedar inutilizadas.
3. En la red de agua, los puntos y tramos de alto riesgo por estar ubicados en zonas peligrosas son:
 - a. En el nudo al pie de la quebrada El Nieto (ver mapa respectivo).
 - b. En la troncal de la av. El Ejército por ubicarse en una calle (cerca del reservorio) completamente erosionable. Actualmente una parte de la tubería está expuesta.
 - c. En el ramal de la calle Tumpis (ó quebrada), por ser esta quebrada la más destructiva dentro de la ciudad (vaso colector y longitud grandes).

Para mayor comprensión ver mapa respectivo. (lámina N°19)

6.5.4 ESTIMACION DEL RIESGO DE DESASTRE EN EDIFICACIONES

Igualmente a la estimación del riesgo para la infraestructura vial y de servicios vitales la probable vulnerabilidad analizada en forma descriptiva, hace que una estimación de riesgos en toda la ciudad sea muy general. Pero, existen zonas que presentan una gran evidencia de riesgo por las condiciones desfavorables que existen en la ciudad; es por esta razón que señalaremos exclusivamente estas zonas con sus características respectivas. El mapa de riesgos que se presenta muestra de una forma clara cada una de estas zonas. (ver lámina N°20)

6.5.5 ZONIFICACION DE RIESGO DE DESASTRE EN EDIFICACIONES

- **ZONA I :**

Riesgo alto frente a sismos y a un fenómeno "El Niño" : Existen tres sectores que muestran clara evidencia de este riesgo.

1. En la parte baja; (ver lámina N°20) esta zona es la que más se inunda, tiene un suelo muy blando y superficialmente suelto; aquí las ondas sísmicas se amplifican grandemente, porque además el nivel freático está a 0.5 mt. de la superficie. Agregemos a esto el grado de vulnerabilidad medio a alto estimados, frente a los desastres mencionados.
2. Al borde de la Panamericana, al pie de la quebrada Tumpis, esta zona es la que más recibe el flujo de inundación por lluvias de la quebrada, ade-

más el suelo es malo, la vulnerabilidad frente a sismos es alta y frente a un fenómeno "El Niño" es media.

3. En la parte alta (cerca al reservorio); estas zonas muestran una erosión constante de su suelo por las lluvias debido a la elevada pendiente de su topografía, además, es altamente vulnerable a un fenómeno "El Niño" y medianamente vulnerable frente a sismos.

- ZONA II :

Riesgo alto frente a sismos : debido a la naturaleza del suelo (blando y de perfil irregular) y más que todo a la alta vulnerabilidad que presentan las edificaciones frente a sismos.

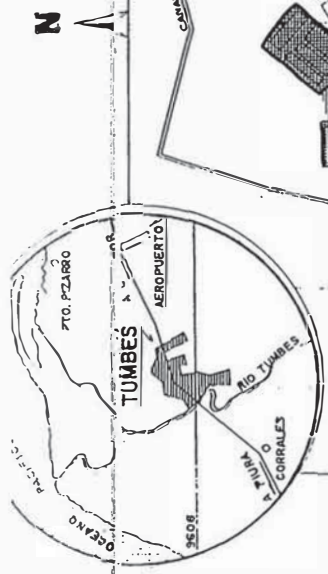
- ZONA III :

Riesgo alto frente a un fenómeno "El Niño" : ubicados en la periferia de la ciudad el riesgo alto radica en el estado de conservación de las edificaciones y a estar constantemente amenazadas por inundaciones y a efectos del nivel freático (parte baja); erosión, vientos, humedad y lluvias (parte alta) que destruyen lentamente las construcciones.





- ZONA IV :

Riesgo medio frente a sismos y al fenómeno "El Niño" : decimos riesgo medio debido a la naturaleza del suelo y a no pertenecer a zonas críticas.

Obviamente esto es de manera general; pueden suceder casos puntuales críticos dentro de esta zona, por esta razón y por el peligro constante de un de-



LEYENDA:

-  Riesgo alto para sismos y F. El Niño.
-  Riesgo alto para un sismo de intensidad VII.
-  Riesgo alto para un F. El Niño moderado e incendios.
-  Riesgo medio para sismos y F. El Niño.

PROYECTO: PUERTO TUMBES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS:	
MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES	
PLANO:	
BACHELER	FECHA
CEZAR TAPIA CANALES	MAYO 1991
ESCALA	
1 / 50000	
ZONAS DE RIESGO DE DESASTRE	

LAMINA N° 20

sastre en la ciudad, como son los estudiados, es que estimamos a todas estas zonas como de riesgo medio.

Se puede concluir que en la ciudad de Tumbes el riesgo de desastre está latente, agudizándose en algunos sectores si ocurre un sismo, y en otras si ocurre un fenómeno "El Niño"; no solo por las condiciones naturales desfavorables que presenta la ciudad, sino también por el alto grado de vulnerabilidad de su infraestructura, vulnerabilidad que sigue aumentando por la falta de planes efectivos y prácticos de prevención.

7.0 CAPITULO VII .- LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO EN LA CIUDAD Y PLANES DE PREVENCION DE DESASTRES NATURALES

7.1 LINEAMIENTOS DE PLANEAMIENTO

7.1.1 EVOLUCION URBANA

La ciudad de Tumbes no se ha extendido de manera uniforme y gradual al crecimiento de su población, y esto debido a diversos factores condicionantes.

La zona antigua de la ciudad se ubica sobre la margen derecha del río Tumbes y su centro gravita sobre la Plaza de Armas; esto denota que en sus inicios la población seleccionó, al igual que otras ciudades dependientes del medio rural, el lugar de residencia en la zona alta y adyacente al río, cercana a su vez, al lugar de sus labores agrícolas; fué necesariamente la presencia de una superficie sensiblemente plana para el primer asentamiento.

Con el transcurso de los años la población fué aumentando y la ciudad expandiéndose, condicionando su desarrollo a la incidencia de factores de diferente característica.

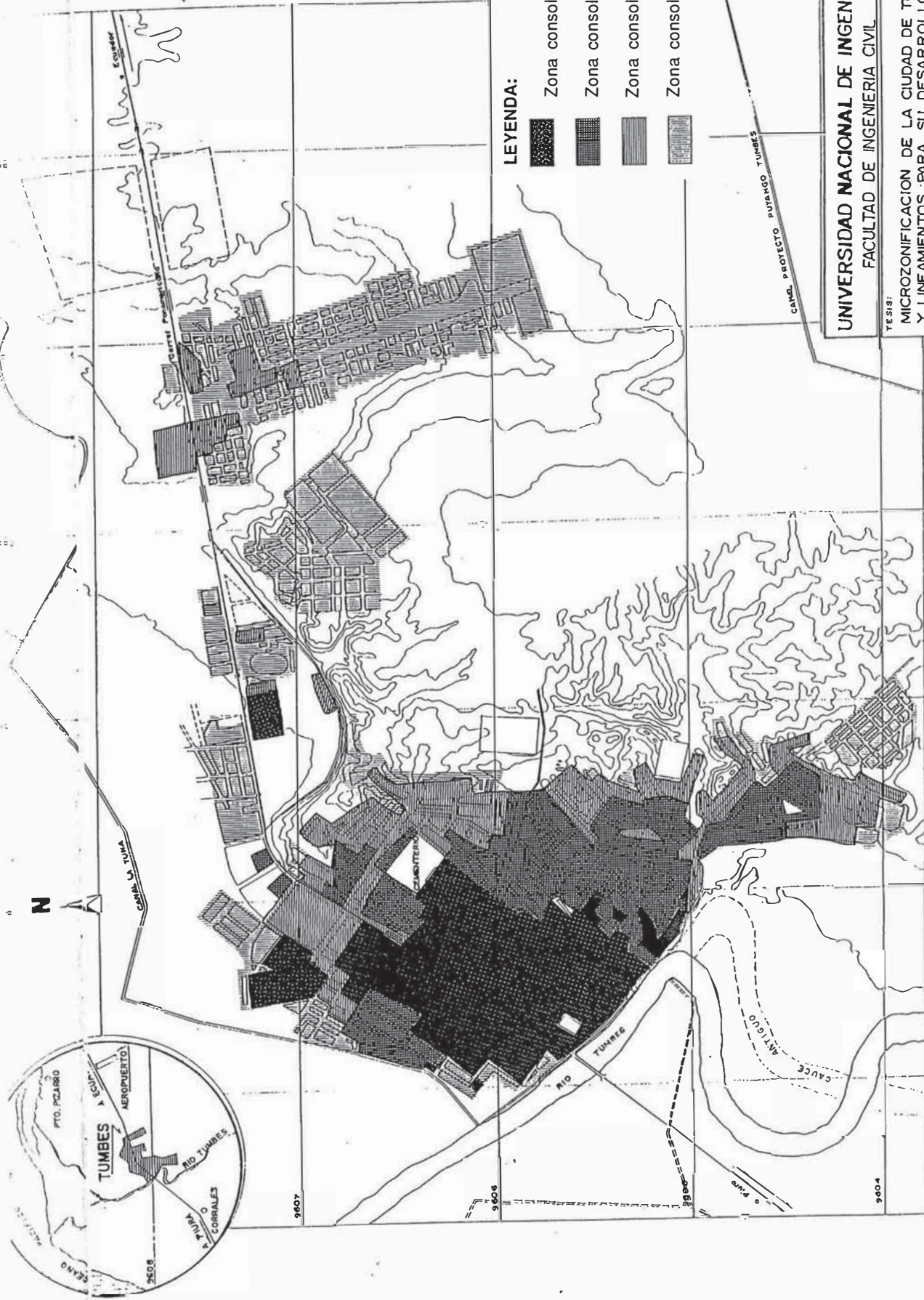
Antes de analizar cada uno de estos factores condicionantes, presentamos gráficamente la forma como ha evolucionado la ciudad desde 1961 hasta 1991 (30 años) (ver lámina N°21).

Como se puede apreciar en el mapa respectivo, en 1961 la ciudad se extiende en la zona plana (baja) y alrededor de la Plaza de Armas. El acceso principal a la ciudad era el puente antiguo, sin embargo se puede apreciar como la avenida Teniente Vasquez (av. Panamericana) era ya uno de sus principales soportes (separa áreas topograficas diferentes).

En 1968 se observa como la población se extendió hacia la zona accidentada, debido probablemente a la barrera que formaban los cuarteles militares en la zona baja y su cercanía a la captación de abastecimiento de agua. Era evidente que la carretera a San Juan dejaba sentir su influencia pues atraía AAHH de tipo rural.

Para 1984, esta extensión se ubicó en la periferia de la ciudad variando muy poco, pero como la población sí aumentó se deduce que hubo un proceso de densificación.

En 1991, la población se expandió hacia el NW en un 80% y hacia la periferia de la ciudad (a la salida a San Juan). Este direccionamiento de la expansión urbana se debió a los sucesos ocurridos en 1983, lo cual obligó a la población a buscar un lugar más seguro; pero, esto creó una gran demanda de infraestructura de servicios vitales, problema que sigue pendiente en la actualidad.



LEYENDA:

- Zona consolidada en 1966
- Zona consolidada en 1968
- Zona consolidada en 1984
- Zona consolidada en 1991

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES
 Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO
 URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES

PLANO:
EVOLUCION URBANA
 BACHILLER:
 CESAR TAPIA CANALES ESCALA: 1 / 30000 FECHA: MAYO 1991

LAMINA Nº 21

7.1.2 PRINCIPALES FACTORES CONDICIONANTES DEL DESARROLLO URBANO

Estos principales factores que condicionaron y condicionan el desarrollo urbano en la ciudad de Tumbes son los siguientes:

1. FACTORES NATURALES

Las condiciones naturales desfavorables que presenta la ciudad para un asentamiento humano es el principal factor que restringe el crecimiento urbano.

La expansión de la ciudad ha sufrido limitaciones por desborde del río ó por afloramiento de agua subterránea, esto es evidente en la zona baja de la ciudad, que tiene una topografía aparente para un desarrollo urbano, pero, es el problema del anegamiento e inundaciones en esta zona que determina un deterioro en el nivel de vida y una gran restricción en su crecimiento. La expansión al NW está impedida por este factor.

En la parte alta, la topografía accidentada encarece la construcción pero, esta topografía es determinante para consolidar asentamientos de tipo rural.

Resumiendo, los principales elementos físico-naturales que guían el desarrollo urbano son: el río Tumbes y la topografía de la ciudad.

2. FACTORES ESTRATEGICOS MILITARES

La presencia de cuarteles y dependencias militares dentro y en el perímetro urbano, significa un factor limitante en el sentido del crecimiento urbano.

A lo largo de la Panamericana existen varios cuarteles que crean focos de actividad que limitan la fluidéz en cuanto a acceso de las barriadas a la parte central.

El asentamiento humano "Las Malvinas" tiene un área propia para la expansión que es hacia el SE, junto a la quebrada Pedregal, pero toda esta zona se considera de uso militar; igual ocurre a la salida a San Juan, actualmente existe un terreno adjudicado a la universidad de Tumbes pero, su extensión está condicionada a las fronteras militares.

Además, en caso de un conflicto armado con el Ecuador, la ciudad de Tumbes presenta un blanco perfecto por la ubicación de estos cuarteles.

3. FACTORES INFRAESTRUCTURALES

Las principales vías que han hecho sentir su influencia en la expansión urbana, son sin duda la av. Panamericana y el camino a San Juan; propiciando dos tipos de asentamientos: el urbano a lo largo de la Panamericana y el rural a lo largo del camino a San Juan. La forma que presenta la ciudad en planta muestra esta evidencia. (ver lámina N°21)

Ahora, si bien la carretera constituye un generador del crecimiento urbano, su influencia ha incidido solamente en la margen derecha del río Tumbes, no presentando el área adyacente a la ciudad sobre la otra margen, desarrollo urbano alguno.

La razón fundamental estriba en el hecho de constituir dicha zona, una superficie baja y sujeta de anegamiento, además de estar amenazada por inundaciones del río.

En la zona de "Nuevo Tumbes" existe una calle principal que se extiende de un extremo a otro, siendo un soporte sobre el cual se realiza el crecimiento urbano.

4. FACTORES POLITICO-ADMINISTRATIVOS

El rango de la ciudad capital del ex-departamento (hoy sub-región) de Tumbes representa un factor significativo de política administrativa, mediante el cual las autoridades locales pueden gestionar y realizar mejoras urbanas acordes con la categoría de ciudad capital.

Así mismo diversas dependencias gubernamentales fijan su residencia en la ciudad, posibilitando de esta manera la prestación de un mejor servicio.

Además de estos factores se debe decir, que el trazo urbano de la ciudad es rectangular en su parte central, siendo el resto de la ciudad mayormente irregular y ceñido a los accidentes topográficos, motivo por el cual existe una diferenciación de patrones de asentamiento según la característica topográfica predominante.

7.1.3 PRINCIPALES PATRONES DE ASENTAMIENTO

Se puede decir que en toda la ciudad existen 3 grandes patrones de asentamiento ; obviamente dentro de estos existen características urbanísticas diferentes, pero en menor grado; por tal motivo se describe las más resaltantes a continuación:

1. CONSOLIDADO

Este patrón está localizado en la zona central de la ciudad, presentando un trazado relativamente regular y vías de pendientes no muy pronunciadas. Podría decirse que esta zona está enmarcada por las calles Tacna y Arica por el W, la calle Novoa por el N, las av. M. Castilla y A. Ugarte y el barrio Bellavista por el E y el río Tumbes por el SW. Extendiéndose además sobre las avenidas Panamericana, A. Ugarte y la calle Bolívar.

La mayoría de las viviendas de este patrón presenta el mayor grado de modernidad y consolidación en relación a la ciudad como conjunto.

La accesibilidad es relativamente buena en términos de tránsito vehicular y peatonal, y la identificación de las manzanas y lugares es fácil. Las calles tienen nombre y numeración.

Este patrón de asentamiento residencial contiene las edificaciones públicas, el mercado y el comercio central, los terminales de transporte, las oficinas bancarias, los principales centros sociales, etc.. La población de medio y altos recursos económicos radica en gran porcentaje aquí, además de la zona central de "Nuevo Tumbes", representando el centro de la élite lugareña.

Este patrón contiene en menor grado algunas viviendas precarias y tugurios. Actúa en forma favorable al desarrollo de este patrón, el hecho de estar ubicado en la parte antigua y central, por lo cual recibe una atención preferencial con respecto a otras zonas urbanas. También tienden a concentrarse en aquel, los servicios regionales y urbanos. En zonas como la calle Piura y el mercado se reconoce la presencia de núcleos urbanos y de servicios.

La expansión hacia el E y SE está condicionado por razones topográficas y por efectos de aniegos periódicos que sufre.

La expansión de este patron hacia las demás zonas está restringida por su lejanía del núcleo central y por la necesidad de extender las redes de agua, desagüe y obras de drenaje.

2. TRANSICION

Se ubica próximo al consolidado, pero que por razón de las características topográficas del terreno, de su lento desarrollo, de poseer densidades relativamente altas y de sufrir aniegos por las inundaciones de precipitaciones pluviales, presenta problemas de identificación y accesibilidad, aunque contiene servicios públicos y comunales. Podría decirse que la mayor parte de "Nuevo Tumbes" (zona central) pertenece a este patrón de asentamiento.

Los factores que actúan en forma desfavorable al mejoramiento de las condiciones existentes en este patron son los siguientes:

- El estar constituido por áreas relativamente antiguas cuyo desarrollo es lento e incompleto.
- La lotización y el respectivo manzaneo son irregulares, y su normalización exige se efectúen programas de rehabilitación urbana que eventualmente podrían requerir erradicación y realojo de partes de la población.
- La falta de fortificaciones y de drenaje para enfrentar inundaciones por precipitación pluvial.

Un problema grande que hay que resaltar en estas zonas es que, debido al proceso de densificación constante y al problema de tenencia de propiedad ó de tierras, los lotes se vienen subdividiendo y muchas veces se toma posesión de algunas calles, cerrandolas en algunos casos creando manzanas de grandes

dimensiones y de forma irregular, ó invadiendolas acortando alarmantemente su ancho.

3. EXPANSION

Se verá en el siguiente acápite.

7.1.4 AREAS DE EXPANSION Y CARACTERISTICAS

Podríamos clasificar estas áreas en dos tipos:

1. AREAS DE EXPANSION ESPONTANEA O NATURAL

Se ubica en la periferia de la "Ciudad Vieja" y "Nuevo Tumbes", sobre las Avenidas Panamericana y A. Ugarte (a la salida de San Juan). Además existe una zona en la "Ciudad Intermedia" en la parte alta (A.H. "Las Malvinas"), este sector es relativamente plano, por lo que fué aprovechado como asentamiento debido a la extensión de los servicios de abastecimiento de agua y energía eléctrica, además de existir un núcleo educativo primario y superior cercano.

Algunas de estas zonas están en proceso de consolidación; sin embargo existen recientes invasiones cuyas condiciones infraestructurales son precarias como en las zonas cercanas al "Tablazo", al SE de Pampagrande y al NE del colegio "El Triunfo" (zona baja).

- Están conectadas al área central de la ciudad mediante vías principales.
- En las cercanías a los barrios "San José" y "pampagrande", los asentamientos se realizan sobre áreas planas; además de la "Ciudad Interme-

dia" y el A.H. "Las Malvinas". En dichas zonas existen servicios públicos que atienden parcialmente (abastecimiento de agua y energía eléctrica) no existiendo red de desagüe.

- En las zonas altas, por su topografía accidentada, los servicios domiciliarios son restringidos, no existiendo en muchos casos.
- El manzaneo en casi todas estas áreas es irregular, presentando una difícil accesibilidad.
- Contienen viviendas precarias en alto porcentaje.
- El prototipo de vivienda existente, tiene mayor relación con el rural.

Para mejor comprensión de la ubicación de estas áreas, ver el mapa de expansión urbana. (lámina N°22)

2. AREAS DE EXPANSION PROYECTADA O PLANEADA

Cuando hablamos de éste tipo de áreas, nos estamos refiriendo a la zona de "Nuevo Tumbes". Sin embargo, debemos decir que existen algunas zonas, como los A.H. "Salamanca", "Las Malvinas" y al sur de Pampagrande, que en principio fueron invasiones ó A.A.H.H. espontáneos, luego organismos como la ex-CorTumbes y la Municipalidad, intentaron reordenarlos realizando y ejecutando en algunos casos, proyectos de planeamiento sobre estos asentamientos. Esto se evidencia en el relativo orden, soportado por una vía principal de acceso que es perpendicular a la Panamericana.

Sin embargo, toda la zona, en cuanto a funcionalidad urbano-social, sigue dependiendo del centro de la ciudad, por la no existencia de núcleos urbanos, sólidos. El tráfico "Nuevo Tumbes"-mercado (en la "Ciudad Vieja") es intenso.

Tampoco se aprecia, en esta zona suficientes áreas de recreación, para su tamaño y extensión de la población.

Es pues necesario hacer un plan de usos del suelo e infraestructura, para impulsar un desarrollo real de ésta zona, por considerarse desde el punto de vista físico la mejor zona.

3. SELECCION DE LAS FUTURAS MEJORES AREAS DE EXPANSION

Por la forma como se viene expandiendo la ciudad (descrito anteriormente), podemos decir que esta expansión se viene realizando sobre zonas planas (hacia el N y NE de la ciudad), sobre zonas accidentadas ó relativamente accidentadas (en las partes periféricas altas de la ciudad) y, sobre las carreteras Panamericana y a la salida a San Juan.

Debemos decir que, a pesar que las partes altas periféricas de la ciudad (cercanas al Tablazo, planta eléctrica y alrededores de la quebrada Tumpis), se van seguir expandiendo espontanea lentamente, vez que sufriendo el proceso de densificación. Estas zonas no son aptas por presentar problemas de seguridad física, encarecimiento de los servicios vitales y de la construcción, haciendo en consecuencia que predominen las características rurales precarias y completamente vulnerables a cualquier tipo de desastre.

Las mejores áreas para la expansión urbana se ubican al N y NE de la ciudad, pero considerando algunas restricciones de tipo físico y legal.

Estas zonas y sus características se describen a continuación (ver mapa de áreas de expansión de la lámina N°22):

- ZONA I:

Ubicada en la parte baja de la "Ciudad Intermedia" y limitada por el canal de irrigación "La Tuna". Podríamos subdividirla en:

- Ia.- Esta zona plana es inundable por el río (cuando $q = 1,500$ m³/seg.) y por lluvias. Tiene la superficie de su suelo completamente suelta, el nivel freático está aproximadamente entre 0.6 y 0.8 mts. de la superficie aproximadamente. Estas tierras son administradas por el municipio.

Las edificaciones que se proyecten en esta zona deben considerar en gran medida la cimentación y el sistema de drenaje.

- Ib.- Esta zona relativamente plana está junto a la depresión de la quebrada Pedregal; su superficie está cubierta de vegetación (arbustos) tupida, el nivel freático está a 1 mt. de la superficie. Los proyectos de urbanización deben considerar para este lugar la acción de la quebrada Pedregal y la erradicación de esta vegetación.

- IC.- Esta zona está parcelada por unidades agrícolas; es en 50% inundable por el río (cuando $q = 1,500$ m³/seg.) y totalmente inundable por lluvias. El nivel freático está a 0.6 mts. de la superficie. El problema principal de esta zona para la expansión urbana (además de las condiciones naturales), es la tenencia de tierras.

- ZONA II:

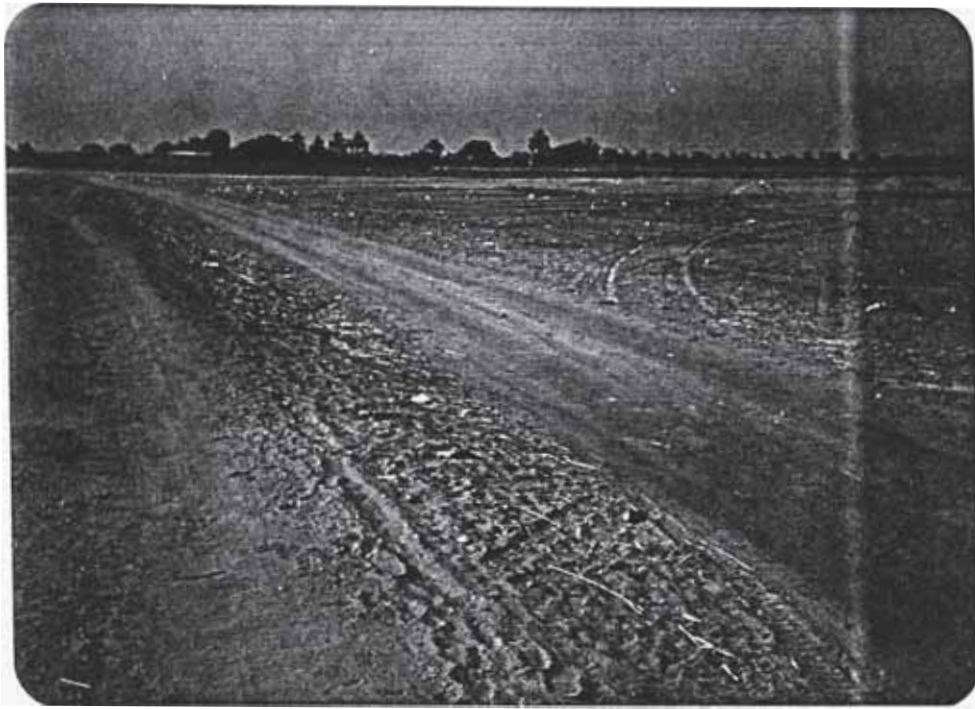


Foto 16.- Area de expansión ("Ciudad Intermedia"). Se aprecia la superficie del suelo completamente suelto. La napa freática se encuentra a 0.8 mts.



Foto 17.- Zona de "Ciudad Intermedia". Al fondo las colinas, sobre las cuales se encuentra el A. H. "Las Malvinas". El suelo es completamente suelto.

Está ubicada en la parte alta de la "Ciudad Intermedia", junto al A.H. "Las Malvinas" y a la quebrada Pedregal. Presenta condiciones favorables para la expansión por su terreno plano, pero las restricciones estriban en la naturaleza del suelo (arcilla blanda) y a la presencia de la zona militar. Si no es proyectada convenientemente, esta zona se convertirá en expansión natural.

- ZONA III:

Es la mejor zona conveniente para la expansión de la ciudad, por la seguridad física y su topografía relativamente plana; además, los servicios vitales pueden y están siendo fácilmente extendidos desde "Nuevo Tumbes". Se ubica en la parte posterior de esta zona, y su límite es el canal de irrigación del proyecto Puyango-Tumbes (irrigación Puerto El Cura). La única restricción es la naturaleza de su suelo (blando y arcilloso-arenoso). Esta zona está siendo planificada en la actualidad.

- ZONA IV:

Se ubica sobre la Panamericana, después de la quebrada de Luay (hacia el NE de la ciudad). Presenta las mismas restricciones que la zona III, pero estas tierras pertenecen a molinos, los que pueden ser trasladados en caso de una necesidad urgente de habilitar estas áreas para la expansión urbana.

En general podemos decir que el problema común para planificar un asentamiento humano en la ciudad, no sólo radica en su topografía, sino en la

naturaleza especial de su suelo, el cual encarece la construcción; además es fundamental también la instalación de los servicios vitales.

7.2 PLANES DE PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES

7.2.1 GENERALIDADES

Definamos en primer lugar que es "Prevención de Desastres". Según el Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (mas conocido como HABITAT), "Prevención de Desastres" significa "todas las actividades, medidas y organización antes de que ocurra un peligro natural, para hacer que estos factores no esten expuestos al peligro y para diseñar y organizar sistemas resistentes adaptables".

Existen en cada ciudad desarrollada del mundo diversos planes de prevención de Desastres diferentes. Nosostros nos referimos en esta investigación al "Plan de Prevención de Desastres" del caso de Japón; por presentar el riesgo sísmico y de inundaciones comunes al nuestro. Este consiste en: un Plan Básico para Prevención de Desastres y el Plan Local para Prevención de Desastres que tienen que ser preparados para cada órgano público.

Debido a que la ciudad de Japón (punto referencial) es una ciudad grande, la filosofía y estructura de este "Plan de Prevención de Desastres" es amplio y escapa a los alcances del presente trabajo de investigación; Por tal motivo presentamos en el anexo D la estructura del contenido del Plan Básico y como referencia dentro del Plan Local "Los puntos del Plan de Prevención de Desastre del Gobierno

Metropolitano de Tokyo". Sin embargo, a manera de ubicarnos dentro de un marco referencial menor, señalaremos los principales puntos del Plan Local mencionado.

PLAN LOCAL PARA PREVENCIÓN DE DESASTRES

Este plan define en términos concretos, la operación de prevención de desastres que una organización de este tipo está requerida a realizar en su área respectiva, sea ésta de nivel prefectural, de ciudad ó de centro poblado, de acuerdo a los requerimientos locales.

El Plan Local para Prevención de Desastres debe proporcionar las materias listadas a continuación.

1. Perfil general de actividades u operaciones relacionadas a la prevención de desastres.
2. Planes por categorías de operaciones dentro del área:
 - Creación ó mejoramiento de establecimientos de Prevención de desastres.
 - Investigación
 - Educación, simulacros y otros.
 - Recolección y transmisión de informaciones.
 - Emisión y transmisión de informaciones.
 - Evacuación, combate de incendios, prevención de inundaciones, rescate, sanidad y otras medidas de emergencia.
 - Esfuerzo de rehabilitación.

3. Planes para coordinación, almacenamiento, búsqueda, distribución, embarque, comunicación con referencia al trabajo, facilidades, equipamiento, materiales, financiamiento, etc. requeridas para medidas relacionadas a Prevención de Desastres.

Ahora, observando este marco referencial, podemos evidenciar la falta total de algún Plan de Prevención de Desastres en la ciudad de Tumbes.

Dentro de la infraestructura para el momento de emergencia existe: Una estación de bomberos deficientemente equipada, dos centros hospitalarios en la av. Panamericana y centros de salud pequeños distribuidos en la ciudad.

Los planes de prevención física existentes debido a los sucesos de 1983 se han realizado en forma puntual, sin un plan que los integre. Dentro del Plan Local mencionado anteriormente, estos proyectos de prevención física se ubican en el punto dos en lo que se refiere a investigaciones.

A continuación presentamos las características de algunos de éstos planes y un esquema en planta ubicando los lugares de concentración de personas (riesgo frente a un sismo) y las áreas libres adyacentes además de la ubicación de los centros hospitalarios y de salud existentes.

7.2.2 PLANES DE PREVENCION FISICA EXISTENTES

Dentro de los principales proyectos de prevención física existentes podemos citar a:

1. Proyecto de la Margen izquierda del rio Tumbes - Sector Cauce Viejo (Primera Etapa)”.- Presentado en la ex-corporación de Tumbes en 1985.

El proyecto a que se refiere esta primera etapa se circunscribe a la protección de la margen izquierda del río Tumbes sector Cauce Viejo en la zona Vulnerable cercana a la carretera Panamericana, en una longitud de 1,100 mts. aproximadamente.

Tales defensas tienen como finalidad primordial, contener el avance de la sección erosiva de la corriente, fijando tanto como sea posible la margen izquierda y procurando que en las mayores crecidas del río parte del caudal tenga posibilidad de ser evacuado por los cauces secundarios "El Piojo" y "Cauce Viejo". Actualmente el cauce del río Tumbes, a ser protegido, sufre un proceso de erosión constante, la misma que en el transcurso de casi 16 meses ha originado un avance del río del orden de 150 mts. en dirección a la carretera Panamericana, afectando varios medios agrícolas en producción y amenazando destruir la carretera.

En resumen el proyecto consiste en la construcción de 12 espigones distribuidos en forma normal a la corriente del río; el material de estos espigones debe ser, según este proyecto de tipo rocoso con piedras de hasta 160 kg. además la base de la cabeza de estos espigones debe estar provista de una capa de aproximadamente 20 cms. de espesor de grava de 1/2" a 1 1/2" en sacos de polipropileno. Los espigones deben tener una longitud aproximada desde el borde del río de 40 mts. y un ancho de 15 mts. en promedio

2. "Proyecto de Pre-factibilidad de defensas Ribereñas del valle del río Tumbes".- Presentado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Agricultura.

El mencionado proyecto hace primero una evaluación del problema de inundaciones en el valle del río Tumbes para luego dar alternativas de control de inundaciones y seleccionar obras y medidas para la defensa contra estas inundaciones. A continuación señalaremos estas alternativas y la selección de las obras de defensa:

Posibles alternativas de control de inundaciones:

- a. La construcción de una ó más presas reguladoras del caudal del río
- b. La construcción de diques ó muros de encauzamiento para darle a la sección del río la capacidad de llevar 3,000 m³/seg. como lo recomienda el ministerio de Agricultura . convenio DGA - AID de 1977.
- c. La construcción de puentes y cauces que rehabiliten antiguos brazos del río, como el brazo de "El Piojo" y del "Cauce Viejo".
- d. Construir un sistema que comprenda:
 - Ensanche de la caja del río
 - Rectificación de cauce del río desde la ciudad hasta el mar y desde "Puerto El Cura" hasta el antiguo "Puente Viejo".
 - Construcción de diques de encauzamiento para impedir el desborde del río a las tierras agrícolas utilizando el material de dragado como relleno. Como la rectificación del río traerá por consecuencia la socavación del cauce por mareas, será necesario construir una represa sumergida de concreto, para fijar la rasante del fondo del río a 3 mts. bajo el nivel cero. Esto evitará la socavación de la cimentación del puente y del interior.

Las obras y medidas seleccionadas por estimarse de necesidad inmediata son: (ver gráficos en anexo D):

- Ensanche y limpieza del brazo del río denominado "El Piojo".
 - Ensanche y limpieza del brazo del río denominado "Cauce Viejo".
 - Parcial enrocado de protección de un dique de encauzamiento paralelo a la carretera Panamericana (zona erosiva).
 - Parcial ampliación del Puente Nuevo, en 900 mts. para impedir que se convierta en dique de contención de las aguas.
3. "Plan de drenaje Pluvial del Barrio San José".- Presentado en marzo de 1988 por el PRONADRET de Tumbes (Programa Nacional de Rehabilitación de Tierras).

Este plan hace en primer lugar un diagnóstico del problema de drenaje pluvial de la ciudad, analiza las características del sistema de agua potable y alcantarillado, para luego de determinar el caudal de escorrentía y volumen pluvial, diseñar el sistema de drenaje propuesto.

En resumen, el contenido del plan es el siguiente:

"Al no disponer la evacuación de las aguas pluviales, estas se estancan y causan una serie de malestares a la población." La extensión que presenta el estancamiento de agua pluvial es aproximadamente 100 Ha. (zona baja "San José), el área de aporte es de unas 145 Has., haciendo un total de 245 Has.

El área de aporte tiene una cota máxima de 50 m.s.n.m., a partir de ésta cota, las aguas pluviales se dirigen al barrio "San José" descendiendo por las

calles Piura, Abad Puell, Mayor Novoa, 24 de Julio y por los Tumpis, inundando amplias zonas.

Durante la emergencia del año 1983 como solución provisional se colocó afirmado en las calles a fin de elevar el nivel de las mismas, lo cual trajo como consecuencia que el nivel del terreno de las viviendas quedasen más bajas, perjudicando a los pobladores, por cuanto, las aguas inundaban las viviendas.

Se propone evacuar 45 Has. por bombeo por encontrarse en una depresión (zona junto al río en la parte baja) y 200 Has. por gravedad hacia un dren colector que en su recorrido empalmaría con el dren El Tropezón (a espaldas de la ex-CorTumbes) que sirve al sector de riego La Tuna-Romero y éste a su vez evacúa hacia el estero Puerto Rico.

El volumen de escurrimiento calculado con el plan (para evacuar) es de $V = 36,260 \text{ m}^3$ para una intensidad de lluvia de 22 mm/hora. y un caudal punta de $Q_p = 4.715 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y un tiempo punta de concentración igual a 1.6 horas.

Se hace luego el diseño del dren colector y la vereda cuneta para las calles Mayor Novoa, Manglares, 24 de Julio, Fonavi y Triunfo (en la zona baja junto al canal La Tuna). Las secciones transversales de estos diseños se muestran en el anexo D

4. Tesis de Grado "Control de Inundaciones de la Ciudad de Tumbes" (Quebrada Los Tumpis) UNI-FIC.- Presentado en 1985 como parte de los trabajos de rehabilitación y reconstrucción del departamento de Tumbes por los sucesos de 1983. Esta investigación tiene por objetivo exponer los trabajos

necesarios para el control de la cuenca Los Tumpis que tiene como dren natural a la calle del mismo nombre, ello permitiría evacuar las aguas provenientes de las lluvias. Se expone 5 alternativas para la evacuación de estas aguas pluviales por este dren:

- a. Pavimentación de la calle Los Tumpis con un conducto cubierto subterráneo a lo largo de su eje, para la evacuación de las aguas pluviales provenientes de la cuenca Los Tumpis.
- b. Evacuación de las aguas pluviales con vertederos frontales de canal lateral, conductos cubiertos y rápida mediante dos ramales.
- c. Pavimentación de la calle con dos conductos cubiertos a lo largo de sus extremos para la evacuación de las aguas pluviales y la colocación de rejillas en su losa superior para el drenaje pluvial superficial.
- d. Evacuación de las aguas pluviales con un canal recolector principal y dos canales colectores laterales sin revestir, además una rápida y un conducto cubierto.
- e. Construcción de una presa de tierra con canal evacuador.

Finalmente luego de una evaluación económica y de riesgos se opta por la alternativa N° 4 dando una opción a la alternativa N° 5.

Se han tomado en consideración sólo estos planes, porque se relacionan directamente con la ciudad, pero existen otros planes de prefactibilidad a gran escala como:

- “Estudio de tratamiento a corto plazo de las avenidas del río Tumbes” del INADE y la Corporación Departamental de Tumbes.
- Proyecto de encauzamiento del río Tumbes - Corporación Departamental de Tumbes.

Pero el mayor proyecto integral que involucra a todo el departamento y que solucionaría el problema de inundaciones por el río, además de facilitar el mejoramiento de los servicios vitales en la ciudad es el proyecto Puyango-Tumbes en el aspecto específico de la construcción de una presa de regulación de caudales en Cazaderos.

Como se sabe este proyecto es Binacional por lo que la toma de decisiones parte del Gobierno Central. Además podríamos agregar que se han hecho planes reguladores de la ciudad los años 1941, 1967, 1973 y un plan de reconstrucción en 1984. Hata el momento el único plan a gran escala que ha sido ejecutado desde 1983 y que cumple la función de protección a la ciudad es la obra del Malecón Benavides.

Es pues necesario ejecutar algunos de los planes que están en la etapa de pre-factibilidad para que no ocurra los mismos desastres que en 1983.

7.2.3 ESQUEMA DE ZONAS DE CONCENTRACION DE PERSONAS Y AREAS DE EVACUACION EN LA CIUDAD FRENTE A UN SISMO

En el mapa que se muestra se ubican estas zonas(ver lámina N°23); de el podemos mencionar que estas áreas de concentración se ubican en el eje comercial

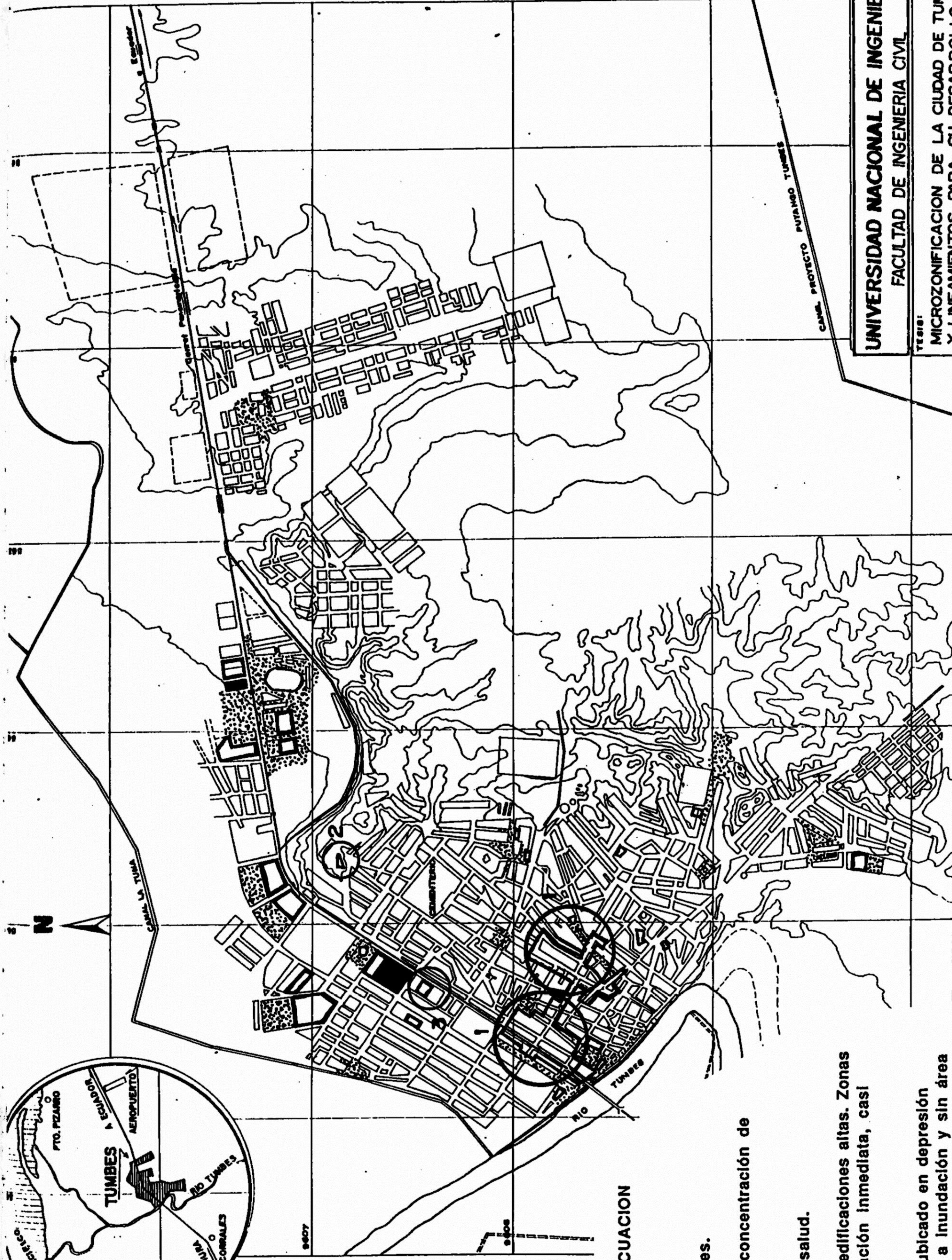
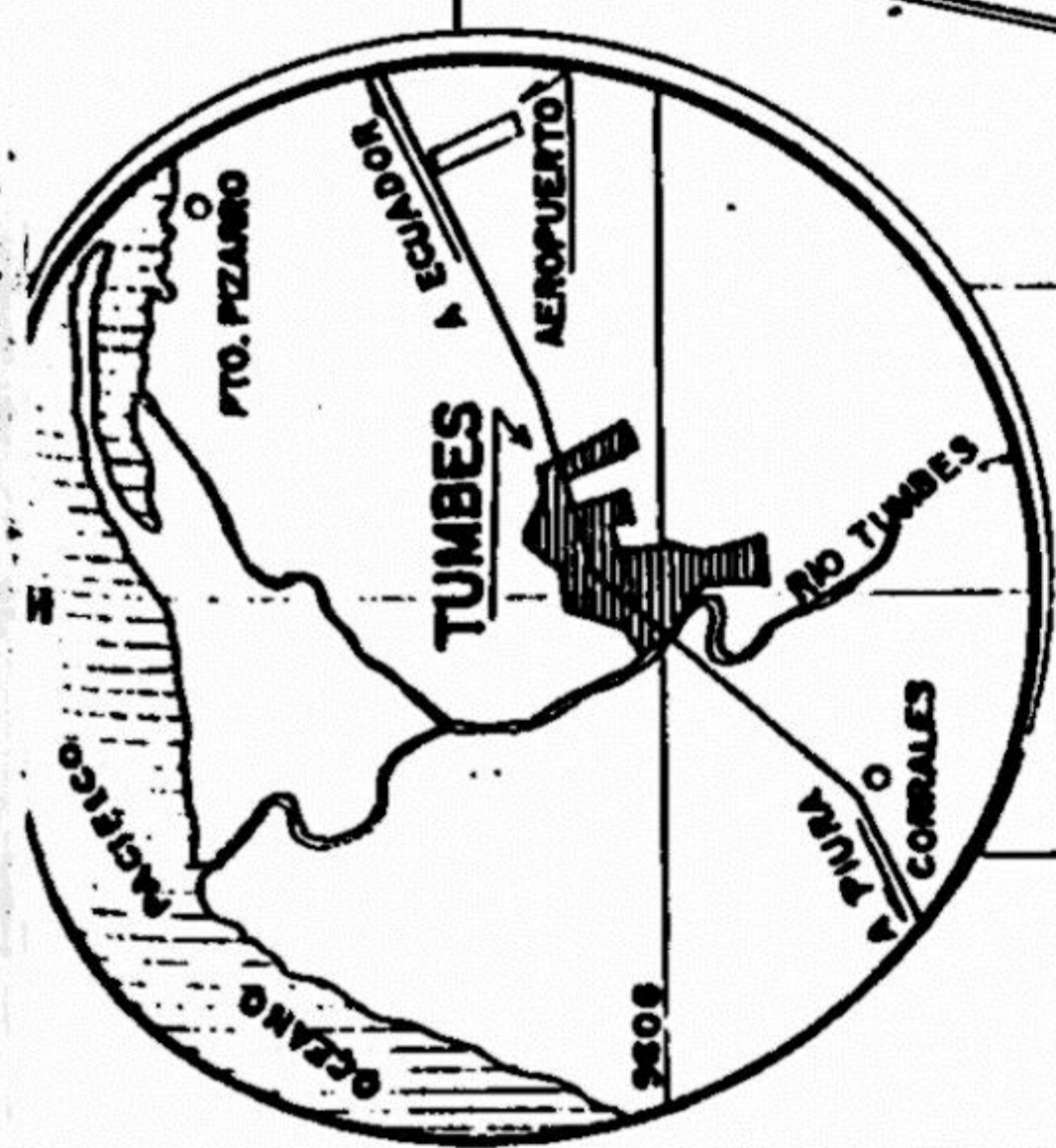
principal de la ciudad y en el área cívico comercial (alrededor de la plaza de armas).

Además los extremos de este eje comercial (calle Piura) son dos focos de alto peligro en caso de sismos, porque además de concentrar personas durante el día, en estos lugares se conglomeran edificaciones vulnerables de 4 pisos, agreguemos a esto el intenso tráfico vehicular en la av. Panamericana, calle Piura y la av. mariscal Castilla.

En caso de sismo, la evacuación estaría restringida (además del tránsito vehicular) por los ambulantes que llenan el área libre. Es pues necesario crear rutas de evacuación propicias en esta zona. Pero para realizar esto se tiene que hacer un reordenamiento vial del tránsito (en la parte central). Las áreas libres (calles anchas con pequeños parques) adyacentes a estos focos de concentración se muestran en la lámina N°23.


En la zona cívico-comercial, la concentración de personas la determinan los organismos del estado como el Centro Cívico, Biblioteca Municipal, bancos y Centro Comercial Central. Pero esto funciona de Lunes a Viernes en el día. Los días Sabado y Domingo por la mañana el punto de concentración es la iglesia Central de Tumbes, agregando además por la noche El Centro Social.

El lugar de evacuación natural lo constituye la Plaza de Armas. En "La Ciudad Intermedia", hasta el momento, las áreas libres son suficientes para la evacuación del núcleo educacional existente, además de estadio. Igual sucede con las demás estructuras institucionales de la ciudad.



AREAS DE EVACUACION

LEYENDA:

-  Areas libres.
-  Areas de concentración de personas
-  Areas de salud.

- 1 Area de edificaciones altas. Zonas de evacuación inmediata, casi nula.
- 2 Colegio ubicado en depresión (expuesto a inundación y sin área libre).
- 3 Colegio frente a avenida principal.

NOTA: Hospitales en Av. Panamericana; ésta es la ruta de evacuación principal.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS: MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DE TUMBES Y LINEAMIENTOS PARA SU DESARROLLO URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES	
AREAS DE EVACUACION	
BACHILLER: CESAR TAPIA CANALES	ESCALA: 1 / 30000
	FECHA: MAYO 1981

Los centros hospitalarios que se ubican sobre la Panamericana, son los principales centros de atención de la ciudad y su ruta principal lo constituye la propia carretera.

Existen muchos problemas puntuales en cuanto a la evacuación en caso de sismos, pero señalaremos dos casos:

1. Uno, el colegio ubicado sobre la Panamericana, dentro de una zona militar (ver en la lámina N°23 el caso 3). El riesgo crece en caso de riesgo severo por la cercanía a una av. de alta velocidad. La evacuación está restringida por esto.
2. El colegio "Mafalda Lama", ubicado en una depresión y sin área libre de evacuación.

A medida que la ciudad se expande y se densifica, si no existe un plan de prevención de desastres se va creando espontáneamente focos de riesgo de peligro alto no sólo frente a sismos sino también frente a un Fenómeno "El Niño".

8.0 CAPITULO VIII .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y alcances planteados al iniciar éste proyecto de investigación y luego de su desarrollo, podemos decir que estos objetivos han sido alcanzados, dejando una base referencial bastante representativa, lo suficiente como para servir de aporte en los planes de prevención y mitigación que se creen, y para resaltar los problemas físico-sociales de la zona, a fin de que se tomen acciones inmediatas para solucionarlos.

Del desarrollo del proyecto en mención presentamos las conclusiones finales a que se llegó en cada uno de los aspectos tratados.

- Conclusiones de los antecedentes de desastres en la Ciudad:
 1. De acuerdo a los antecedentes históricos y a su ubicación geográfica, la ciudad de Tumbes está amenazada permanentemente por dos tipos de desastre ocasionados por fenómenos naturales; estos son:
 - Desastre ocasionado por el fenómeno "El Niño" (1925 y 1983).
 - Desastre causado por Sismos (1953 y 1970).

El análisis de las condiciones naturales y la infraestructura urbana está referida a estos dos aspectos para facilitar la prevención con fines de mitigación de desastres.

2. Se estima que el fenómeno "El Niño" de efectos moderados ocurre cada 7 u 8 años; y, un sismo de grado 7 (escala de Richter) cada 22 años aproximadamente (estas estimaciones son muy generales).

De acuerdo a esto la población espera en los actuales momentos la ocurrencia de cualquiera de estos dos fenómenos.

- Conclusiones del aspecto Socio-Económico:

1. La población de la ciudad de Tumbes que es de 60,000 hab. aproximadamente representa prácticamente el 50% del Dpto. (144,000 hab.) este porcentaje se viene incrementando desde 1941 por lo que se concluye que la capital tumbesina se viene urbanizando permanentemente.
2. El porcentaje de la población militar viene decreciendo porque no crece al ritmo de la población civil.
3. Aproximadamente el 60% de la población de la ciudad es flotante (no reside permanentemente) por la actividad fronteriza considerandose la ciudad como una base para las actividades socio-económicas de la región.
4. El PEA de la ciudad que es del orden del 30% con respecto al Dpto., tiene sus principales actividades en Servicios, Comercio, Agricultura y Pesca.
La ciudad se soporta económicamente en estas actividades. Es necesario decir que la agricultura se basa en la producción de: arroz, plátano, limón

y soya; y la pesca en, además de los peces, los langostinos y las conchas negras.

5. La industria Langostinera es la principal fuente de producción a nivel departamental, por su ubicación muy cercana a la ciudad, le dá una importancia estratégica a esta última.

- Conclusiones de las condiciones naturales de la ciudad:

1. La principal característica geomorfológica de la ciudad de Tumbes es que se ubica en una zona límite, entre una completamente accidentada y otra plana (la división lo marca la av. Panamericana y el rio Tumbes). La zona accidentada es atravesada por pequeñas y grandes quebradas, donde las mayores dirigen sus depresiones hacia las zonas planas (baja), esta zona forma parte de la terraza fluvio-aluvial característica de la margen izquierda del rio y que se extiende hasta el litoral.

La zona baja está a 5 m.s.n.m. y la alta varía desde 5 hasta 40 m.s.n.m. con pendientes topográficas de hasta 17%; todo esto hace que la ciudad presente grandes restricciones en el desarrollo de su infraestructura.

2. Los suelos están compuestos en toda la ciudad, por arcillas y arenas, existiendo en algunos lugares material orgánico y calizas; de perfiles de suelo no definidos, la zona baja tiene una capacidad de 0.5 k/cm². en promedio y la alta entre 0.6 y 1.5 k/cm².

En la zona baja el suelo es menos compacto que en la alta (salvo en las depresiones de las quebradas) por lo que podemos decir que los suelos

presentan condiciones muy desfavorables para cualquier asentamiento humano.

3. Las lluvias promedio anuales son de 172 mm, pero en el fenómeno "El Niño" estas llegaron a 1524 mm anuales (1925), 1873 mm (1932) y 4000 mm (1983), aquí se debe decir que podrían calificarse estas lluvias en dos tipos: las lluvias rápidas, (375 mm/24 horas en 1925) ó lluvias menores pero permanentes a lo largo del año (1983)
4. El río Tumbes tiene una pendiente frente a la ciudad del orden del 3 0/00, de cauce divagante y con problemas de sedimentación y efecto de mareas; es el que provoca las inundaciones cuando las crecidas son del orden de 1,500 m³/seg. (1983). Estas avenidas, según estudios no guardan relación con el fenómeno "El Niño" pues en 1975 el río alcanzó un $q = 3,400$ m/seg. (Puyango), $q = 3,000$ m/seg. (1953), etc.
5. En la zona baja el nivel freático es otro problema pues está a 0.5 mts. de la superficie.
6. En resumen: La topografía, el suelo, las lluvias y el río son los principales generadores de desastres en la ciudad.
7. De acuerdo a la naturaleza de los suelos y a la presencia constante de agua (napa freática y lluvias) los efectos sísmicos probables en la ciudad son:
 - Amplificación de ondas y asentamientos, y probable licuación en la parte baja.
 - Amplificación de ondas, probables asentamientos y densificación en toda la parte alta.

8. Los fenómenos de "El Niño" generan los siguientes problemas en la ciudad:
 - Inundaciones causadas por el río y las lluvias.
 - Anegamiento por afloramiento de las aguas subterráneas.
 - Encharcamiento por causa del suelo suelto.
 - Erosión en pendientes pronunciadas por existencia de sales.
 - Expansión de suelos en algunos sectores.
- Conclusiones del estado actual y riesgo de desastre de la infraestructura urbana.
 1. La ciudad presenta un gran desorden funcional debido a su crecimiento sin planeamiento. Esto se refleja en los usos del suelo. Los núcleos comercial e institucional están centralizados en un sector de la "Ciudad Vieja"; El núcleo educativo principal se encuentra lejos de las áreas residenciales; no hay además suficientes áreas de recreación y el equipamiento general es deficiente.
 2. Es necesario resaltar que el uso militar dentro de la ciudad y la ubicación del cementerio, son completamente discordantes con el desarrollo urbano, pues la restringe grandemente.
 3. El tipo de construcciones de las viviendas de la ciudad, es un reflejo del nivel de recursos económicos de cada sector de la población, (en la periferia-bajos recursos-construcciones de caña y barro; en el centro de la ciudad-medio a altos recursos-construcciones de material noble) en lugar de ser un reflejo de seguridad la ubicación de estas construcciones.

4. Los materiales utilizados en las construcciones, son fabricados sin control, y la mano de obra no capacitada por lo general es deficiente, si agregamos a esto, la mala estructuración (sin criterio sísmico), tanto en las construcciones de material noble como de caña y barro, concluimos que la vulnerabilidad de las edificaciones frente a un desastre en la zona se estima de media a alta.
5. El riesgo de desastre en edificaciones se acentúa en las mismas zonas dañadas en mayor porcentaje en anteriores desastres, por la falta de reforzamiento, mantenimiento y en general por la falta de un reordenamiento desde el punto de vista de planeamiento físico.
6. Las redes del sistema vial y de los servicios vitales, presentan un cuadro de sumo peligro por su alto grado de vulnerabilidad, debido a su deterioro y mal diseño, además están físicamente mal ubicadas (algunos ramales principales). Debemos agregar que no existe una eficiente red de drenaje y, el servicio de desagüe sólo existe en la "Ciudad Vieja".
7. La carretera Panamericana, principal soporte económico-social de la ciudad está constantemente amenazada de destrucción por lluvias y erosión del río en el sector "El Cauce Viejo"; además actúa en algunos tramos (como en la zona de la "Ciudad Intermedia") como un dique de contención por encontrarse el nivel de su rasante por encima del nivel del terreno adyacente.
8. La utilización de la captación y planta de tratamiento de agua de la ciudad depende del comportamiento del río, el cual abastece de agua a la mayor parte del departamento.

- Conclusiones de lineamientos de planteamiento y planes de prevención:
 1. La evolución de la expansión urbana ha sido y es condicionada a diversos factores (naturales, estratégico-militares, infraestructurales y político administrativos), analizados en el desarrollo de éste proyecto.
 2. El crecimiento y desarrollo de la ciudad se realiza sobre tres patrones de asentamiento: patrón consolidado, (centro tradicional de la ciudad), en transición (condicionado por factores naturales e infraestructurales), y en expansión (periferia de la ciudad).
 3. La expansión urbana se realiza en la ciudad y sobre las vías principales (av. Panamericana y camino a San Juan), determinando estos, dos tipos de asentamientos: urbano y rural respectivamente.
 4. La expansión en la ciudad se desarrolla de manera espontánea (cerca a los servicios vitales y en zonas relativamente planas) y, en forma planeada ("Nuevo Tumbes"), la cual fué impulsada por los sucesos de 1983.
 5. Las posibles áreas favorables para una expansión urbana en la ciudad se encuentran en: La zona baja al NW (con restricciones para sus sistemas constructivos), en zona alta NE (es mejor zona, por su seguridad física, pero relativamente cara por la extensión de sus servicios y el tipo de suelo).
 6. No existen planes integrales de prevención de desastres naturales; sólo estudios puntuales que llegan hasta la etapa de pre-factibilidad. Podemos citar entre ellos la "Evacuación de aguas pluviales en la parte baja de la ciudad", "Protección de la Panamericana en el sector "Cauce Viejo",

“Defensas ribereñas” (plan integral), “Control de inundaciones de la quebrada Tumpis” (tesis de Grado), etc..

7. En caso de la ocurrencia de un sismo, existen dos focos altamente riesgosos en la ciudad. A los extremos de la céntrica av. Piura, (en los alrededores del mercado y en el cruce con la Panamericana). En el resto de la ciudad, los lugares abiertos y las posibles rutas de evacuación son relativamente funcionales.

La conclusión final es, que la ciudad de Tumbes, que está constanemente amenazada por los efectos de 2 tipos de fenómenos naturales, presenta las condiciones propicias para que se produzcan desastres , dependiendo su magnitud del grado de vulnerabilidad que presente en la ocurrencia de estos fenómenos, que por lo expuesto es relativamente alto.

El riesgo directo de pérdidas de vidas lo ocasionan los sismos, mientras que un fenómeno “El Niño” genera en mayor proporción el deterioro del nivel de vida a límites alarmantes.

La expansión y desarrollo de Tumbes es por todas estas razones muy restringida.

8.2 RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones están dirigidas hacia el aspecto de prevención física con fines de seguridad; sin embargo es necesario decir que, debe existir un plan de desarrollo integral, (físico-económico-social) que oriente cualquier proyecto a fin de obtener su máxima eficiencia. Cualquier plan regulador que se desarrolle

debe considerar estos aspectos. En general, las recomendaciones finales son las siguientes:

1. Para cualquier tipo de proyecto de desarrollo de la ciudad de Tumbes se debe considerar, necesariamente los efectos que puedan causar la ocurrencia de un fenómeno "El Niño" ó un sismo.
2. Específicamente, para la prevención física con fines de seguridad y futuro planeamiento, formulamos las recomendaciones siguientes:
 - a. Reordenamiento físico de los usos del suelo y un plan integral para la expansión, considerando la mitigación de desastres naturales.
 - En el aspecto de usos de suelo, es necesaria la descentralización del núcleo central (comercial, institucional, de servicios y transporte) hacia las áreas de la "Ciudad Intermedia" y "Nuevo Tumbes" (actualmente estas áreas dependen de este centro), para posteriormente dirigirlas a las zonas de expansión futuras, a fin de dar más fluidéz a las actividades socio-económicas y evitar la tugurización.

Actualmente, debido a esta centralización, se han densificado las malas construcciones de material noble en los ejes comerciales; además de esto, el núcleo educativo ("Ciudad Intermedia") está en zona inundable.
 - Teóricamente, el 80% de las viviendas de la zona baja, debería trasladarse a un lugar más seguro (presenta nivel freático casi superficial, suelo malo y alto riesgo de inundaciones), pero esto es impráctico y de alto costo, por lo que debe optarse por el

reordenamiento, reforzamiento y reestructuración de las edificaciones e infraestructura existente en esta zona. Posteriormente, en un planeamiento a mediano plazo, estas áreas deberían orientarse a ser libres ó de recreación.

- Debe evitarse en lo posible, una expansión hacia lugares accidentados, por el peligro físico y el encarecimiento de las construcciones así como de su equipamiento.
 - Los cuarteles militares y el cementerio deben trasladarse fuera de la ciudad mediante un plan de reubicación estratégico.
 - Se debe estudiar las mejores ubicaciones de la planta de tratamiento de agua y de energía eléctrica, por encontrarse la primera condicionada a las variaciones del cauce del río y la segunda muy cerca a la quebrada "El Nieto".
- b. Se debe realizar, urgente, una evaluación del estado de conservación y resistencia que presentan las principales obras base para la supervivencia de la población, y de las zonas de alto riesgo de desastre como:
- La carretera Panamericana, en el sector del "Cauce Viejo", y en la "Ciudad Intermedia", que deben ser reforzadas y deben tener un sistema de alcantarillas ó acueductos que eviten que esta carretera funcione como un dique.
 - El puente nuevo; su estudio debe ubicarse dentro del enfoque integral del río, sin embargo es necesario hacer una evaluación del estado de la resistencia actual de los pilares, por los probables efectos de erosión

debido a las mareas; se debe agregar que por este puente pasan las troncales de agua hacia Corrales, La Cruz y Zorritos.

- El hospital principal, que es el centro vital para la emergencia, está ubicado en la zona baja; por su aparente mal estado de conservación debe ser evaluado para su reforzamiento.
 - Es necesario hacer un estudio de vulnerabilidad de las edificaciones ubicadas en las zonas adyacentes al mercado (cruce con la calle Piura) y en la av. Panamericana, por existir un conglomerado de construcciones de mala estructuración. Además hacer esta misma evaluación en las edificaciones de caña y barro de gran altura en el centro de la ciudad.
- c. Las construcciones del sistema de drenaje de aguas pluviales deben clasificarse en dos tipos: Drenaje de pendientes pronunciadas (17%) y longitud corta (60 mts.) que es característico en la zona alta de la "Ciudad Vieja"; y, drenaje de pendientes moderadas (3%) de mayor longitud (1.5 Kms.) y con características de ser grandes colectoras (quebrada Tumpis, av. M. Castilla y "El Nieto").
- En la quebrada Tumpis se han hecho varias propuestas de solución, por ejemplo el drenaje con cunetas laterales, un canal de conducto cerrado con un eje en el centro de la pista, construcción de una presa de tierra en el vaso, etc., pero, el principal problema que presenta esta quebrada es el arrastre de sedimentos, por lo que se recomendaría analizar la siguiente propuesta:

- Forestar el vaso colector de la cuenca "El Tumpis".
 - Construir una estructura análoga al canal via, pero con las paredes laterales de altura variable. Esto amortiguaría además la erosión en las viviendas adyacentes.
- Se debe hacer un estudio de evacuación de las aguas pluviales de la av. Mariscal Castilla, porque el dren que existe queda inutilizado cuando el rio crece, porque el nivel de la superficie del agua sube a una cota mayor que el de la ciudad desbordandose por este dren.
- d. Cuando el rio llega a un caudal $q = 1,500 \text{ m}^3/\text{seg.}$, la parte baja se inunda por el canal "La Tuna"; es necesario entonces, construir la prolongación del Malecón Benavides en este sector, por lo menos 200 mts. más.
 - e. Un punto muy importante a tomar en cuenta es la pavimentación de las calles de la ciudad; esto amortiguaría el transporte de sedimentos y la erosión causados por el escurrimiento de aguas pluviales, además protegería las redes de agua y desagüe. Este estudio debe profundizarse sobre todo en la zona baja y en las calles por donde pasan las troncales principales de los servicios vitales.
 - f. El rediseño de la red de agua y desagüe debe ser total, a fin de reforzar las zonas y puntos más vulnerables.

En principio estas zonas y puntos son: La av. El Ejército desde Pampagrande hasta la quebrada Tumpis; la calle Los Tumpis; el punto de cruce entre la av. A. Ugarte y la quebrada "El Nieto"; sobre la av. Panamericana (En la "Ciudad Intermedia"), se debe decir que por este último punto pasan absolutamente todas las troncales dirigidas a las áreas

de expansión y a Puerto Pizarro. Si ocurre un corte aquí, todas estas zonas se quedan sin abastecimiento de agua.

g. Es muy urgente hacer estudios y proponer proyectos económicos de ejecución rápida sobre alternativas de sistemas constructivos en las edificaciones para enfrentar los desastres. Algunas consideraciones al respecto podrían ser las siguientes:

- Por ejemplo en viviendas de caña y barro, el sistema presentado, en el capítulo 6, que consiste en que el nivel del primer piso es más alto que el de la calle y la estructura es soportada por pilares de madera, es un sistema que debe ser analizado a profundidad porque su forma amortigua los efectos de las inundaciones.
- Los sistemas constructivos que se investiguen, deben referirse por lo general, a las construcciones de caña y barro en la parte baja y periferia de la ciudad; y, a construcciones de albañilería en las zonas centrales y altas.

h. Los estudios integrales del río e hidrogeología de la zona baja de la ciudad, son de gran alcance y demandan un alto costo, por lo que se considera su desarrollo y aplicación a mediano y largo plazo.

3. Para que estos planes de prevención sean ejecutados con eficiencia, se debe contar con un buen soporte en cuanto a la infraestructura, por tal motivo es necesaria la existencia de:

- Un departamento de planeamiento físico con fines de seguridad.
- Un banco de datos integral, relacionado con los sistemas de prevención.

- Un laboratorio de Mecánica de Suelos debidamente equipado.
- Un departamento técnico, especialmente destinado al control riguroso de la calidad de los materiales de construcción y de aplicación de los procedimientos constructivos adecuados para cada sector.

Todas estas recomendaciones puntuales formuladas, están referidas a los problemas comunes y característicos que se presenta en la ciudad; por tal motivo, es necesario recalcar, que debe existir un organismo permanente, encargado exclusivamente de no sólo realizar estudios específicos para mitigación, sino de hacer fácil la ejecución de estos en la zona.

Es necesario además, hacer que la población tome conciencia de los principales problemas que debe enfrentar en caso de la ocurrencia de un fenómeno que genere un desastre, para que sepa como actuar a fin de minimizar los daños. Par lograr esto, es necesario que esta población participe activamente en el desarrollo de los planes de prevención y mitigación que se desarrollen.

Este proyecto de investigación está en consecuencia destinado a servir de aporte a las alternativas de solución que se formulen en el desarrollo de un plan integral para el crecimiento seguro y sostenido de la ciudad de Tumbes.

9.0 BIBLIOGRAFIA

1. Bernardo M.,Ricardo; Control de inundaciones de la ciudad de Tumbes (Quebrada de Tumpis); Tesis de grado, UNI-FIC; Lima 1989.
2. Castro S.,Leonel; Efecto de las lluvias torrenciales de 1983 en las obras de ingeniería civil de Paita, Talara, Máncora y Tumbes; Tesis de grado, UNI-FIC; Lima 1984.
3. CISMID; Memorias del encuentro: Los desastres naturales y los planes de desarrollo económico y social de la Región Grau; CISMID-UNI; Lima, Setiembre 1990.
4. CISMID; Memorias del primer simposium nacional de prevención y mitigación de desastres naturales; CISMID-UNI-FIC; Lima, Junio 1987.
5. CISMID; Memorias del cuarto simposium de prevención y mitigación de desastres; CISMID-UNI-FIC; Lima, Mayo 1990.
6. CISMID; Memorias del seminario taller de dinámica de suelos; CISMID-UNI-FIC; Lima, Mayo 1991.
7. CISMID; Seminarios CISMID 1989, microzonificación sísmica, diseño sísmico de construcciones, planeamiento para mitigación de desastres; CISMID-UNI-FIC; Lima, Noviembre 1989.
8. CISMID; Seminarios CISMID 1990, en Ecuador, Colombia y Venezuela; CISMID-UNI-FIC; Lima, Diciembre 1990.

9. Cortazar, Pedro; Documental del Perú- Tumbes; Editorial DESA; Lima, Diciembre 1986.
10. CORTUMBES; Estudio de suelos para cimentación-edificio Banco de la Nación; Tumbes, Agosto 1976.
11. CORTUMBES; Informe de estudio de suelos-Tumbes (edificio de 4 pisos); Tumbes, Agosto 1981.
12. CORTUMBES; Estudio de suelos, proyecto Fonavi-Tumbes; Tumbes, Setiembre 1980.
13. ENACE; Proyecto Teatro-Tumbes; Lima, Noviembre 1983.
14. Gallegos,Héctor; Albañilería estructural; CIP; Lima, Setiembre 1990.
15. IGN - Ministerio de defensa; Atlas-Perú; P. Universidad Católica; Lima 1989.
16. IGN; Catálogo sísmico del Perú; Lima, 1986.
17. INADE-Proyecto Puyango-Tumbes; Estudio hidrológico de las áreas de riego peruanas del proyecto Puyango-Tumbes, estudio C.G.R.; P.E. Puyango Tumbes; Marzo 1990.
18. INADE-P.E. Puyango-Tumbes; Estudio de factibilidad-sismología; P.E Puyango-Tumbes; Tumbes, Mayo 1977.
19. INE; Tumbes, censos nacionales VIII de población, III de vivienda; INE- Lima 1981.
20. INP; Programa integral de rehabilitación y reconstrucción de las zonas afectadas por los desastres de la naturaleza; INP, Vol. I,II y III; Lima, Julio 1983.
21. Kuroiwa, Julio; Simplified microzonation method for urban planning; Memorias III conferencia internacional de microzonificación sísmica; Seattle, Junio-Julio 1982.

22. Kuroiwa, Julio; Mitigación de desastres en el proceso de desarrollo regional; Memorias III congreso nacional de ingeniería civil, Huaráz Perú; Lima, Setiembre 1988.
23. Michelena, Roberto; Informe de estudio de suelos, CEI-Tumbes; Lima, Abril 1975.
24. M.de Agricultura-PRONADRET-Tumbes; Plan de drenaje pluvial del barrio San José; P.E. Rehati-Tumbes; Tumbes, Marzo 1988.
25. M. de Agricultura-INAF; Estudio sismológico de la Presa Corral del Medio; P.E. AFATER; Piura, Octubre 1985.
26. M. de Agricultura, INAF-FAO; Primer proyecto de defensas ribereñas valle de Tumbes; PRONADRET-Tumbes; Tumbes, Julio 1987.
27. M. de Agricultura- PRONADRET; Proyecto de defensas ribereñas: valles de Tumbes, La Leche, Santa, Cañete e Ica; INAF-FAO, Lima 1987.
28. ONERN; Plan de reordenamiento ambiental para el desarrollo turístico, sectores: Playa Hermosa, Puerto Pizarro y Playa Jelí (Departamento de Tumbes); Lima, Diciembre 1983.
29. ONPU; Plan Director de Tumbes; ONPU, Lima 1967.
30. Petersen, Georg; Estudios climatológicos del Noroeste peruano; Lima 1970.
31. Petersen, Georg; Historia Marítima del Perú; Lima, 1973.
32. Rocha, A. IA; Enfoque integral del control de avenidas en el río Tumbes; INADE-CORTUMBES; Lima, Julio 1984.
33. Rocha, A. IA; Estudio del tratamiento a corto plazo de las avenidas del río Tumbes - segunda etapa; INADE_CORTUMBES; Lima, Enero 1985.
34. Rojo A., Cesar; Informe de suelos, Pavimentación de la av. Tente. Vasquez; Lima, Mayo 1984.

35. Vivar R., German; Informe geotécnico - UNT; Lima, Abril 1987.