



**INSTITUTO NACIONAL DE  
DEFENSA CIVIL  
INDECI**

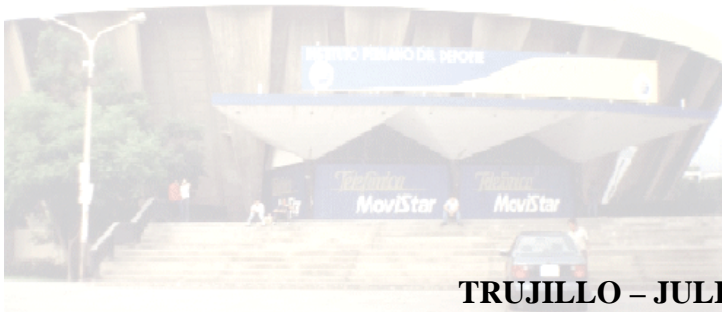


**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE TRUJILLO  
UNT**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN DESASTRES Y MEDIO AMBIENTE  
IIDMA**

# **MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO Y ZONAS ALEDAÑAS**

**PRIMERA ETAPA DEL PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES**



**TRUJILLO – JULIO – 2002**

## CONVENIO DE EJECUCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

UNT  
INDECI

### FUNCIONARIOS

- Magister Huber Rodríguez Nomura, Rector de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Magister Segundo Seijas Velásquez, Director del Instituto de Investigación en Desastres y Medio Ambiente.
- Contralmirante (r) Luis Podestá Llosa, Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Ingeniero Alfredo Pérez Galeno, Director Técnico Nacional de INDECI.
- Ingeniero César Chonate Vergara, Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil – Trujillo.

## **COORDINACIÓN Y EJECUCIÓN DEL ESTUDIO**

**COORDINADOR GENERAL:** Ms. Ing. Donato Cárdenas Alayo

**COORDINADOR TÉCNICO – CIENTÍFICO:** Ing. Rolando Jara Díaz

### **EQUIPO TÉCNICO – CIENTÍFICO:**

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| Dra. Mblg. | Nélida Murga Gutiérrez     |
| Ms. Blgo.  | Angelita Cabrera Cabrera   |
| Ms. Ing.   | Anselmo Carrasco Silva     |
| Ms. Econ.  | Lorenzo Rojas Mallqui      |
| Ms. Arq.   | Leyla Morán Castillo       |
| Ing.       | Moisés Gayoso Paredes      |
| Ing.       | Walter Cojal Loli          |
| Ing.       | José Luis González Sánchez |
| Ing.       | Percy Díaz Chinchayhuara   |
| Bach.      | Carlos Cipriano Cabrera    |

### **SECRETARIA:**

Srta. Melva Díaz Campos

## PRESENTACIÓN

La Universidad Nacional de Trujillo (UNT), a través de su Instituto de Investigación en Desastres y Medio ambiente (IIDMA), tiene como uno de sus fines principales realizar Proyección Social hacia la comunidad; participando en la elaboración y ejecución de Programas de Desarrollo integral de nuestra ciudad y zonas aledañas, mas aún si ha sufrido efectos de desastres naturales.

En la última década, instituciones públicas como el INADUR (Instituto Nacional de Desarrollo), INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), etc. están desarrollando estudios para evaluar peligros naturales y Antropogénicos de modo que se pueda identificar las acciones pertinentes para evitar o mitigar los daños que podrían ocasionar.

En este contexto, en Agosto del 2001, la UNT e INDECI suscribieron un Convenio Marco y en base a este un Convenio Específico, que encargaba a la UNT la realización del estudio: “Mapa de Peligros de la Ciudad de Trujillo y Zonas Aledañas”, como una primera etapa, dentro del Programa CIUDADES SOSTENIBLES, que en su segunda y tercera etapa deberá completarse, con los estudios de Uso de Suelos y Medidas de Mitigación de los Desastres, respectivamente.

El presente estudio, en consecuencia, servirá como base, para que las siguientes etapas permitan a que Trujillo se convierta en una Ciudad Sostenible.

Esperamos que el documento que aquí presentamos, incentive la conciencia de las instituciones locales, públicas y privadas, que dejándose de intereses políticos se preocupen mas de propiciar el desarrollo sostenible de nuestra ciudad y ciudades de nuestro entorno.

Trujillo, Julio 2002

## RESUMEN

El presente estudio denominado MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO Y ZONAS ALEDAÑAS, identificó los peligros naturales y antropogénicos, a los que están expuestos las ciudades de Trujillo, La Esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Huanchaco, Víctor Larco y Moche.

En el área de estudio puede identificarse como zona ALTAMENTE PELIGROSA a .....  
por lo que está prohibida para fines urbanos, en cambio puede usarse como reserva ecológica, recreación abierta o para cultivo de plantas de ciclo corto.

Así mismo, se considera zona PELIGROSA, a.....  
en consecuencia su uso urbano se permitirá luego de efectuarse estudios detallados y especializados, se recomienda para usos urbanos de baja densidad.

Por otro lado tenemos como zona de PELIGRO MEDIO, a.....  
que pueda darse uso urbano, con estudios geotécnicos normales.

Finalmente tenemos como zona de PELIGRO BAJO, a .....  
recomendada para usos urbanos de alta densidad y allí deberá ubicarse los edificios indispensables como hospitales, cuarteles de PNP, bomberos, centros educativos, etc.

**INDICE**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPITULO I.....</b>                                     | <b>001</b> |
| <b>GENERALIDADES.....</b>                                  | <b>001</b> |
| 1.1 Introducción.....                                      | 001        |
| 1.1.1 Antecedentes.....                                    | 002        |
| 1.1.2 Objetivos.....                                       | 002        |
| 1.1.3 Importancia.....                                     | 002        |
| 1.2 Ciudades Sostenibles.....                              | 002        |
| 1.2.1 Definición.....                                      | 002        |
| 1.2.2 Características.....                                 | 003        |
| 1.3 Curitiba Ciudad Modelo.....                            | 004        |
| 1.4 Mapa de Peligros.....                                  | 005        |
| 1.4.1 Definición.....                                      | 005        |
| 1.4.2 Metodología de la Elaboración.....                   | 005        |
| A. Método General Simplificado.....                        | 005        |
| A.1 Fenómeno de Origen Geológico.....                      | 007        |
| A.2 Estudios Geológicos.....                               | 009        |
| A.3 Mecánica de Suelos.....                                | 009        |
| A.4 Actividad Volcánica.....                               | 010        |
| A.5 Tsunamis.....  | 011        |
| A.6 Fenómenos de Origen Climático o Hidrológico.....       | 011        |
| B. Método General Simplificado para Ciudades Pequeñas..... | 013        |
| C. Método Simplificado para Ciudades Medianas.....         | 014        |
| D. Estudios de Sitio.....                                  | 015        |
| E. Los Incendios – IC.....                                 | 016        |

**LISTA DE FIGURAS – CAPITULO I**

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 1.1 | Curitiba Ciudad Modelo.....  | 006 |
|            | Figura 1.1.a Vista General de la ciudad.....   | 006 |
|            | Figura 1.1.b Zonificación Urbana.....  | 006 |
|            | Figura 1.1.c Vía central rápida, exclusiva para buses.....   | 006 |
|            | Figura 1.1.d Sistema de Vías y tipos buses.....  | 006 |
|            | Figura 1.1.e Paradero “Tubo”. Pasajeros ingresando al bus.....   | 006 |
|            | Figura 1.1.f Bus biarticulado, cerca de su terminal. Curitiba, Brasil.....   | 006 |
| Figura 1.2 | Mapa de Peligro Sísmico Global (SGPA, 1999).....   | 008 |
| Figura 1.3 | Mapa de peligro sísmico de la ciudad de Chimbote<br>(Misión Japonesa / Sub- Comisión Técnica CRYRZA, 1970.....                             | 008 |
| Figura 1.4 | Mapa de peligros climáticos. Tesis CISMID<br>FIC: UNI/Prof. Manuel Hermoza 1999.....   | 012 |
| Figura 1.5 | Mapa de peligros de Chimbote,<br>Nuevo Chimbote (CEREN/PNUD/INADUR, 2000).....   | 013 |
| Figura 1.6 | Ejemplo de estudios de micro zonificación para ciudades pequeñas<br>en el caso de Aplao, Arequipa, Perú afectada por el sismo de 1979..... | 014 |
| Figura 1.7 | Ubicación Original y Final de un hospital en la selva<br>central -Peru Perú.....   | 015 |
| Figura 1.8 | Planta industrial al N-W de Lima y Plot-plan de acuerdo<br>a la importancia de edificios y contenidos.....                                 | 016 |
| Figura 1.9 | Politécnico A. Taboada dañado por El Niño 1982-83.....   | 016 |

**LISTA DE TABLAS**

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Tabla 1.1 | Sectores Según el Grado de Peligro..... | 007 |
|-----------|---|-----|

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPITULO II.....</b>   | <b>018</b> |
| <b>MARCO REGIONAL.....</b>  | <b>018</b> |
| 2.1 Aspecto Físico del Departamento de La Libertad.....                 | 018        |
| 2.1.1 Topografía.....   | 020        |
| 2.1.2 Hidrografía.....  | 021        |
| 2.1.3 Climatología.....   | 022        |
| 2.1.4 Geotecnia.....  | 024        |
| 2.1.5 Geología Regional.....  | 024        |
| 2.2 Aspecto Social del Departamento de La Libertad.....                 | 026        |
| 2.3 Aspecto Económico - Productivo del Departamento de La Libertad..... | 027        |
| 2.4 Biodiversidad del Departamento de La Libertad.....                  | 027        |
| A. Lomas costeras.....  | 028        |
| B. Ecosistemas marino intermareal.....                                  | 030        |
| C. Humedales.....   | 030        |
| D. Monte ribereño del río moche.....                                    | 031        |
| E. Bocana del río moche.....  | 032        |
| F. Flora cultivada en los parques de Trujillo.....                      | 033        |

#### LISTA DE FIGURAS – CAPITULO II

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura 2.1  | División Política de La Libertad.....                                   | 018 |
| Figura 2.2. | Vista del Asentamiento Humano Alto Trujillo.....                        | 022 |
| Figura 2.2  | El Cerro Campana, ubicado a 15 Km. al Norte de la ciudad de Trujillo... | 028 |
| Figura 2.3  | Vegetación del Cerro Campana en el mes de Agosto.....                   | 029 |
| Figura 2.4  | Phalacrocorax Boungainvilli.....  | 030 |
| Figura 2.5  | Cathartes Aura Jota.....  | 030 |
| Figura 2.6  | Larus Belcheri “Gaviota”.....   | 030 |
| Figura 2.7  | Numenius Phaeopus Hudsonicus.....                                       | 030 |
| Figura 2.8  | Schoenoplectus Californicus “Totora”, zona de Chan Chan.....            | 031 |
| Figura 2.19 | Typha Angustifolia “tifa”, zona de la Bocana.....                       | 032 |
| Figura 2.10 | Zonotrichia Capensis Peruviansis “Gorrión Peruano”.....                 | 032 |
| Figura 2.11 | Chotophaga Sulcirostris “guardacaballo”.....                            | 032 |
| Figura 2.12 | Nycticorax Nycticorax Hoactil “Huaco”.....                              | 032 |
| Figura 2.13 | Tanacetum Cinerarifolium “Margarita”.....                               | 033 |
| Figura 2.14 | Zantedeschia Aetiopica (L.) Spreng. “cartucho”.....                     | 033 |
| Figura 2.15 | Pyrocephalus Rubinus “Putilla” (hembra).....                            | 034 |
| Figura 2.16 | Columbina Cruziana “Tortolita”.....                                     | 034 |



**LISTA DE TABLAS – CAPITULO II**

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Tabla 2.1 | División Política y Población Censada del Dpto. de La Libertad..... | 018 |
| Tabla 2.2 | Tipos de Paisaje en algunos lugares del Dpto. de La Libertad.....   | 021 |
| Tabla 2.3 | Locales Escolares De La Provincia De Trujillo.....                  | 026 |
| Tabla 2.4 | Visitantes A Las Zonas Arqueológicas De Trujillo 1999.....          | 027 |

**CAPITULO III..... 035****DELIMITACION Y CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO..... 035**

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.1.   | Características Urbanas del Distrito de Trujillo y Zonas Aledañas..... | 035 |
| a.     | Centro Histórico.....  | 035 |
| b.     | Barrios Antiguos fuera del Centro Histórico.....                       | 038 |
| c.     | Zona de Urbanizaciones.....  | 039 |
| d.     | Zonas de Pueblos Jóvenes.....  | 039 |
| d.1.   | Pueblos Jóvenes Periféricos Zona Alta.....                             | 039 |
| d.2.   | Pueblos Jóvenes Periféricos Cercanos al Mar.....                       | 040 |
| d.3.   | Pueblos Jóvenes Ubicados dentro de la Ciudad.....                      | 040 |
| 3.1.1. | Características de la Problemática Poblacional y de Vivienda.....      | 042 |
| 3.2.   | Usos de Suelos en el Área de Estudio.....                              | 044 |
| a.     | Zona comercial.....  | 044 |
| b.     | Zona Residencial.....  | 045 |
| c.     | Zona Industrial.....   | 045 |
| 3.3.   | Sistema Vial Regional.....   | 046 |
| a.     | Vías de Carácter Nacional.....   | 047 |
| b.     | Vías de Enlace Regional.....   | 047 |
| c.     | Vías Metropolitanas.....   | 047 |
| d.     | Vías de Carácter Local.....  | 048 |
| 3.4.   | Tendencias de Expansión Urbana.....                                    | 050 |
| 3.5.   | Servicios Básicos.....   | 051 |
| a)     | La fuente superficial del Río Santa.....                               | 051 |
| b)     | La fuente subterránea.....   | 052 |
| 3.6.   | Caracterización Físico Geográfica.....                                 | 062 |
| 3.6.1. | Clima.....   | 062 |
| 3.6.2. | Geomorfología.....   | 064 |
| 3.6.3. | Hidrología del área de estudio.....                                    | 068 |
| A.     | Cuenca del Río Moche.....  | 068 |
| B.     | Quebrada San Ildefonso.....  | 072 |
| C.     | Quebrada El León (Río Seco).....                                       | 073 |
| 3.6.4. | Nivel freático del área de estudio.....                                | 074 |
| 3.6.5. | geología del área de estudio.....                                      | 080 |
| A.     | estratigrafía.....   | 080 |
| a)     | jurásico superior: formación Chicama.....                              | 080 |

|   |     |
|---|-----|
| b) Cretáceo inferior: formación Casma.....  | 080 |
| c) Cuaternario pleistoceno y reciente.....  | 080 |
| 3.6.6. Características hidrogeológicas..... | 085 |
| 3.6.7. Hidrografía.....                     | 099 |
| 3.6.8. Topografía.....                      | 100 |
| 3.6.9. Mecánica de suelos.....              | 102 |
| 3.6.10. Geotectónica.....                   | 113 |
| 3.6.11. Dinámica de Suelos.....             | 134 |
| 3.6.12. Nivel Freático.....                 | 148 |
| 3.6.13. Antecedentes de Desastres.....      | 149 |

## LISTA DE FIGURAS

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| Figura 3.1   | Centro Histórico de Trujillo.....  | 038 |
| Figura 3.2   | Extensión del Continuo Urbano.....   | 041 |
| Figura 3.3   | Plano de Zonificación General.....   | 046 |
| Figura 3.4   | Red Vial Básica – Anillos Viales.....  | 049 |
| Figura 3.5   | Mapa Eólico con Periodo de Recurrencia de 50 Años.....   | 063 |
| Figura 3.6   | Prolongación del Cerro “Blanco”.....   | 066 |
| Figura 3.7   | Afloramientos rocosos tipo granodioríticos de la parte alta<br>Quebrada San Idelfonso.....   | 066 |
| Figura 3.8   | Acantilado del Río Seco – Huanchaco.....   | 067 |
| Figura 3.9.  | Flanco norte del Cerro “Cabras”.....   | 082 |
| Figura 3.10. | Cauce de la Quebrada “San Idelfonso”.....  | 083 |
| Figura 3.11  | Zona Alta del Distrito La Esperanza donde se aprecia el<br>Cerro “Cabras” (656 m.s.n.m.).....  | 084 |
| Figura 3.12  | Cerro “Blanco”, afloramiento granodiorítico.....   | 085 |
| Figura 3.13  | Acantilado fluvio-aluvial de la zona “El Boquerón” de Huanchaco.....   | 096 |
| Figura 3.14  | Cauce de la Quebrada de Río Seco y el acantilado sobre su<br>margen izquierda, a 400 m antes de su desembocadura al mar<br>de Huanchaco..... | 097 |
| Figura 3.15  | Sismotectónico del Perú –Zona de Trujillo.....   | 116 |
| Figura 3.16  | Profundidad Local de la Actividad Sísmica C-10.....  | 120 |
| Figura 3.17  | Profundidad Local de la Actividad Sísmica C-11.....  | 120 |
| Figura 3.18  | Profundidad Local de la Actividad Sísmica C-12.....  | 121 |
| Figura 3.19  | Fuentes Sísmicas Continentales (0-70km) y Subducción Superficial<br>(0-70 km) de la Zona de Estudio.....                                     | 128 |
| Figura 3.20  | Fuentes Sísmicas de Subducción Intermedia (71-300 km) y Profunda<br>(500-700 km) de la Zona de Estudio.....                                  | 129 |
| Figura 3.21  | Curva de Aceleración Máxima Vs. Periodo de Retorno.....  | 130 |
| Figura 3.22  | Curva de Aceleración Máxima Vs. Riesgo Sísmico Anual.....  | 131 |
| Figura 3.23  | Espectros de Aceleración Promedio correspondientes a diferentes<br>condiciones del Subsuelo. Ref. Seed (1987).....                           | 137 |
| Figura 3.24  | Esquema para evaluar los Efectos Locales del Suelo. Ref.   |     |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
|             | Schnabelet al (1972).....  | 139 |
| Figura 3.25 | Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de Buenos Aires....           | 145 |
| Figura 3.26 | Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de Monserrate.....            | 146 |
| Figura 3.27 | Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de Trujillo<br>Histórico..... | 146 |
| Figura 3.28 | Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de La Esperanza....           | 147 |
| Figura 3.29 | Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de La Esperanza....           | 147 |
| Figura 3.30 | Mapa de Isosistas del terremoto del Norte de 19 de Febrero de 1619.....        | 150 |
| Figura 3.31 | Mapa de Isosistas del sismo de la Libertad del 2 de setiembre de 1759...       | 151 |
| Figura 3.32 | Mapa de Isosistas del Sismo de Trujillo del 28 de Setiembre de 1906....        | 152 |
| Figura 3.33 | Mapa de Isosistas del Sismo del 20 de Mayo de 1917.....                        | 154 |
| Figura 3.34 | Mapa de Isosistas del Sismo del 21 de Junio de 1937.....                       | 155 |
| Figura 3.35 | Mapa de Isosistas del Sismo del 17 de Octubre de 1966.....                     | 157 |
| Figura 3.36 | Mapa de Isosistas del Sismo del 31 de Mayo de 1970.....                        | 158 |

### LISTA DE TABLAS

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tabla 3.1   | División Política de La Provincia De Trujillo.....  | 042 |
| Tabla 3.2   | Colectores a renovar en el Centro Cívico.....   | 054 |
| Tabla 3.3   | Colectores a renovar en el Alambre, Santa Isabel, San Salvador,<br>San Nicolás, Sanchez Carrión y Av. Mansiche..... | 055 |
| Tabla 3.4   | Colectores a renovar en Intendencia y el Molino.....  | 056 |
| Tabla 3.5   | Colectores a renovar en La Noria, El Bosque y Santo Dominguito.....   | 058 |
| Tabla 3.6   | Colectores a renovar en Huerta Grande, Primavera y Quintanas.....   | 059 |
| Tabla 3.7   | Colectores a renovar en Pay Pay, Los Granados, Chimu, Razuri<br>y Daniel Hoyle.....                                 | 060 |
| Tabla 3.8   | Colectores a renovar en Aranjuez, Palermo, Chicago y El Sol.....  | 061 |
| Tabla 3.9-A | Resumen de datos meteorológicos cuenca del Río Moche.....   | 070 |
| Tabla 3.9-B | Leyenda del diagrama fluvial cuenca del Río Moche.....  | 071 |
| Tabla 3.10  | Grandes Sismos Peruanos.....  | 125 |
| Tabla 3.11  | Coordenadas Geográficas de las Fuentes para Trujillo.....   | 132 |
| Tabla 3.12  | Parámetros Sismológicos de las Fuentes para Trujillo.....   | 132 |
| Tabla 3.13. | Valores Referenciales para la Selección de Movimientos Sísmicos<br>de Diseño.....                                   | 133 |
| Tabla 3.14  | Resultados de Aceleraciones Máximas de la Ciudad de Trujillo.....   | 133 |
| Tabla 3.14  | Movimientos sísmicos usados para evaluar la respuesta sísmica en<br>la Ciudad de Trujillo.....                      | 142 |
| Tabla 3.15  | Características del Acelerograma.....   | 143 |
| Tabla 3.16  | Periodo Fundamental del Suelo.....  | 144 |
| Tabla 3.17  | Amplificación de la Aceleración.....  | 145 |
| Tabla 3.18  | Nivel freático de la ciudad de Trujillo.....  | 148 |
| Tabla 3.19  | Sismos y Tsunamis en la Costa Peruana 1555-2001.....  | 159 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPITULO IV.....</b>  | <b>161</b> |
| <b>EVALUACION DE PELIGROS.....</b>   | <b>161</b> |
| 4.1. Geodinámica Externa.....  | 161        |
| 4.1.1. Impacto de la acción pluvial.....   | 161        |
| a) Activación de las quebradas.....  | 161        |
| b) Elevación del nivel freático.....   | 172        |
| c) Impacto de acción marítima .....  | 176        |
| d) Impacto de la acción eólica.....  | 176        |
| d) Arenamiento de superficie.....  | 176        |
| 4.2. Geodinámica Interna.....  | 177        |
| 4.1.1.-Impacto de la acción sísmica.....   | 177        |
| a) Intensidades de IX Mercalli.....  | 178        |
| b) Intensidades de VIII <sup>+</sup> Mercalli.....   | 178        |
| a) Intensidades de VIII Mercalli.....  | 179        |
| b) Intensidades de VII Mercalli.....   | 179        |
| 4.1.2.-Impacto de la acción tsunamigénica.....   | 179        |
| 4.3. Desastres Antropogénicos o tecnológicos.....  | 183        |
| a) Incendios en zonas tugurizadas.....   | 183        |
| b) Conflagración por GLP (gas licuado de petróleo).....  | 185        |
| c) Contaminación ambiental.....  | 194        |
| c.1) Contaminación del aire.....   | 194        |
| c.2) Contaminación del agua.....   | 198        |
| c.3) Contaminación del suelo.....  | 201        |
| 4.4. Epidemiología de las enfermedades transmisibles.....  | 205        |
| 4.4.1. Enfermedades entéricas.....   | 206        |
| 4.4.2. Infecciones respiratorias agudas.....   | 213        |
| 4.4.3. Tuberculosis.....   | 215        |
| 4.4.4. Enfermedades inmunoprevenibles.....   | 216        |
| 4.4.5. Enfermedades transmitidas por vectores.....   | 220        |
| 4.4.6. Otras enfermedades transmisibles.....   | 228        |
| 4.5. Pobreza en el área de estudio.....  | 232        |
| 4.5.1) Métodos de medición.....  | 232        |
| a) El método de necesidades básicas insatisfechas.....   | 233        |
| 4.6. Aspecto educacional del área de estudio.....  | 245        |
| 4.6. Sistema de información geográfica de los peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledaña..... | 256        |
| 4.6.1. Metodología General.....  | 256        |

**LISTA DE FIGURAS – CAPITULO IV**

|                   |  |            |
|-------------------|--|------------|
| Figura 4.1        | Grifo de la Panamericana Sur.....  | 195        |
| Figura 4.2        | Briquetera del Cerro Pesqueda.....   | 196        |
| Figura 4.3        | Ladrillera de la Campiña de Moche.....   | 197        |
| Figura 4.4.       | Quema de latas y llantas viejas en el “botadero El Milagro de Trujillo”  | 197        |
| Figura 4.5        | Curtiembre “La Rivera” ubicada en la Panamericana Sur.....   | 198        |
| Figura 4.6        | Efluentes de la curtiembre “La Rivera” desembocando en uno de los canales del Río Moche.....                                       | 199        |
| Figura 4.7        | Distribución porcentual de las 122 curtiembres. 2002.....  | 199        |
| Figura 4.8        | Pozas de oxidación de Covicorte del distrito de Trujillo.....  | 201        |
| <b>Figura 4.9</b> | <b>Agua que sale de las pozas de oxidación con un DBO alto.....</b>  | <b>000</b> |
|                   | <b>LA FIGURA NO ESTA</b>   |            |
| Figura 4.10       | Basura de Hospitales.....  | 202        |
| Figura 4.11       | La familia se sienta a descansar y se prepara para tomar sus alimentos.  | 203        |
| Figura 4.12       | Después de las 6p.m. aparecen los chanchos en busca de alimento.....   | 203        |
| Figura 4.13       | Porcentajes de Parásitos Intestinales presentes en trabajadores del relleno “El Milagro” .Trujillo 2000.....                       | 204        |
| Figura 4.14       | Porcentajes de Parásitos Intestinales presentes en trabajadores del relleno “El Milagro” .Trujillo 2000.....                       | 205        |
| Figura 4.15       | Incidencia de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) según distritos de Trujillo, en años 2000 a 2002.....                          | 208        |
| Figura 4.16       | Viviendas en el sector Alto Trujillo del distrito El Porvenir.....   | 208        |
| Figura 4.17       | Panorama de las viviendas del sector Alto Trujillo del distrito El Porvenir.....   | 209        |
| Figura 4.18       | Viviendas reconstruidas en el sector Mampuesto del distrito El Porvenir.....   | 209        |
| Figura 4.19       | Lagunas de sedimentación del sector Valdivia Alta del distrito La Esperanza .....  | 210        |
| Figura 4.20       | Lagunas de sedimentación del sector El Tablazo del distrito Huanchaco.....   | 210        |
| Figura 4.21       | Incidencia y casos sospechosos de cólera según distritos de Trujillo, en años 1999 a 2001.....                                     | 212        |
| Figura 4.22       | Casos sospechosos de cólera en La Libertad, según meses y años 1999 a 2001.....  | 212        |
| Figura 4.23       | Incidencia de enfermedades respiratorias agudas (IRAs) en menores de 5 años, según distritos de Trujillo, en años 2000 a 2002..... | 214        |
| Figura 4.24       | Incidencia de tuberculosis según distritos de Trujillo (1999 a 2002).....  | 215        |
| Figura 4.25       | Anopheles hembra, vector de malaria.....   | 222        |
| Figura 4.26       | Incidencia de malaria por Plasmodium vivax (IVA) en distritos Moche y Laredo, en años 2000 a 2002.....                             | 222        |
| Figura 4.27       | Canal de riego de caña de azúcar con agua estancada, en Moche.....   | 223        |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figura 4.28 | Canal de drenaje con agua estancada, en sector Santa Rosa cerca al río Moche.....                               | 223 |
| Figura 4.29 | Agricultores en Moche, uno de ellos presentó malaria este año 2002....  | 224 |
| Figura 4.30 | Aedes Aegypti hembra, vector de dengue.....   | 225 |
| Figura 4.31 | Distritos de la provincia de Trujillo con dengue clásico, en el 2000 y el 2001.....                             | 226 |
| Figura 4.32 | Casos de dengue en la provincia de Trujillo, según meses en los años 2000 a 2002.....                           | 226 |
| Figura 4.33 | Casos de dengue en distritos de Trujillo, según años 2000 a 2002.....   | 227 |
| Figura 4.34 | Ejemplo de relación de la base geográfica con una base de datos en un SIG aplicado a la ciudad de Trujillo..... | 257 |
| Figura 4.35 | Modelo SIG aplicado al crecimiento urbano de la ciudad de Trujillo...   | 257 |

#### LISTA DE TABLAS – CAPITULO IV

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tabla 4.1   | Drenes construidos tantos abiertos como entubados.....  | 167 |
| Tabla 4.2   | Estado situacional de los drenes.....   | 168 |
| Tabla 4.3   | Resumen De Intensidades Mercalli Modificada.....  | 178 |
| Tabla 4.4   | Altura de la ola según Yamaguchi.....   | 180 |
| Tabla 4.5   | Altura de la ola según Silgado.....   | 180 |
| Tabla 4.6   | Altura de la ola según Katsuyaki Abe.....   | 180 |
| Tabla 4.7   | Incidencia acumulada y casos de enfermedades inmunoprevenibles en distritos de la provincia Trujillo, en el 2001..... | 216 |
| Tabla 4.8   | Casos de tétanos no neonatal y neonatal en distritos de Trujillo, 1997-2002.....                                      | 217 |
| Tabla 4.9   | Casos de tos ferina en los distritos de Trujillo, 2000 – 2002.....  | 217 |
| Tabla 4.10. | Casos de sarampión en distritos de Trujillo, 1997-2002.....   | 218 |
| Tabla 4.11  | Casos de parálisis flácida aguda en menores de 15 años de edad, de los distritos de Trujillo, 1997-2002.....          | 219 |
| Tabla 4.12  | Casos de rubéola en distritos de Trujillo, 1997-2002.....   | 219 |
| Tabla 4.13  | Indices de infestación aéctica en distritos de Trujillo, según meses del primer semestre del 2002.....                | 227 |
| Tabla 4.14  | Hogares con NBI por tipo indicador para Trujillo y Distritos aledaños 1993.....                                       | 246 |
| Tabla 4.15  | Población con NBI por tipo de indicador de Trujillo y Distritos aledaños 1993.....                                    | 247 |
| Tabla 4.16  | Población por N° de NBI en función al % de hogares con NBI de Trujillo y Distritos aledaños.....                      | 248 |
| Tabla 4.17  | Indicadores de Educación de Trujillo y Distritos aledaños.....  | 249 |
| Tabla 4.18  | Indicadores de Trabajo y Empleo de Trujillo y Distritos aledaños.....   | 250 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPITULO V.....</b>   | <b>258</b> |
| <b>RESULTADOS DE LOS MAPAS DE PELIGROS.....</b>                                    | <b>258</b> |
| 5.1. Mapa de peligros según capacidad Portante (M-5.1).....                        | 258        |
| 5.2. Mapa de Peligros Climáticos y Tsunamis (M-5.2).....                           | 258        |
| 5.3. Mapa de Peligros por contaminación Antropogénica (M-5.3).....                 | 258        |
| 5.4. Mapa de Peligros por Malaria y Dengue. (M-5.4).....                           | 258        |
| 5.5. Mapa de Pobreza (M-5.5).....  | 259        |
| 5.6. Mapa Poblacional de Trujillo (M-5.6).....                                     | 259        |
| 5.7. Mapa de Peligros General de la ciudad de Trujillo y zonas Aledañas (M-5.7)... | 259        |
| <br>   |            |
| <b>CAPITULO VI.....</b>  | <b>267</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>267</b> |
| 6.1 CONCLUSIONES.....  | 267        |
| 6.2 RECOMENDACIONES.....   | 268        |

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCION.-

##### 1.1.1 ANTECEDENTES

La seguridad de las personas esta garantizada legalmente por el Art. 3° de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, sin embargo por diversas circunstancias, millones de seres humanos en todo el mundo sufren de INSEGURIDAD, debido a los peligros naturales y Antropogénicos a los que están expuestos.

Los peligros naturales, tales como: Sismos, Tsunamis, Inundaciones, Deslizamientos, etc. son sin duda, los factores que mayor destrucción causan en las zonas pobladas, precisamente por falta de seguridad en sus edificaciones y por la mínima cultura de su prevención.

En años recientes, los peligros generados por el hombre, llamamos peligros antropogénicos o antrópicos, tales como Incendios, Contaminación ambiental, conflagraciones, etc. también han colocado a las poblaciones en situación de inseguridad, pues la destrucción evidente que podría darse, es un hecho.

En nuestro país, la realidad no es distinta, por ubicarnos en la zona del CINTURÓN DEL FUEGO, con un mar territorial propenso a las variaciones de temperatura condicionadas por la Corriente de Humboldt por lo que a través de nuestra historia ha sufrido innumerables desastres naturales y Antropogénicos.

Trujillo y las zonas pobladas aledañas, no son ajenos a los peligros naturales y antrópicos; por lo que será de vital importancia apuntar a lograr ciudades seguras y a futuro, ciudades sostenibles.

Un razonable plan de ordenamiento territorial debe comprender un plan de PREVENCIÓN Y MITIGACION DE DESASTRES, cuyo objetivo primordial debe ser, reducir las pérdidas humanas y materiales, de tal manera que no se interrumpa el desarrollo sostenido de la ciudad, como consecuencia de una catástrofe, que obstaculice de manera significativa el ritmo de su crecimiento social y económico. Ello se conseguirá si se reduce significativamente el RIESGO, que viene a ser el resultado de la exposición de la construcción hecha por el hombre, con el grado de vulnerabilidad que le es inherente, frente al PELIGRO al que será sometido. **Kuroiwa (2002)**.

En 1995, en el Perú se hizo una evaluación de los logros y problemas pendientes en cuanto a la seguridad frente a los fenómenos naturales externos, concluyéndose que los problemas más críticos eran:



- Poca difusión de conocimientos que permiten reducir drásticamente los efectos negativos de los fenómenos naturales destructivos, y
- Crecimiento rápido, continuo y caótico de las grandes y medianas ciudades, poniendo en grave riesgo a sus habitantes.

El segundo problema se enfrentó, desde 1998, con el Programa de Ciudades Sostenibles – Primera Etapa, que implica estudios de Mapa de Peligros, Plan de Uso de Suelos y Plan de Mitigación de los Efectos Producidos por los Desastres. **Kuroiwa (2002)**.

Entre 1999 – 2001, se ha realizado estudios completos y ordenanzas municipales, del Programa Ciudades Sostenibles – 1<sup>era</sup> Etapa, para las siguientes ciudades: Sullana, Ica, Talara, Chimbote, Chulucanas, Paita, Huarmey, Parcona, La Tinguña, San José de los Molinos, Tumbes, Aguas Verdes, Huancabamba, Nazca, Palpa.

A mediados del 2001 y finales de ese año, otras ciudades están en proceso de desarrollo sus proyectos de Ciudades Sostenibles – 1<sup>ra</sup> Etapa: Piura, Sechura, Arequipa, Trujillo, entre otras.

### **1.1.2 OBJETIVOS**

Los objetivos del presente estudio son:

- Determinar un área razonable para elaborar un mapa de peligros.
- Elaborar mapas del Aspecto Físico, Social, Económico – Productivo, de Biodiversidad de capacidad portante, de Inundaciones, de Epidemiología y de Amenazas ambientales.
- Evaluar los Peligros Naturales y Antropogénicos del área de estudio, representándolos en sus mapas respectivos.
- Elaborar un Mapa de Peligros consolidado, en base a los Mapas antes realizados.

### **1.1.3 IMPORTANCIA**

La Importancia, que tendrá la culminación del presente trabajo se traduce en que se presentará a las autoridades pertinentes, un documento Técnico – Científico que les permitirá tomar **como base** para la realización de la siguiente etapa del Programa de Ciudades Sostenibles, es decir elaborar el estudio del Plan de Uso de suelos para la reducción de desastres y disminución de costos de construcción.

## **1.2 CIUDADES SOSTENIBLES.-**

### **1.2.1 DEFINICIÓN.-**

Es aquella ciudad segura, ordenada, saludable, atractiva cultural y físicamente, eficiente en su funcionamiento y desarrollo, sin afectar al

medio ambiente y, como consecuencia de todo ello, **gobernable**. El objetivo final de una ciudad sostenible, es lograr que sea una ciudad **competitiva**, es decir, capaz de producir bienes y servicios de manera eficiente, que atraiga inversiones para crear nuevos puestos de trabajo, con lo que sería posible elevar la calidad de vida de sus habitantes de manera efectiva. **Kuroiwa (2002)**.

### 1.2.2 **CARACTERÍSTICAS.-**

- **CIUDAD SEGURA:** Atributo relacionado a que toma atinadas previsiones frente a los fenómenos naturales y antropogénicos externos y sus secuelas; los que provocan generalmente numerosas víctimas y cuantiosos daños materiales.
- **CIUDAD ORDENADA:** Se refiere a que la ciudad crece ordenadamente y sus habitantes se conducen apropiadamente, respetando las normas establecidas.  
El crecimiento ordenado supone un buen planeamiento físico, adecuada implementación y mantenimiento.
- **CIUDAD SALUDABLE:** Es decir una ciudad con agua, tierra y aire limpios. Donde se ha eliminado la contaminación causada por el parque automotor anticuado, aguas servidas vertidas al mar, recolección incompleta de los desechos sólidos, derrames de sustancias contaminantes, etc.
- **CIUDAD ATRACTIVA CULTURAL Y FÍSICAMENTE:** Es decir con un ambiente agradable y con posibilidades de gozar de una vida cultural rica.
- **EFICIENTE EN SU FUNCIONAMIENTO:** Con un equipo municipal capaz en el manejo administrativo y de los recursos, motivado a servir a su comunidad con dedicación, honestidad y transparencia, que tenga claros objetivos de su gestión a corto, mediano y largo plazos.  
Puede empezarse con Programas de fortalecimiento institucional de los municipios.
- **CIUDAD GOBERNABLE:** Es decir una ciudad donde se han eliminado los enfrentamientos inútiles, pues se han creado condiciones favorables para el progreso.  
El gobierno de la ciudad se elige democráticamente en función de los intereses de la mayoría ciudadana.
- **CIUDAD COMPETITIVA:** Es la consecuencia del desarrollo armónico de todos los atributos antes mencionados.

### 1.3 CURITIBA CIUDAD MODELO.- (Kuroiwa, 2002)

Curitiba es la capital del estado brasileño de PARANA, con 1 800 000 habitantes, ubicada en la Costa Atlántica.

Su lema “Desarrollo urbano con calidad de vida” procura un desarrollo sostenible basado en soluciones creativas y racionales.

Actualmente se le considera como **modelo de desarrollo urbano** a nivel internacional.

La zonificación de la ciudad define y reglamenta las áreas con funciones y parámetros de ocupaciones específicos para instalaciones industriales, preservación ambiental en el fondo de los valles inundables, conservación del centro histórico, zonas para el comercio y prestaciones de servicios, densificando las áreas cercanas a los ejes principales.

El crecimiento de la ciudad, además de sustentarse en la zonificación racional, se basa en la priorización del transporte colectivo sobre el individual, con vías de desplazamiento rápido del centro a la periferia, para autobuses (dos carriles) y para baja velocidad (otros dos carriles laterales)

En los extremos de los ejes, existen grandes terminales, donde se concentran los usuarios de barrios adyacentes que son conducidos a dichos puntos por líneas complementarias. De estas áreas se embarcan en las líneas expresas, que conducen al centro de la ciudad.

Una novedad en el transporte, son las estaciones tubo, donde se hace el pago anticipado del pasaje y le sirve para todo el sistema antes descrito.

Otro aspecto destacable en Curitiba, es la solución al problema de inundaciones, preservando las áreas útiles para drenaje natural y la prohibición con fines urbanos, asignándolas más bien para parques, lagos artificiales y recreación.

La compra de basura en los barrios pobres con bonos para el transporte y alimentos, y la contratación de jubilados desempleados para limpieza de zonas específicas hace de Curitiba una ciudad limpia.

Otro fenómeno que ayuda a su denominación de “Ciudad Ecológica de Brasil”, es la creación de la Universidad del Medio Ambiente, en donde no hay prerrequisito para ingresar, pues un taxista, un ingeniero o un estudiante pueden profundizar sus conocimientos y desarrollar investigaciones aplicadas de acuerdo a su entorno ambiental.

Su desarrollo económico, pasó de ser agrícola a Industrial (desde 1973) siendo los rubros prioritarios la industria mecánica, materiales eléctricos y de comunicaciones, equipos de transporte, diseño urbano, medicina quirúrgica, tecnología ambiental, mecánica de precisión.

Por todo lo mencionado, Curitiba inicia con merecido optimismo el siglo XXI, pues a pesar de tener los usuales problemas de ciudades del tercer mundo, como la pobreza de un sector de su población, al final es una ciudad digna de ser **visitada e imitada**.

#### **1.4 MAPA DE PELIGROS.-**

##### **1.4.1 DEFINICIÓN.-**

Es el resultado de la superposición de mapas de amenazas naturales y antropogénicas, elaborados para una determinada área geográfica, esos mapas han sido realizados con los respectivos estudios geológicos “in situ” y la información histórica.

##### **1.4.2 METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN.-**

###### **A. METODO GENERAL SIMPLIFICADO**

- a) Lo primero que se debe hacer es delimitar el área de estudio, debe ser la ciudad actual y las posibles zonas de expansión.
- b) Se determinan los fenómenos naturales y antropogénicos que amenazan el área de estudio, usando los estudios geológicos “in situ” y los datos históricos que se tengan a la mano.
- c) Para cada fenómeno identificado, se evalúa su grado de amenaza: MUY ALTO, ALTO, MEDIO y BAJO, y se fija sus límites geográficos de incidencia.
- d) En un mapa patrón se superponen los efectos de todos los mapas estudiados, considerando prioritariamente el peligro de mayor grado en cada sector.
- e) El mapa resultante del paso anterior, debe exponer los sectores clasificados en 4 niveles de amenaza, representados por los colores e indicaciones de la tabla 1.1



Fig.1.1.a Vista General de la ciudad.



Fig.1.1.c Vía central rápida, exclusiva para buses.



Fig.1.1.b Zonificación Urbana.

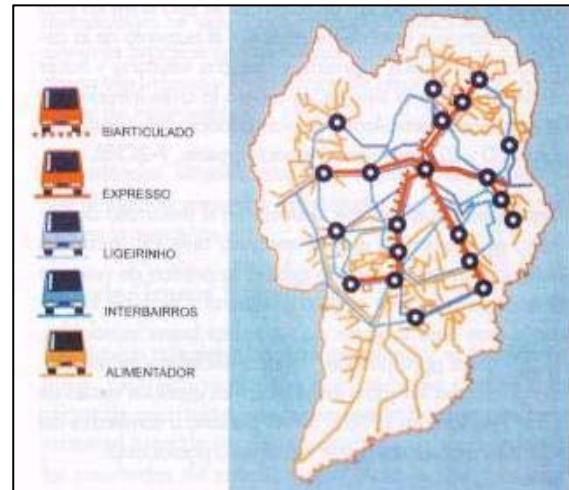


Fig.1.1.d Sistema de Vías y tipos buses.



Fig.1.1.e Paradero “Tubo”. Pasajeros ingresando al bus.



Fig. 1.1. f Bus biarticulado, cerca de su terminal. Curitiba, Brasil

**Fig.1.1 Curitiba Ciudad Modelo**

Tabla 1.1. Sectores Según el Grado de Peligro.

| <b>GRADO DE PELIGRO</b>            | <b>CARACTERÍSTICAS</b>  | <b>RESTRICCIONES Y RECOMENDACIONES DE USO</b>   |
|------------------------------------|---|---|
| Color Rojo:<br>ALTAMENTE PELIGROSO | a) Las fuerzas naturales o sus efectos son tan grandes que las construcciones efectuadas por el hombre no pueden resistir.<br>b) De ocurrir el fenómeno las pérdidas llegan al 100%.<br>c) El costo para reducir los daños es alto. | - Prohibido su uso con fines urbanos.<br>- Se recomienda usarlos como reservas ecológicas, recreación abierta o para cultivo de plantas de ciclo corto. |
| Color Naranja:<br>PELIGROSO        | a) La amenaza natural es alta pero se puede tomar medidas efectivas de reducción de daños a costos aceptables, utilizando técnicas y materiales adecuados.  | - Se permite su uso urbano después de estudios detallados por especialistas con experiencia.<br>- Recomendable para usos urbanos de baja densidad.      |
| Color Amarillo:<br>PELIGRO MEDIO   | a) Amenaza natural moderada.  | - Adecuado para usos urbanos.<br>- Investigaciones geotectónicas normales.  |
| Color Verde:<br>PELIGRO BAJO       | a) Suelo con baja amplificación de ondas sísmicas.<br>b) Remota probabilidad de fenómenos naturales intensos o falla gradual del suelo.   | - Ideal para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como Hospitales, Centros Educativos, PNP, Bomberos, etc.             |

## A.1 FENÓMENOS DE ORIGEN GEOLÓGICO

### • SISMOS

La sismicidad regional se determina cuantificando la actividad en la zona de influencia del área en estudio, basándose en la información histórica, registros instrumentales y en las características tectónicas. Un buen número de países de Latino América y El Caribe tienen zonificados sísmicamente sus territorios, y en ello se basa el coeficiente de zonificación (Z) de sus normas sismorresistentes.

Uniendo esfuerzos y trabajando en equipo, numerosas instituciones y personas de casi todos los países del mundo, produjeron el **Mapa de Peligro Sísmico Global** (GSHM, sel). Un grupo de distinguidos sismólogos (Giardini y otros, 1999)



compiló el aporte de lo que cada país había producido, y se coordinó por regiones Norte y Centro América, Sudamérica,



Fig. 1.2 Mapa de Peligro Sísmico Global (SGPA, 1999)

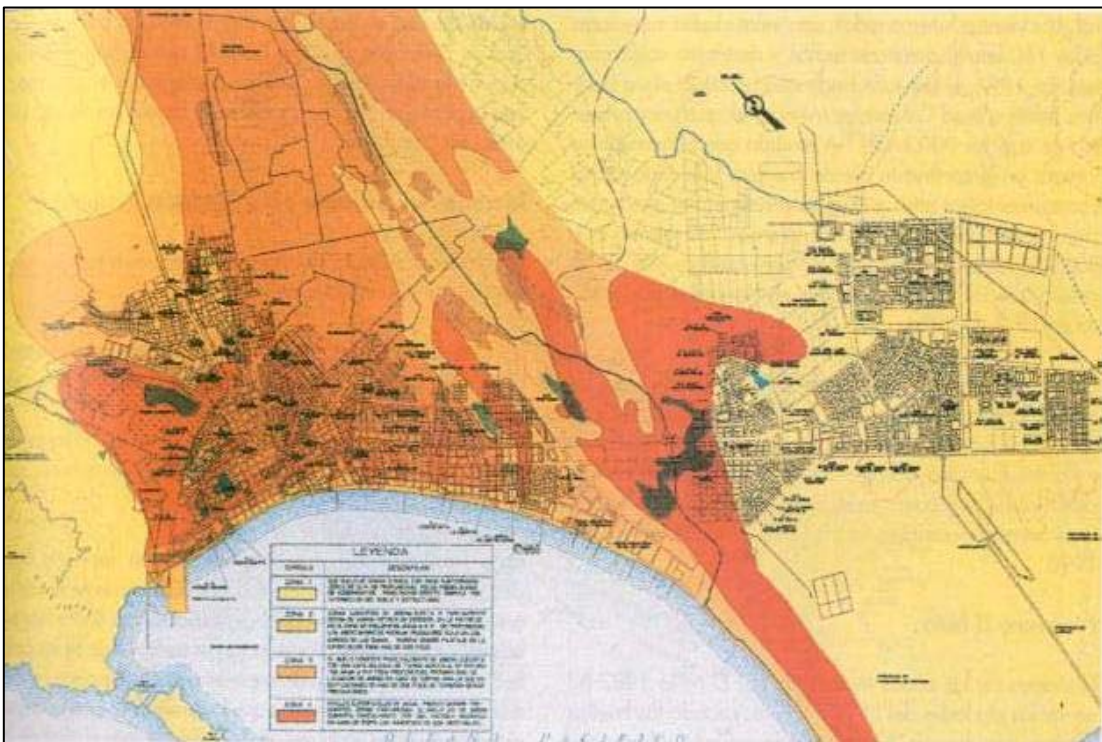


Fig. 1.3 Mapa de peligro sísmico de la ciudad de Chimbote (Misión Japonesa / Sub- Comisión Técnica CRYRZA, 1970)

África, S-W y S-E del Pacífico, Asia, Europa-Mediterránea. El mapa que se presenta en la Fig.1.2, muestra a colores, desde el mas claro (verde) a los mas oscuros (rojo y marrón) una creciente sismicidad. En este caso, el mapa presenta la aceleración pico en roca (entre 8 y 40% g.) con una probabilidad de excedencia del 10%, en un periodo de exposición de 50 años, periodo que corresponde a una etapa de retorno del evento de 475 años.

La intensidad sísmica probable a nivel local, se puede estimar determinando la amenaza en el sector de estudio, a partir de la sismicidad regional y las condiciones del sitio dadas por su geología, características del suelo y topografía. Las intensidades observadas en sismos que han afectado en el pasado el área de estudio, son de gran ayuda para decidir finalmente las intensidades esperadas. La Fig. 1.3 muestra el mapa de peligros sísmicos para Chimbote, Perú

## **A.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS**

A los tradicionales estudios de la estratigrafía, de la tectónica, de las características geohistóricas y de la hidrogeología, en las últimas décadas se han agregado otras disciplinas sobre inundaciones, deslizamientos, avalanchas, fallas de suelo y soliflucción, derrumbes, etc., con lo que los estudios geológicos son ahora integrales. Si bien, algunos de estos fenómenos no son de origen geológico, se incluyen aquí porque usualmente con el fin de facilitar las operaciones, son considerados en las investigaciones geológicas. Estos estudios comprenden los siguientes aspectos:

- Análisis de la morfología local.
- Estudio de la naturaleza de la roca basal y del suelo de cobertura.
- Identificación de los fenómenos que presentan peligro para las personas y las construcciones.
- Estudio del origen del fenómeno, su evolución y de los factores que contribuyen a su ocurrencia.
- Establecimiento de medidas preventivas para reducir o anular el riesgo.
- Establecimiento de límites de seguridad y preparación del mapa de microzonificación geológica.

La microzonificación geológica se usa para el planeamiento de uso de suelos para la reducción de desastres, para preparar el programa de exploración de suelos, y para la selección de los lugares donde se pueden medir micro trepidaciones con la mayor eficiencia. Todo esto se realiza para que los estudios de suelos sean eficientes y de menor costo.

## **A.3 MECÁNICA DE SUELOS**

La mecánica de suelos y la geología son estudios básicos necesarios en el desarrollo de la metodología de microzonificación. Los estudios de suelos son relativamente costosos, así que la ubicación de los puntos de prospección debe ser cuidadosamente escogida de acuerdo al estudio previo de la geología. Si se trata del desarrollo de complejos arquitectónicos, se requiere la distribución de las edificaciones (plot plan), incluyendo



los pesos estimados para determinar la profundidad de exploración. La capacidad portante del suelo a nivel de cimentación y la profundidad del nivel freático son dos de los datos mas importantes que se deben determinar en cualquier programa de exploración del suelo.

Dentro de los estudios geológicos y de mecánica de suelos en general, se consideran los **fenómenos geológico-climáticos** que incluyen posibles **fallas de suelos**. Estas se originan por las vibraciones producidas por sismos, como la **licuación** que ocurre en suelos granulares saturados y sueltos; o por **fallas de taludes o pendientes inclinadas**, cuando la carga se incrementa y la capacidad de corte se reduce, por vibraciones sísmicas o por humedecimiento del suelo. Los cambios en las propiedades del suelo provocadas por el agua pueden causar **expansión o colapso** de mismo, ocasionando levantamientos o hundimientos y la subsecuente falla de las construcciones.

Para prevenir daños a la cimentación y a las superestructuras debe estudiarse la presencia de sales que pueden disolverse en contacto con el agua, creando oquedades en el subsuelo, causando hundimientos o incrementando la agresividad química del suelo contra el concreto.

Los estudios de estas fallas se mapean, indicando los limites de los diferentes grados de intensidades con que ocurren; datos con los que se prepara el mapa de peligros.

#### A.4 ACTIVIDAD VOLCÁNICA

El principal objetivo de incluir el vulcanismo en los estudios de microzonificación, es aplicar los resultados en el planeamiento de uso de suelos para mitigar sus efectos en la costa occidental del Sur, Centro América y el Caribe.

Los fenómenos asociados a las erupciones volcánicas son: **flujos de lava, liberación de nubes de cenizas, avalanchas calientes y explosiones laterales, flujos de barro y escapes de gas y cenizas**. Estos fenómenos ocurren en la cumbre del volcán, cerca de ella en sus laderas, en general dentro de un radio de 5 a 10 Km. En casos de gran explosión puede alcanzar mayores distancias

El mapa de amenazas de muchos de los volcanes activos en las Américas aparece un pulpo: el cráter del volcán al centro es la cabeza roja, desde donde los flujos de lado se extienden, cual largos tentáculos.

## A.5 TSUNAMIS

En los últimos 450 años, las costas occidentales de Sur y Centro América, han sido abatidas numerosas veces por destructores tsunamis. El Callao, fue destruido en 1688 y 1746.

El tsunami de 1746 causo la muerte de 4 800 de sus 5 000 habitantes. Arica fue destruida en 1868 y la costa sur de Chile fue desbastada en 1960. En todos estos casos los tsunamis fueron generados por sismos de gran magnitud.

Un dato muy importante en una investigación sobre tsunamis, es el **tiempo de llegada de la primera ola** al punto de interés en la costa, después de ocurrido el sismo generador, pues este es el tiempo con que se cuenta para evacuar a la población amenazada. **La estimación de la altura de ola en la costa y la delimitación de la zona de inundación**, son los otros parámetros que es importante calcular y diagramar para preparar el mapa de peligros.

Los resultados de estos estudios sirven para organizar planes de emergencia y en el plan de uso de suelo, para reducir los daños que pudieran provocar los tsunamis.

## A.6 FENÓMENOS DE ORIGEN CLIMÁTICO O HIDROLÓGICO

### • HURACANES, TORMENTAS TROPICALES E INUNDACIONES

Los huracanes y las tormentas tropicales que atacan Centro América y el Caribe, obtienen su energía y agua del abundante vapor generado en las aguas tropicales del Atlántico y Pacífico. Las primeras se generan al oeste de África y avanzan hacia el N-W.

Cuando un huracán choca contra la costa, se producen grandes olas que causan inundaciones a lo largo del litoral. Los vientos huracanados, con velocidades superiores a los 150 Km/h, arrancan techos y destruyen edificaciones. En 1997, el huracán Linda que afecto la costa Pacífica frente a Baja California, México, alcanzo por primera vez casi los 300 Km/h. A medida que el huracán se interna en el continente pierde energía, y cuando choca contra montañas altas y frías se produce una condensación rápida que genera lluvias intensas, las mismas que pueden producir inundaciones devastadoras. Ya se ha comentado los efectos causados en Honduras por el Huracán N° 2 de 1934.

Es indispensable para los planes de mitigación, y uso de suelos, la confección de mapas de inundación a lo largo de los

ríos y costas de áreas amenazadas por huracanes y por los flujos de lodo que se desprenden de montañas deleznales; tal como ocurrió en las faldas del volcán Casitas en Nicaragua, durante el huracán Mitch, en 1998.

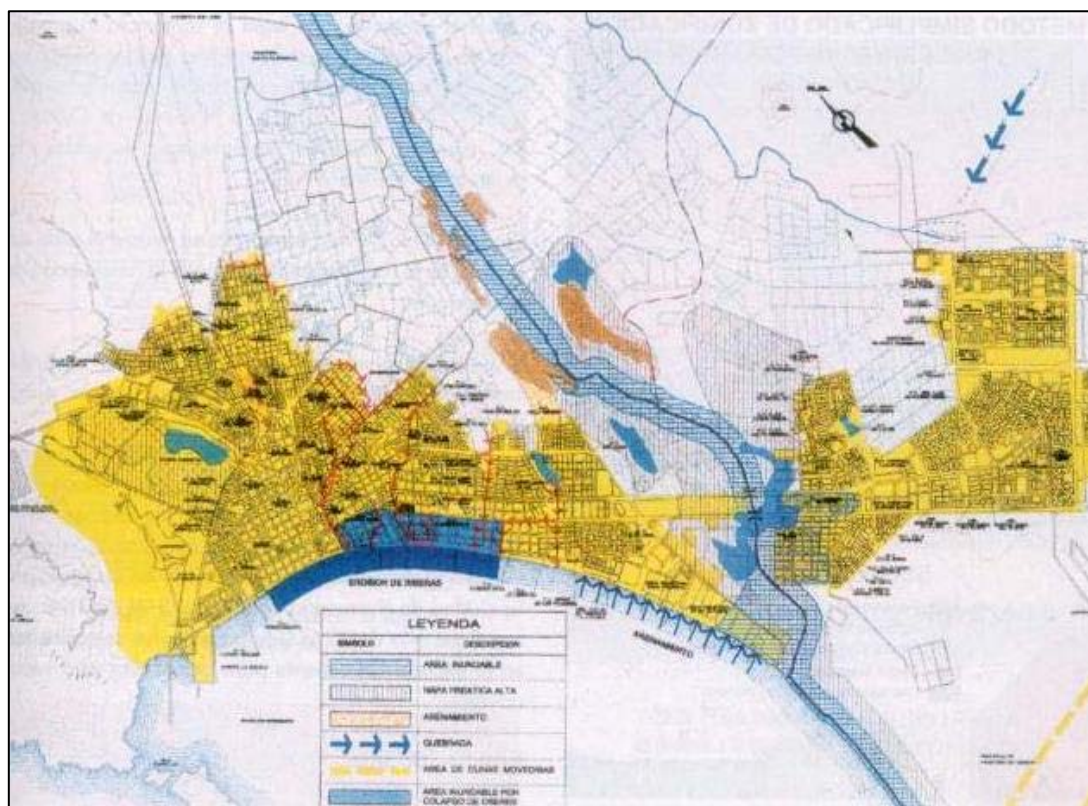


Fig. 1.4 Mapa de peligros climáticos. Tesis CISMID FIC: UNI/Prof. Manuel Hermoza 1999

- **FENÓMENO EL NIÑO**

El mapeo de las zonas inundadas por El Niño 1982-83 en varias ciudades del N-W del Perú, cuando las huellas estaban aun frescas, han aportado valiosas informaciones para estudiar El Niño 1997-98, preparar mapas de inundación tomar medidas preventivas, y acelerar la implementación del programa CS-1E.

Fig. 1.4 ilustra el Mapa de peligro climático para la Ciudad de Chimbote, Perú. La Fig. 1.5 que es la envolvente o la suma del mapa de peligro geológico y el climático. Este es el mapa de peligros utilizado en el plan de uso del suelo, en Chimbote.



Fig. 1.5 Mapa de peligros de Chimbote, Nuevo Chimbote (CEREN/PNUD/INADUR, 2000)

## B. METODO GENERAL SIMPLIFICADO PARA CIUDADES PEQUEÑAS

El área por investigar se reduce sustancialmente si se consideran los siguientes criterios:

- El crecimiento poblacional previsto para las próximas 3 a 4 décadas, de donde se puede deducir el área de expansión necesaria; y
- El medio de locomoción utilizada por la mayoría de los pobladores para trasladarse diariamente a su centro de actividad.

De acuerdo a ambas consideraciones, solo es necesario estudiar un par de kilómetros a la redonda. Enseguida se divide el área de expansión en sectores de características uniformes en cuanto a topografía y propiedades del suelo; luego se les califica, considerando que lo deseable es que el peligro sea medio a bajo frente a los fenómenos que la amenazan, que la capacidad portante del suelo sea alta o aceptable, que el nivel de la napa freática sea lo mas profundo posible y que el terreno sea plano o con poca inclinación. Estas consideraciones redundaran en mayor seguridad física y menor costo de construcción.



La pequeña ciudad de Aplao, después de ser afectada por el sismo de Arequipa, Perú en 1979, fue estudiada en 1980 e inspiró la metodología. Se le ha agregado una quebrada, para que el ejemplo sea más general. La población de Aplao proyectada el año 2000 es de 9 643 habitantes, Fig. 1.6.

### C. METODO SIMPLIFICADO PARA CIUDADES MEDIANAS

En las ciudades medianas existen zonas libres entre las áreas construidas y las que utilizan los vehículos para el transporte público; por consiguiente, las áreas por desarrollar son extensas y existen otras alternativas de terrenos por analizar.

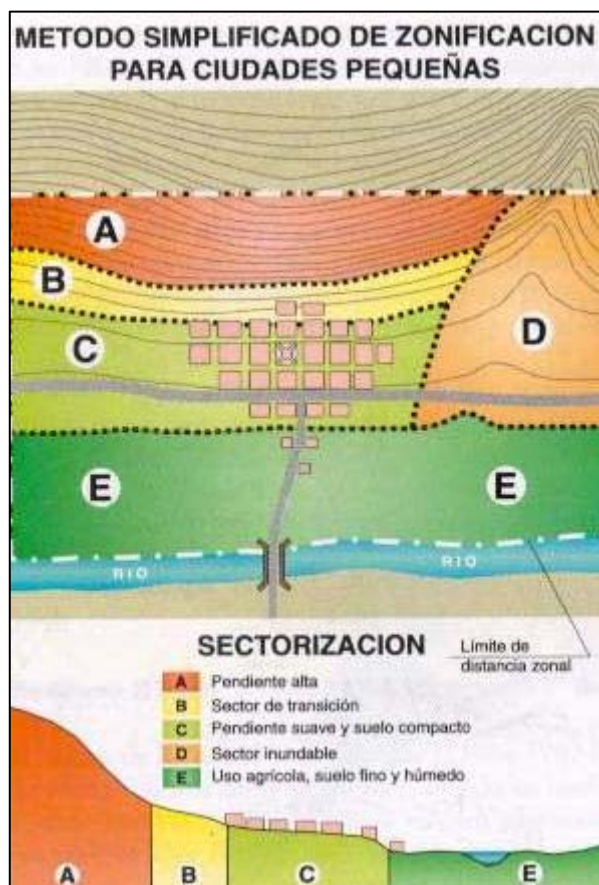


Fig. 1.6 Ejemplo de estudios de micro zonificación para ciudades pequeñas en el caso de Aplao, Arequipa, Perú afectada por el sismo de 1979

Se comienza por seleccionar las áreas que pueden ser desarrolladas y se les asigna un número; enseguida, se las califica de acuerdo a sus **condiciones físicas, legales, económicas y sociales**. Esta calificación sirve de guía para un estudio de factibilidad técnico-económica.

Los **aspectos físicos** que se estudian son: geología, topografía, características de los suelos, grado de seguridad, accesos, facilidades y servicios públicos requeridos.

Desde el punto de vista **legal** se contempla la propiedad de la tierra y se verifica si hay restricciones para su uso urbano, como la existencia de restos arqueológicos. En el Perú, el Instituto Nacional de Cultura – INC, identifica los restos arqueológicos intangibles y fija sus linderos.

Desde el punto de vista **económico** se estudia el costo del terreno, de la habilitación urbana y de la construcción de edificaciones.

El uso **social** del espacio urbano es analizado, conjuntamente con la posible demanda de tierras para las próximas décadas.

Luego del estudio de las alternativas, y de acuerdo a los criterios enunciados, se seleccionan los mejores sectores para ser urbanizados. Los objetivos son los mismos: mayor seguridad física y menor costo de construcción. La ciudad de Moquegua ubicada al S-W del Perú que hoy tiene mas de 43 000 habitantes, fue seleccionada en la década del ochenta para desarrollar esta metodología.

#### D. ESTUDIOS DE SITIO

Son estudios que tienen las mismas exigencias técnicas que los realizados para la microzonificación, pero confinados por lo linderos del terreno seleccionados; como sería el caso del terreno de un complejo hospitalario.

Lo mínimo que debe determinarse es la sismicidad de la región, las características locales del suelo, geología y topografía y los coeficientes exigidos por las normas sismorresistentes. También es necesario evaluar la amenaza sobre el terreno de todos fenómenos naturales que ocurren en el área.

Tratándose de **edificaciones indispensables** en caso de desastres, como hospitales, locales educativos designados como refugios, cuarteles de bomberos y policías, es necesario seleccionar el mejor terreno a partir de varias opciones. Si se dispone de terrenos un tanto extensos, es posible la reducción sustancial de la amenaza natural, efectuando estudios de sitio y ubicando los componentes mas importantes de un complejo en los sectores que las investigaciones indiquen como los mas seguros; realizando traslados de distancias cortas en el plot plan, y efectuando la distribución de los edificios de acuerdo a su importancia.

Ejemplos ilustrativos de lo expresado son:

- Un hospital en la selva alta central del Perú, cuya ubicación inicial tuvo que ser combinada en el proyecto para eludir la amenaza del flujo de lodo de un cerro y de una pequeña quebrada y del desborde de un río, Fig. 1.7.
- Un complejo industrial en la costa norte de Lima Metropolitana estaba amenazada por tsunamis. Se



Fig. 1.7 Ubicación Original y Final de un hospital en la selva central -



Fig. 1.8 Planta industrial al N-W de Lima y Plot-plan de acuerdo a la importancia de edificios y contenidos



Fig. 1.9 Politécnico A. Taboada dañado por El Niño 1982-83. Talleres y cancha de fútbol intercambiaron posiciones, al ser reubicados

el plot plan: lo menos costoso, en las áreas disponibles cerca al mar; luego lo de costo intermedio, como los depósitos de materia prima; y lo mas costoso e importante como el almacén de productos terminados, lo mas alejado del mar, Fig. 1.8.

- Colegio Regional de Talara. Los talleres fueron severamente dañados por la erosión de una quebrada adyacente. Se adquirió un terreno contiguo. Los nuevos talleres se edificaron lejos de la quebrada y la cancha de fútbol se trasladó al borde de esta. Un cerco móvil delimita el área utilizable. Se aprecia que las aulas y oficinas administrativas no serán dañadas. (Fig. 1.9).

### E. LOS INCENDIOS – IC

Son desastres muy devastadores, adquieren enormes proporciones como efecto secundario de los terremotos en áreas urbanas; y en las áreas forestales, cuando no se tiene control sobre ellos.

Resultados de investigaciones recientes de los terremotos e incendios ocurridos en Loma Prieta, California, en 1989, Northridge, California, 1994 y Kobe, Japón, en 1995, como los presentados por O'Rourke en la 6CIZS, realizada en Palm Spring California, en noviembre de 2000 y las conclusiones y las conclusiones de estudios consignadas en este capítulo sobre efectos sísmicos en sistemas de agua potable y vías de transporte permiten comprender las causas por las que se pierde el control de las conflagraciones en áreas urbanas.

A la luz de estos acontecimientos se analizan y comentan los grandes terremotos e incendios que afectaron Tokio en 1923 y las ciudades mencionadas. El terremoto e incendio de San Francisco, California, en 1960, se incluye en el análisis del sismo de Loma Prieta, por coincidir en ubicación geográfica.

Se dice que los incendios se incrementan con el desarrollo. Los ejemplos que acaban de mencionarse parecen confirmarlo. En América Latina y el Caribe (ALC) pocos terremotos han sido seguidos por incendios. En el terremoto de Managua, Nicaragua, en 1972, de manera extraña varios incendios se iniciaron días después del sismo, cuando la energía eléctrica estaba cortada y aparentemente no había causas para que ello sucediese.

En Ciudad de México en 1985, se incendiaron unos pocos edificios aislados. Sin embargo, en los hogares y oficinas de las grandes ciudades de ALC, se usan con creciente frecuencia equipos y aparatos que requieren de energía eléctrica, cada vez mas centros urbanos son abastecidos con gas mediante tuberías, y la sofisticación del amoblamiento y de las decoraciones aumenta los volúmenes de material combustible, por ello puede preverse que el riesgo de incendios en las ciudades se incrementara; factor que será necesario considerar en la planificación a largo plazo para evitar los estragos del fuego.

### **¿Por qué se pierde el control de los incendios en las grandes urbes en caso de terremotos?**

Las intensas vibraciones sísmicas producen incendios en varios puntos de las ciudades porque el impacto provoca en las edificaciones corto circuitos, volcamientos de materiales inflamables o escape de gas; por otra parte, las deformaciones permanentes del suelo causan rotura de tuberías con la consiguiente pérdida de la presión a carencia de agua; licuaciones de suelo provocan rotura y hundimiento en los pavimentos, la caída de postes y la destrucción de construcciones que bloquean las calles; todo ello impide o dificulta el acceso a los bomberos, a lo cual se suma la falta de agua que lo priva de su principal medio para el control de los incendios.



## CAPITULO II

### MARCO REGIONAL

El espacio regional está conformado por una unidad geográfica, social y económica que comprende una estructura urbano- regional desarrollada sobre la base de su potencialidad de recursos naturales. Las posibilidades de desarrollo y expansión de una ciudad enmarcan necesariamente en el contexto socio-económico de la región a la que pertenece.

El marco regional en el que se inscribe el desarrollo de la ciudad de Trujillo, comprende un espacio geográfico mayor al departamental en razón al rol que desempeña como primer productor de caña de azúcar y segundo en producción de arroz del Perú. Sin embargo, tomando en consideración las pautas establecidas por la ley N° 26992 Ley Marco de Descentralización del 30 de enero de 1998 que promueve la descentralización regional sobre el ámbito departamental, consideraremos dicho espacio como marco regional en el presente estudio.

#### 2.1 ASPECTO FISICO DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

El departamento de La Libertad se ubica geográficamente en la Zona Norte Occidental de nuestro país, siendo su superficie departamental de 24 795 km<sup>2</sup> y una densidad promedio de 59,1 hab/km<sup>2</sup>. Políticamente está dividido en 12 provincias y 83 distritos, 5 provincias están en la costa y 7 en la sierra. (Ver Tabla 2.1 y Fig. 2.1)

**Tabla 2.1.- División Política y Población Censada del Dpto. de La Libertad**

| N° | PROVINCIAS           | POBLACIÓN<br>1997 | POBLACIÓN<br>2000 | % EN RELACION<br>AL<br>DEPARTAMENTO |
|----|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1  | Trujillo             | 676924            | 732592            | 49,97                               |
| 2  | Ascope               | 110921            | 109922            | 7,50                                |
| 3  | Bolívar              | 18100             | 18776             | 1,28                                |
| 4  | Chepen               | 63066             | 64894             | 4,43                                |
| 5  | Julcán               | 39014             | 40281             | 2,75                                |
| 6  | Otuzco               | 87979             | 89368             | 6,10                                |
| 7  | Pacasmayo            | 87667             | 93062             | 6,35                                |
| 8  | Pataz                | 68326             | 70491             | 4,81                                |
| 9  | Sánchez<br>Carrión   | 116012            | 121109            | 8,26                                |
| 10 | Santiago de<br>Chuco | 52770             | 51995             | 3,55                                |
| 11 | Gran Chimú           | 30088             | 30191             | 2,06                                |
| 12 | Virú                 | 20406             | 43289             | 2,95                                |
|    | TOTAL                |                   | 1465970           | 100                                 |

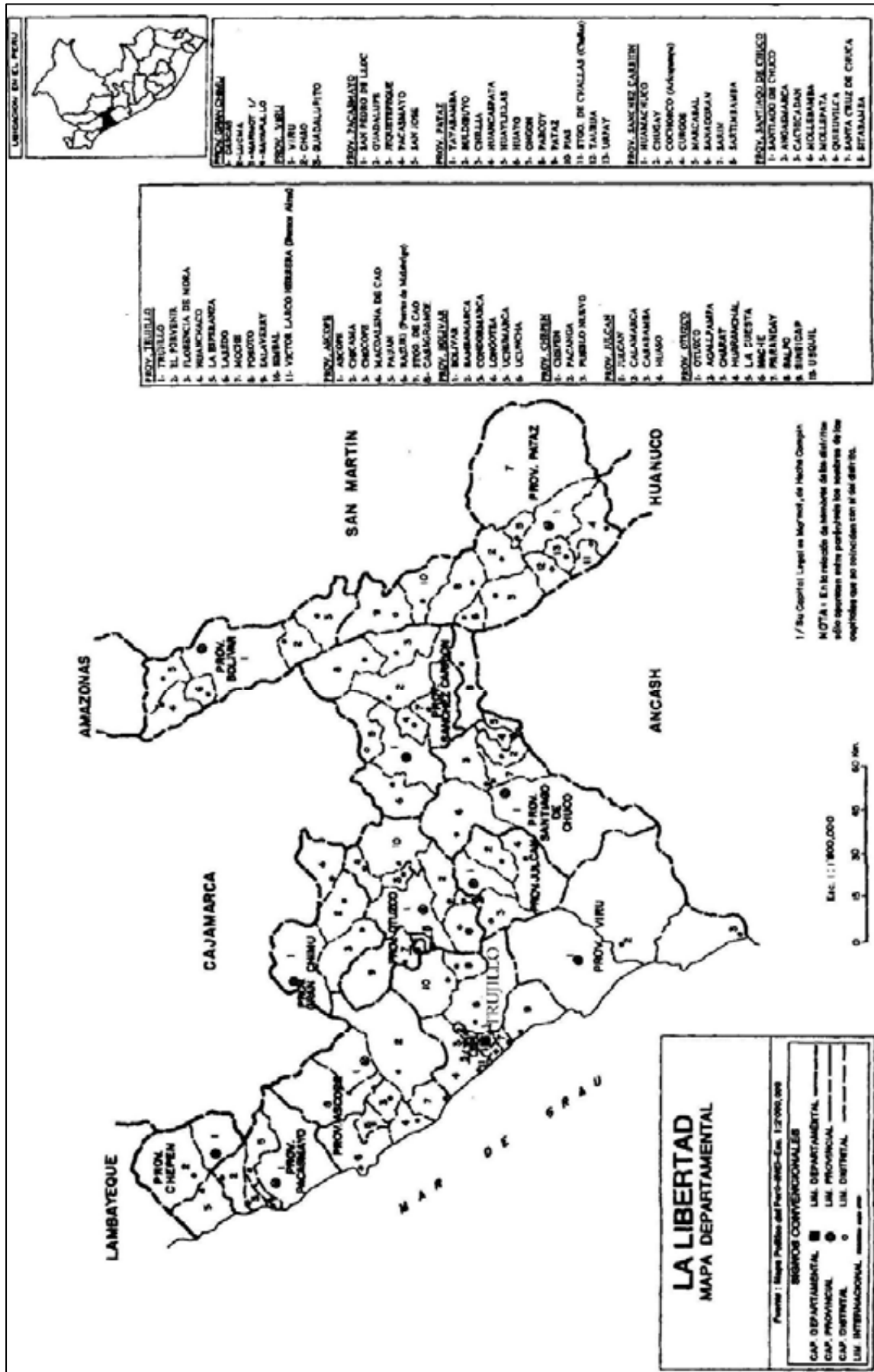


Fig. 2.1 División Política de La Libertad

La Libertad es un departamento donde los factores costa y sierra se encuentran equilibrados. En ese punto es donde la Cordillera de los Andes se conecta con el Pacífico, como consecuencia de la dirección que siguen nuestras costas. Los Andes se ven por primera vez desde Trujillo, presentando una hilera de cumbres dentadas de poca elevación, pero tras de las cuales la meseta andina empieza a elevarse bruscamente hacia el Este, en las Provincias de Otuzco y Santiago de Chuco. Estas dos provincias abarcan las cuencas hidrográficas del Pacífico, que determinan la formación de los ríos Moche y Virú al Sur y Chicama al Norte. La Provincia de Pacasmayo, situada más al Norte, es eminentemente costera. La Provincia de Huamachuco, al Este, pertenece en cambio a la Cuenca del Atlántico.

Sus llanuras extensas, donde se cultiva principalmente la caña de azúcar, le dan una fisonomía de litoral marítimo amplio y fecundo. Sus sierras próximas le otorgan una categoría minera de primera clase, principalmente por sus riquezas carboníferas y auríferas. Inmediatamente después de las sierras mineras, hay una zona de Selva Alta donde la riqueza aurífera y el clima tropical son las características más saltantes. Dotado de un clima suave, sus valles son de alta productividad. Dispone además de amplias tierras por irrigar en los valles como el de Virú. Sus costas, magníficamente dotadas por la naturaleza, ofrecen puertos naturales como el de Chicama, mientras que Huanchaco sirvió durante siglos como el principal puerto de desembarque en esa zona.

En la costa norte del Perú, existen periodos cíclicos de lluvias torrenciales, cada cierto tiempo los años que se tienen registrados, son los siguientes: 1576, 1578, 1701, 1720, 1728, 1747, 1858, 1891, 1925, 1973, 1983 y 1998.

### **2.1.1 TOPOGRAFÍA**

El interfluvio Moche – Virú esta constituido por una gran llanura aluvial-eólica se encuentra atravesado por quebradas como de Uripe y Río Seco, y se extiende paralela al litoral. Su Topografía es variable, presentando áreas con relieves ligeramente ondulados a fuertemente ondulados. Presenta áreas con abundantes dunas en forma de Volcanes que avanzan hacia el Este

En el Interfluvio Chicama – Moche se localiza un paisaje de llanura aluvial piedemonte constituido por abanicos aluviales que descienden de la parte alta formando áreas con micro relieve ondulado y abundante pedregosidad superficial constituida por fragmentos sub-angulares y redondeados. Es característico este paisaje en sectores que constituyen lechos propiamente dichos.

Por otro lado existen áreas que tienen cierta influencia eólica y se localizan en las áreas cercanas al Cerro Campana, originando áreas con relieves ligeramente ondulados y arenosos.

Las zonas ocupadas por el Centro Histórico, los barrios antiguos y las urbanizaciones residenciales tienen una topografía plana, con una pendiente entre 1% y 1,5% y está a una altura sobre el nivel del mar comprendido entre los 18 y los 50 metros.

Los terrenos comprendidos entre el mar (Buenos Aires) y los 18 metros de cota son sin embargo de menor pendiente de apenas 0,5%. Las laderas de los cerros “Cabras”, “Mampuesto” y le “El Presidio” ocupadas por los distritos de “La Esperanza”, “Florencia de Mora” y “El Porvenir”, respectivamente, poseen una topografía menos uniforme y de pendientes pronunciadas y están comprendidos ente las cotas sobre el nivel del mar de 70 metros a los 150 metros.

**Tabla 2.2.- Tipos de Paisaje en algunos lugares del Dpto. de La Libertad**

| Gran Paisaje                         | Paisaje                 | Sub Paisaje               | Lugar                                      |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Llanura aluvial eólica               |                         | Barra de playa            | Chorobal<br>Salaverry                      |
|                                      |                         | Llanura eolica            | Chorobal-Salaverry<br>Esperanza<br>Campaña |
| Llanura fluvial actual del Río Moche |                         | Terraza baja Inundable    | Ribereño San José                          |
|                                      |                         | Terraza baja no inundable | Ribereño                                   |
|                                      |                         | Terraza Media             | San José                                   |
|                                      |                         | Terraza Alta              | Moche<br>Las Delicias                      |
|                                      | Antiguos cauces de Río  |                           | Ribereño<br>Las Delicias                   |
| Llanura aluvial Piedemonte           | Piedemonte sub reciente | Ápice                     |  |
|                                      |                         |                           |  |
|                                      | Piedemonte reciente     |                           |  |

### 2.1.2 HIDROGRAFÍA

La elaboración de un “Mapa de Peligros de Trujillo y Zonas Aledañas”, tienen en cuenta áreas que están incluidas en la Cuenca del Río Moche, por ese motivo, las características del recurso hídrico a considerar en el presente documento están referidas a las aguas que permanentemente discurren por el cauce del Río Moche, alimentadas por sus afluentes en todo su recorrido y por las aguas provenientes de la activación de las quebradas y cauces naturales normalmente inactivos, que descienden de los cerros vecinos hacia la planicie aluvial donde se ubica la ciudad de Trujillo y pueden causar daños a la infraestructura vial, agrícola y centros poblados aledaños.

Centraremos nuestra evaluación en los eventos ocurridos en 1 982-1 983 y 1 997-1 998, a fin de poder definir las zonas vulnerables que nos permitan elaborar el mapa de peligros de la ciudad de Trujillo,

El estudio hidrológico de la provincia de Trujillo tiene como objetivo evaluar las quebradas que presentan mayor riesgo de afectación tanto por la magnitud de su cuenca colectora por al proximidad a centros poblados; por ello será necesario la evaluación de los caudales que puedan presentarse en al cuenca del río Moche, Quebrada El León, Río Seco y San Ildefonso, localizadas en diferentes distritos de la Provincia.



Figura 2.2. Vista del Asentamiento Humano Alto Trujillo donde se observa las viviendas bastante cercanas al borde del talud de la Quebrada de San Ildefonso

### 2.1.3 CLIMATOLOGIA

La información climatológica ha sido recopilada de diversos estudios realizados anteriormente, los mismos que previamente fueron procesados y evaluados para la Cuenca del río Moche por el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

El tipo de clima encontrado se define como Muy Seco y Semi Cálido con deficiencia de lluvias en todas las estaciones y sin cambio térmico invernal bien definido, semi cálido y húmedo desde el punto de vista atmosférico.

- **Precipitación.-** La zona de estudio se ubica en la zona de valles comprendida entre la franja del litoral y aproximadamente los 200 m.s.n.m. en donde las precipitaciones son escasas y de régimen irregular. Algunas precipitaciones que puedan ocurrir se presentan entre junio y setiembre y se deben principalmente a la influencia de las nieblas aductivas para el riego.
- **Temperatura.-** Este factor meteorológico cuyas variaciones térmicas están ligadas a la altitud se han observado variaciones que van desde 15° a 22° C, quedando comprendida una gama de valores térmicos que

caracterizan a cada uno de los pisos altitudinales. Los Valores promedio Mensuales están sujetos a una oscilación muy marcada durante el año siendo mayores durante el verano, con su punto mas alto en el mes de marzo (21.5°C) y menores en invierno, con su punto mas bajo en los meses de Agosto-Septiembre (17°C). ).

- **Humedad Relativa .-** de acuerdo a los registros del CORPAC se observa que no existe mayores cambios, presentando una media de 78%
- **Vientos.-** los vientos que se presentan según la escala Beaufort se catalogan entre “brisa débil” a “brisa muy débil” dependiendo de la estación y de la posición en los valles, existiendo en algunos sectores por razones de encajonamiento con los afloramientos rocosos hasta brisas Moderadas, en los valles y en las pampas ubicadas cercanas al litoral, los vientos y con dirección predominantemente Sur y Sur Este pueden ser de 19 a 25 Km/h (Puerto Chicama y Huanchaco).
- **Horas de Sol.-** En términos generales se puede decir que los promedios de horas de sol es muy regular variando en promedio entre 7 horas diarias en verano a 5 horas en invierno.
- **Evaporación.-** En el Valle de Moche la Evaporación fluctúa entre los 770 mm y 950 mm por año (octubre a Marzo promedios mas altos y de julio a agosto los mas bajos). En general el promedio diario anual es de 4,6 mm con máximos de 5,8 mm en verano y mínima de 3,6 mm en invierno, clasificándose el clima como per-árido y semi cálido.
- **Mar Peruano.-** La corriente peruana tiene dirección Sur, Sur-Este y es de gran influencia, siendo el clima desértico de características generalmente de temperaturas altas, humedad relativa baja, y poca nubosidad, esto se modifica a lo largo de nuestro litoral por la presencia de la Corriente Peruana, corriente fría que circula paralela a la línea de costa; que constituye en la formación de nubosidad de tipo estratiforme, denso de temperatura y ausencia de precipitación tipo lluvia. La ausencia de nubes de desarrollo vertical y precipitación tipo lluvia, se debe a una inversión térmica permanente que aunque es mas débil en verano oscila entre los 500 a 1000 m. de altitud, aun cuando las precipitaciones son escasas el contenido de humedad es muy alto en los primeros 1000 m. de altitud, ocasionando abundante nubosidad estratiforme, nieblas y tenues garúas. El sistema de Corriente Peruana, opera durante todo el año, excepto cuando ocurren invasiones de aguas cálidas, conocidas como fenómeno “El Niño”, acompañadas de nubosidad de desarrollo vertical, chubascos o lluvias. En estas ocasiones los vientos alisios se debilitan y las temperaturas del agua del mar y aire se incrementan considerablemente.
- **Anomalías Climáticas, marinas y geológicas.-** El área de estudio se encuentra ubicada en zonas expuestas a fenómenos naturales imprevistos que de acuerdo a su intensidad pueden ser considerados como desastres: terremotos, maremotos y el FEN (Fenómeno del Niño).

Las ocurrencias de los maremotos y terremotos tienen relación directa con las fallas geológicas sub marinas del Pacífico Sur y con las fallas continentales; el FEN es consecuencia de las alteraciones atmosféricas, las cuales repercuten en la circulación oceánica alterando la presión atmosférica y modificando el comportamiento de los vientos. Este fenómeno dependiendo de la intensidad con la que se presenta, causa innumerables daños como los registrados en 1 891, 1 925, 1 941-42, 1 982-83 y 1 997-98.

#### 2.1.4 GEOTECNIA

En general la ciudad de Trujillo presenta un suelo homogéneo; arena pobremente graduada de grano fino a medio, que varía en potencia, compacidad y resistencia en los diferentes sectores de la ciudad. El primer estrato con una profundidad de 2 m se le puede considerar material de relleno o tierra de cultivo dependiendo del sector. Los estratos sucesivos son una combinación de arena pobremente graduada de grano fino medio con pequeños porcentajes de limo y/o arcilla en el distrito de la Esperanza en la zona destinada al Parque Industrial se puede apreciar la existencia de hormigón, grava pobremente graduada con presencia de piedras medianas y grandes.

La resistencia portante del terreno en la zona de estudio de Trujillo y las zonas aledañas tienen un promedio de  $1 \text{ Kg/cm}^2$  variando entre  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$  como mínimo en la zona de Buenos Aires hasta  $3.5$  en la zona del Parque Industrial de Trujillo. Para mayor detalle sírvase revisar el capítulo IV y anexos correspondientes del presente estudio.

#### 2.1.5 GEOLOGIA REGIONAL

Toda la Geología de la Región ha sido ampliamente descrita por H. Jaén en el Boletín N° 17, cuadrángulos Trujillo-Salaverry del ExServicio de Geología y Minería, en una extensión aproximada de  $3000 \text{ Km}^2$ . para ambos cuadrángulos. En este caso la Geología tiene objetivos de investigación fundamentalmente económica (Fig. 2.1).

Para los fines del presente estudio, señalaremos resumidamente las formaciones y afloramiento que predominan en dicha área.

**Rocas Sedimentarias.** Las exposiciones de este tipo de rocas son relativamente de poca distribución, ubicadas principalmente hacia el Nor este y a 18 Km. de la Ciudad de Trujillo sobre la margen derecha del Río Moche donde aflora la formación Casma del Cretáceo inferior. Litológicamente en esta zona consiste de derrames de andecita y riolita con algunos horizontes de lavas almohadilladas; no presenta el fuerte metamorfismo que caracteriza a los afloramientos de la faja litoral.

Otras exposiciones de esta formación y remanentes de la formación Chicama serán descritas en el área de interés del presente estudio.

**Rocas Intrusivas:** Los rasgos topográficos más notables y que constituyen las estribaciones occidentales de la cordillera andina, están ampliamente representados por rocas intrusivas que forman parte del gran batolito andino, y cuya composición varía desde diorita a granito, pasando por granodiorita-tonalita. Por su mayor resistencia a los agentes externos de erosión, los afloramientos de estas rocas se caracterizan por presentar una línea de cumbres de los cerros bastante sinuosas y accidentadas.

#### **Depósitos Cuaternarios:**

##### ▪ **Depósitos aluviales:**

Estos depósitos tienen amplia distribución en todo el sector occidental de la región estudiada, donde se encuentran constituyendo las planicies de los valles de nuestra costa, los cauces y quebradas están representados por los antiguos conos de deyección del Río Moche y sus afluentes en su transcurso desde su nacimiento hasta su explayamiento en el cono aluvial del valle sobre el litoral donde en algunos lugares termina en escarpas producidas por erosión marina.

El material consiste de gravas, arena y arcillas generalmente mal clasificadas; las gravas se componen de elementos subangulosos y subredondeados de diversos tipos de rocas, gravas de elementos más redondeados se encuentran en gran proporción en el lecho de los ríos actuales.

El espesor de estos depósitos aluviales varía desde pocos metros hasta más de 200.

##### ▪ **Terrazas Marinas**

En algunos lugares del litoral se pueden apreciar terrazas marinas escalonadas que pueden alcanzar altitudes hasta de 15m y que se extienden a veces por un kilómetro tierra adentro donde quedan cubiertas por los depósitos aluviales. Los mejores ejemplos se encuentran entre la caleta de Guañape y el Puerto de Salaverry y también entre el balneario de Buenos Aires y Santiago de Cao en el valle de Chicama.

Las terrazas consisten en conglomerados poligénicos de gravas, arenas y arcillas.

##### ▪ **Depósitos eólicos:**

Esta clase de acumulaciones se presentan en las pampas costaneras y laderas de los cerros situados en el frente occidental andino, donde ocasionalmente llegan a situarse hasta los 1,000 m de altitud.

En las planicies las arenas eólicas forman en unos casos una cubierta de grosor variable, que constituyen los médanos del tipo barcana, como los observados en el valle de Virú. En este lugar entre los kilómetros 514 y 515 de la carretera Panamericana, se encuentra la duna Pur-Pur, famosa por la perfección de sus formas y ser la mayor que existe en la región y que actualmente debido a que se encuentra rodeada de áreas cultivadas la



migración de su arena se encuentra paralizada, y consecuentemente se está desgastando lentamente.

## 2.2 ASPECTO SOCIAL DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

La población del departamento de La Libertad estimada para el año 2000 fue de 1 465 970 habitantes que representarían porcentualmente al 5,71 % de la población nacional a ese año, las cuales 51,2 % son mujeres y el 48,8 % son población masculina.

En cuanto a la Tasa Global por Fecundidad se tiene un ligero decaimiento (2,6 para el periodo 2000-2005; 2,3 para el periodo 2005-2010; 2,2, para el periodo 2010-2015). Y por ende la Tasa Bruta de Natalidad se reduce de 22,4 % (2000-2005) a 18,65% (2010-2015).

En los últimos años se ha registrado un ligero crecimiento en la Tasa Bruta de Mortalidad (5,6%), así como un leve incremento en la Esperanza de vida (73,0 para el periodo 2000-2005 ;74,1 para el periodo 2005-2010; 75,2 para el periodo 2010-2015), sin embargo aún falta mejorar la calidad de los servicios de salud para superar el déficit de atención.

En cuanto a Educación se tiene que la Tasa de Analfabetismo es del 16% para la población femenina y 6% para la población masculina a nivel departamental. Sin dejar de mencionar además el número de locales escolares que se dan a continuación. (Tabla 2.3).

**TABLA 2.3.- Locales Escolares De La Provincia De Trujillo**

| <b>LOCALES ESCOLARES</b> | <b>URBANO</b> | <b>RURAL</b> | <b>TOTAL</b> |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|
| ESTATAL                  | 632           | 1 392        | 2 024        |
| PRIVADO                  | 553           | 44           | 597          |

Asimismo la Educación Superior está bajo la responsabilidad de las universidades: Universidad Nacional de Trujillo, Universidades particulares como Antenor Orrego, César Vallejo, del Norte y Universidad Católica en la ciudad de Trujillo.

En el sector laboral es importante indicar que la Tasa de Desempleo es del 12,1% a nivel departamental lo que origina una migración masiva hacia las ciudades de la costa para encontrar mejores niveles de vida para sus familias.

En el sector salud se tiene que los índices de Recursos Humanos e Infraestructura por habitante es la siguiente, por cada médico hay 8,3 habitantes; en cuanto a enfermeras es a 5,6; camas 16,9 y los establecimientos de salud es a 2,3 habitantes.

En cuanto a medios de comunicación escrita los de mayor circulación en las ciudades de La libertad son: La Industria, Satélite y Nuevo Norte.

### 2.3 ASPECTO ECONOMICO-PRODUCTIVO DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

Por su ubicación geográfica, clima apropiado, potencial agrícola, minero e industrial, y contando con la infraestructura necesaria como: carreteras (la Panamericana que recorre toda la Costa y aquellas que penetran la Sierra), puerto marítimo de Salaverry, aeropuerto de Trujillo, crean las condiciones que permiten que La Libertad presente ventajas comparativas con respecto al resto de las regiones.

En el sector turismo prevalece las visitas a los lugares arqueológicos siendo los de mayor importancia las ruinas de: Chan-Chan, Tschudi, Arco Iris y la Huaca El Dragón. Cabe indicar que en el año 1999 se registraron 124 619 visitantes entre nacionales y extranjeros. Asimismo se espera que para los próximos 10 años se incremente en un 30% las divisas en este sector por las magníficas ruinas que presentan y por los bellos parajes que posee este departamento.

**Tabla 2.4.-Visitantes A Las Zonas Arqueológicas De Trujillo 1999**

| <b>Ruinas</b>   | <b>Nacionales</b> | <b>Extranjeros</b> |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| Arco iris       | 97075             | 27544              |
| Chan Chan       | 11420             | 3901               |
| Tschudi         | 8529              | 2253               |
| Huaca El Dragón | 77126             | 21390              |
| Total           | 194150            | 55088              |

### 2.4 BIODIVERSIDAD DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

Más allá de los factores sociales y macrofísicos condicionantes de los desastres, existen factores asociados que resultan de importancia crítica para un análisis del riesgo ambiental para la región.

El problema del inadecuado manejo ambiental y de la inestabilidad de los ecosistemas es uno de ellos. Los rápidos procesos de deforestación en las cuencas altas y medias de los ríos acentúan los ritmos de descarga pluvial, aumenta la tasa de erosión y niveles de sedimentación de los canales de los ríos y tiene en general un impacto en los patrones de las inundaciones sufridas. Este fenómeno macroregional se ve aumentado en zonas urbanas y metropolitanas por el impacto que tiene el crecimiento residencial, de los servicios, del comercio e industrias.

Es importante el estudio de las comunidades vegetales, conocer las familias y especies de plantas (árboles, arbustos, pastos) que se desarrollan en el área de estudio, clasificando y diferenciando las especies “nativas” o típicas del lugar que se desarrollan fácilmente sin la intervención del hombre, de otras especies “exóticas” impuestas y adaptadas por él. Así mismo ver el estado de conservación, posibilidad de regeneración y recuperación del equilibrio ecológico con la finalidad de reducir al mínimo la erosión del suelo, una de las causas más importantes de los fenómenos geodinámicos.

## A. LOMAS COSTERAS

La corriente fría Peruana, causa una espesa capa de nubes características de nuestra costa y los vientos que soplan del Sur y Sud-Este, produciendo una “garúa” la cual causan un curioso habitat, tan hermoso como frágil. La vegetación empieza casi a orillas del mar y asciende hasta los 1000 metros, existiendo variaciones notables en las diversas lomas; sobre los 1000 metros cesa la influencia de la neblina por la inversión térmica.



1 Fig. 2.2. El Cerro Campana, ubicado a 15 Km. al Norte de la ciudad de Trujillo

En la vegetación lomal existe una relación armoniosa entre clima y vegetación, donde los diferentes tipos vitales de plantas han logrado desarrollarse, especializarse y adaptarse a condiciones extremas para no solo vivir sino sobrevivir; constituyéndose por lo tanto en la flora más extraña e interesante de América del Sur.

Las lomas costeras se encuentran ubicadas en las costas de Trujillo, Virú y Chicama, que dadas las condiciones apropiadas de humedad, se genera una flora y fauna particular.

Están compuestas por los siguientes cerros:

- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| 1. Cerro Cabezón   | (1236 msnm) |
| 2. Cerro La Cumbre | (650 msnm)  |
| 3. Cerro Campana   | (993 msnm)  |
| 4. Cerro Prieto    | (753 msnm)  |
| 5. Cerro Cabras    | (655 msnm)  |
| 6. Cerro El Alto   | (1000 msnm) |

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| 7. Cerro Blanco           | (350 msnm)  |
| 8. Cerro Chico            | (250 msnm)  |
| 9. Cerro Ochiputur        | (1153 msnm) |
| 10. Cerro La Mina         | (750 msnm)  |
| 11. Cerro Pan de Azúcar   | (400 msnm)  |
| 12. Cerro de la Rinconada | (600 msnm)  |
| 13. Cerro de las Lomas    | (1150 msnm) |
| 14. Cerro Queneto         | (950 msnm)  |
| 15. Cerro Piedra Parada   | (545 msnm)  |
| 16. Cerro Mal Paso        | (650 msnm)  |
| 17. Cerro Tres Cruces     | (750 msnm)  |

Por otro lado se ha demostrado que el evento el Niño 1997-1998 ha generado un impacto biológico a través de la alteración climática, haciendo variar la dominancia de las especies de líquenes y cactáceas por 3 especies estacionales como son:

*Exodecorus prostratus*, *Tiquilia dichotema* y *Calandrinia ungulata*.

Los mamíferos representativos son el zorro *Pseudalopex sechurae* y la vizcacha *Ligidium peruvianum* (Fig. 2.2 y Fig. 2.3).



Fig. 2.3. Vegetación del Cerro Campana en el mes de Agosto.

**B. ECOSISTEMAS MARINO INTERMAREAL**

Compuesto por la línea costera sometida a la variación de las mareas. Presenta una diversificación de especies de invertebrados, vertebrados y vegetales (algas). Solamente en esta última tenemos 36 géneros representados.



Fig.2.4. *Phalacrocorax bougainvilli*



Fig 2.5. *Cathartes aura jota*



Fig.2.6. *Larus belcheri* “gaviota”



Fig.2.7. *Numenius phaeopus hudsonicus*

**C. HUMEDALES**



Los humedales son superficies cubiertos de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce o salobre **Puhe (1997)**.

Los humedales proporcionan beneficios para el ambiente, como proveen las aguas subterráneas, sostienen y controlan las inundaciones, benefician al hombre con sus productos naturales y sus componentes importantes del paisaje. Los humedales en el Perú desde épocas preincas han cumplido un rol importante en la supervivencia de las poblaciones nativas. Aunque su contribución a la economía han sido mayormente ignorada, sin embargo muchas poblaciones rurales dependen de ellos para desarrollar sus diversas actividades como único medio para satisfacer sus necesidades básicas de subsistencia **Pulido (1992)** y **Castro et al. (1990)**.

En la Costa Libertea se pueden distinguir dos clases de totorales. Los que han sido exprofesamente excavados hasta encontrar la napa freática muy cerca al mar como en el caso de Huanchaco, Huanchaquito; y los que en el agua ha aflorado formando puquiales, como en Salaverry.

Los principales Humedales son: de Huanchaco con 46,72 Ha. y las especies dominantes son; *Schoenoplectus californicus* "totora" (Fig. 2.8) "y *Distichlis spicata* (L) Greene "grama salada", en Chan Chan y Vía de Evitamiento Buenos Aires alrededor de 50 Ha. y la especie más representativa es: *Typha angustifolia* L., los Humedales de Moche con 1 Ha. se encuentra dispersos y en Salaverry con 10 Ha. la *Typha angustifolia* es la especie dominante.

En resumen, la Región cuenta con 300 a 400 hectáreas de humedales, de los cuales 107,72 ha. se encuentran en Trujillo y alrededores.



Fig.2.8. *Schoenoplectus californicus* "totora", zona de Chan Chan

#### D. MONTE RIBEREÑO DEL RIO MOCHE

Comprende aproximadamente 50 hectáreas de vegetación arbórea. Se han registrado en la trama bocana – puente Conache, 18 especies de plantas (Fig. 2.9), 14 de peces, 10 de anfibios y reptiles, 62 especies de aves (41 géneros, 23 familias y 12 ordenes) y 06 mamíferos. Desde el puente hasta el sector barraza se han registrado hasta 28 especies de aves (Fig. 2.10, 2.11 y 2.12). **Lujan. et. al. (1999)**.



Fig. 2.19. *Typha angustifolia* “tifa”, zona de la Bocana



Fig. 2.10: *Zonotrichia capensis peruviana* “gorrión peruano”



Fig. 2.11: *Chotophaga sulcirostris* “guardacaballo”



Fig. 2.12: *Nycticorax nycticorax* hoactil “huaco”

## E. BOCANA DEL RIO MOCHE

La Bocana Del Río Moche, es una albufera temporal que se encuentra situada al sur del Distrito de Víctor Larco, abarcando una superficie de 10.2 Ha., entre la desembocadura del Río Moche, hacia 450 metros aguas arriba.

Las aguas de la Bocana del Río Moche proceden de tres fuentes del mar, del río y de las aguas servidas y/o regadíos. El agua del mar penetra durante las mareas altas, siendo las aguas del río y las aguas servidas o de regadío las que tienen un flujo continuo hacia la bocana durante todo el año, siendo mayor durante la estación de verano.

Este cuerpo de agua es el más amenazado, en sus diferentes sistemas. La erosión marina producto de la desviación de las corrientes hacia el continente, como consecuencia de la infraestructura del Puerto de Salaverry y la serie de Molones construidos en las Delicias, permanentemente esta disminuyendo el área de la bocana del Río Moche.

## F. FLORA CULTIVADA EN LOS PARQUES DE TRUJILLO.

Se observó 40 Juntas vecinales, que comprende 215 parques, entre plazas, plazuelas, parques infantiles, parques deportivos, óvalos y avenidas que comprenden 27 660.91 m<sup>2</sup>

Se determinó 137 especies de plantas ornamentales, correspondientes a 113 géneros y a 58 familias. De ellas, 68 son hierbas (44,6%), 39 arbustos (28,4%) y 30 árboles (22%), al mismo tiempo, 107 (78%) son especies exóticas y las restantes (22%) son nativas. A continuación se presenta algunos especímenes (Fig. 2.13, 2.14, 2.15 y 2.16). **Mejía, et. al. (1997).**



Fig.2.13: *Tanacetum cinerariifolium*  
“margarita”



Fig.2.14: *Zantedeschia aetiopica* (L.) Spreng. “cartucho”





Fig. 2.15: *Pyrocephalus rubinus*  
“putilla” (hembra)



Fig. 2.16: *Columbina cruziana*



### CAPITULO III

#### DELIMITACION Y CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

En el presente trabajo se considerará como área de estudio los distritos: Huanchaco, La Esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Moche, Trujillo y Víctor Larco. (Ver Mapa del área de estudio, M-3.1).

#### 3.1. CARACTERISTICAS URBANAS DEL DISTRITO DE TRUJILLO Y ZONAS ALEDAÑAS

La ciudad de Trujillo se ha zonificado por sectores de acuerdo a su origen y a las características urbanas homogéneas que presenta distinguiéndose:

##### a. Centro Histórico

También denominada Núcleo Principal, Centro Cívico o Zona Monumental. Formada por la antigua ciudad de origen colonial se encuentra encerrada por la Avenida España formando un óvalo de 950 m de ancho por 1 300 m de largo, orientado el eje mayor en dirección Noreste –Suroeste. Tiene 64 manzanas, ocupando una extensión de 100,02 ha y albergando en la actualidad una población aproximada de 20 000 habitantes y 3 900 viviendas. Donde están localizadas las actividades Institucionales, Comerciales, Financieras y de Servicios. (Ver Fig. 3.1).

En esta zona destacan por su valor histórico numerosas casonas coloniales (siglo XVII y XVIII), muchas de ellas modificadas en la época republicana (siglo XIX), además destacan los templos de origen virreynal con sus características torres y cúpulas, que por su continuidad y conservación forman parte del atractivo turístico de la ciudad.

También se puede observar edificaciones de trazo irregular, como resultado de la distribución indiscriminada de las propiedades inmuebles. Las antiguas manzanas de 120 m x 160 m, contenían únicamente 3 solares, pero se han subdividido en el transcurso de los siglos, sin sujeción a norma alguna, primero por razones de herencia y sucesiones, y más recientemente por razones especulativas, ya que por encontrarse en zonas céntricas aumenta su valor comercial.

Aquí dejar en blanco pues se colocara el mapa M-3.1

En este sector se puede apreciar construcciones de diferentes materiales: las más antiguas de adobe y quincha, las más recientes de albañilería y concreto

armado. La gran mayoría son edificaciones menores de 3 pisos de altura, hay poca edificación mayor de 3 pisos.

En promedio la edificación antigua de Trujillo muestra un estado de conservación superior al de otras ciudades de traza colonial en el Perú. La edificación en materiales térreos presenta el natural desgaste del tiempo y de su uso a través de los siglos. Es también visible la calidad y la fortaleza de este tipo de edificación que ha podido mantenerse en su prolongada vida y resistir la fuerza de los eventos sísmicos que eventualmente asolan la región.

Los resultados obtenidos nos indican que 43,59% de edificios históricos se encuentran en mal estado de conservación, el 33,33 % en regular, y el 17,85 % en bueno y en estado ruinosos el 5,13 % .en suma, existe un 48,72 % edificaciones históricas que requieren intervención inmediata y preventiva.

Así el 60,3 % de paramentos son de adobe y el 30,2 % de quincha, utilizándose esta última preferentemente en el segundo nivel. Para las cubiertas el 64 % está conformada por caña y torta de barro. El entablado de madera, en este caso, representa el 20%.

El estucado de yeso para el caso del cielo raso representa un 62,7%, estando sujeto su modificación en relación al estado de conservación de las cubiertas, colocándose entonces cielo raso de madera, plástico, tela, etc.

Un aspecto significativo sobre las modificaciones realizadas es que el tipo de piso original ha sido retirado y/o modificado, encontrando un 37 % de pisos con cemento pulido, frente a un 20,7% y 24,10 % de materiales originales, como losetas o entablado de madera respectivamente.

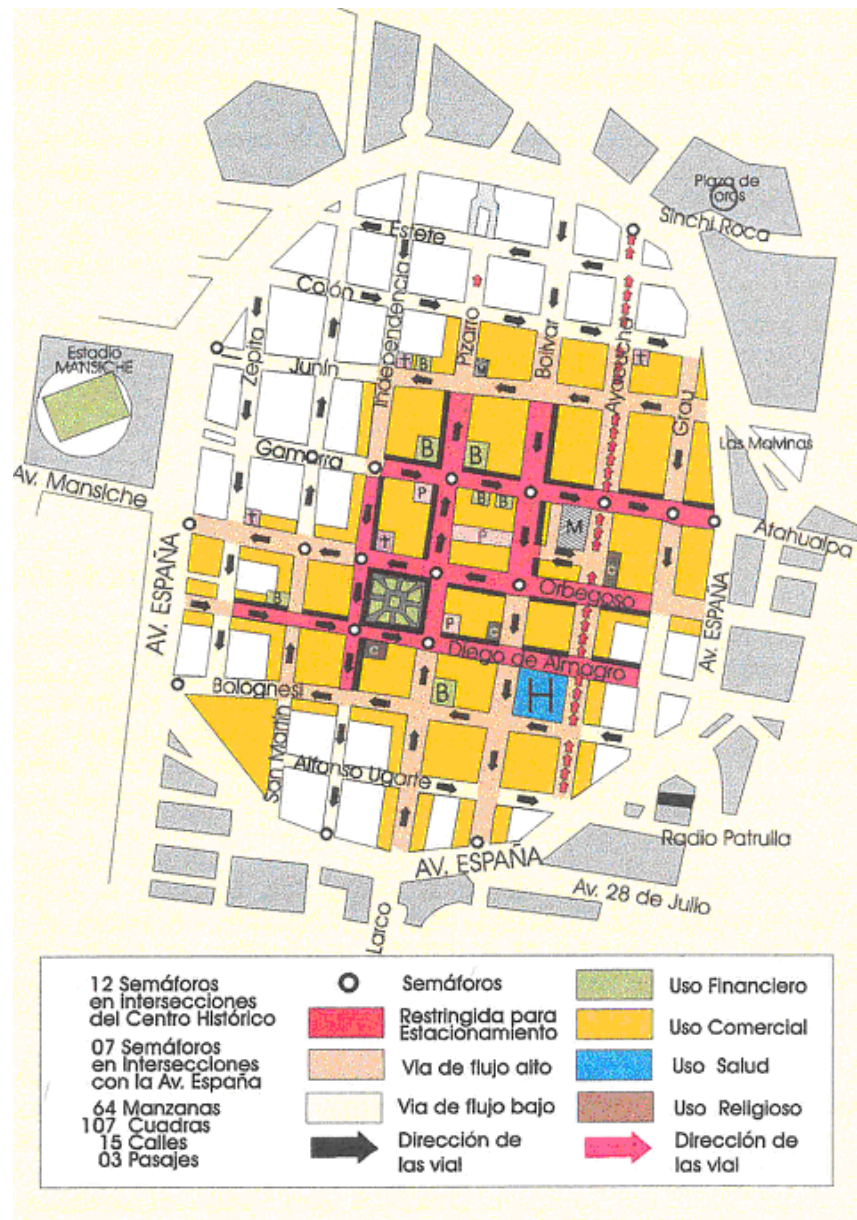


Fig. 3.1 Centro Histórico de Trujillo

**b. Barrios Antiguos fuera del Centro Histórico.**

Formadas por áreas próximas a la Av. España, que con anterioridad a 1950 se habían constituido como zona urbano marginal y se caracterizan por su alto grado de tugurización y cumple con dotar a Trujillo con un área de comercialización a nivel micro regional de productos agropecuarios y terminal de transporte a nivel regional.

Estas áreas forman parte de la primera expansión de la ciudad que en las dos primeras décadas del presente siglo podemos reconocerlas en las zonas denominadas Mansiche, Chicago, Unión y a partir de 1940, en Moche, el Molino, La Intendencia y Aranjuez áreas que se han localizado entre el primer y segundo anillo de la ciudad, ocupando una extensión aproximada de 154,52

Ha y albergando en la actualidad una población estimada en 53 000 habitantes y 10 500 viviendas.

En estos barrios se instalaron gente que habían migrado de la serranía de los departamentos de La Libertad, Cajamarca y Ancash. Vivían en forma precaria con edificaciones de un solo piso de adobe en mayor proporción, y de quincha como material de construcción, con el transcurso de los años se fueron edificando callejones y quintas que dieron problemas de hacinamiento y turgurización.

Esta zona se caracteriza por el mal estado y las inadecuadas condiciones de habitabilidad de las viviendas, condiciones que también alcanza a un gran porcentaje de edificaciones destinadas a otros usos y al espacio urbano, cuya conservación y mantenimiento es deficiente y su nivel de deterioro alto, con una configuración urbana y regular y una trama vial trunca, que limita la continuidad del proceso de consolidación, transformación y desarrollo de esta zona.

### **c. Zona de Urbanizaciones**

Formado a la periferia de las dos anteriores y constituye la expansión planificada de Trujillo, a partir de 1955.

En la actualidad cuenta con una extensión total estimada en 1 336,87 ha y alberga una población de 179 000 habitantes y 35 000 viviendas.

Esta zona está edificada sobre los terrenos de cultivo que rodeaban a Trujillo Colonial dando origen a una expansión horizontal de la ciudad.

Contando con amplias avenidas, calles y grandes parques. Las edificaciones son en su totalidad de albañilería de ladrillo con altura predominante de 2 pisos, destinadas eminentemente a residencias.

### **d. Zonas de Pueblos Jóvenes**

Alrededor del distrito de Trujillo se pueden diferenciar 3 tipos de pueblos jóvenes (ahora con categoría de distritos, algunos de ellos):

#### **d.1. *Pueblos Jóvenes Periféricos Zona Alta.***

A inicios de la década del cincuenta se forman las barriadas el porvenir y la esperanza dando origen posteriormente a los actuales distritos El Porvenir, Florencia de Mora y La Esperanza; se encuentran

rodeando al distrito de Trujillo por el Noreste y Norte a manera de cinturón urbano.

Cuentan en total con una extensión aproximada de 1 200 ha y alberga en la actualidad a una población de 215 000 hab.

Son asentamientos humanos de generación espontánea que ocupan las laderas de los cerros “El Presidio”, “Las Animas “, “Cabras” y otras zonas.

Presentan un trazo regular, con excepción de la zona antigua de la barriada El Porvenir.

Las edificaciones son adobe como material de construcción y de un piso en general.

#### **d.2. *Pueblos Jóvenes Periféricos Cercanos al Mar.***

Formado por los pueblos jóvenes del distrito de Víctor Larco Herrera, se encuentra al oeste del distrito de Trujillo, a orillas de océano Pacífico a 2 m.s.n.m. En la actualidad cuenta con una población estimada en 51 130 habitantes, ocupando una extensión de 190 Ha.

Presenta un trazo regular, con edificaciones de un piso de adobe en su gran mayoría.

El nivel freático se encuentra a 0,50 m de profundidad, que ocasiona el humedecimiento de las cimentaciones y paredes.

#### **d.3. *Pueblos Jóvenes Ubicados dentro de la Ciudad***

Estos se forman con invasiones que se realizaron en terrenos abandonados, por numerosas familias que vivían en callejones y quintas del Centro Cívico y barrios antiguos (La Unión, Chicago, Moche y Mansiche), que perdieron sus viviendas como consecuencia del sismo del 31 de mayo de 1970.

A esta zona corresponde los sectores:

- Liberación Social
- Gran Chimú-Monserrate
- Santa Isabel
- El Alambre
- Prolongación Av. Santa.

Presentan un trazo irregular, con calles angostas, edificaciones de adobe, sin parques.

La extensión del continuo urbano se puede apreciar en la Figura 3.2.



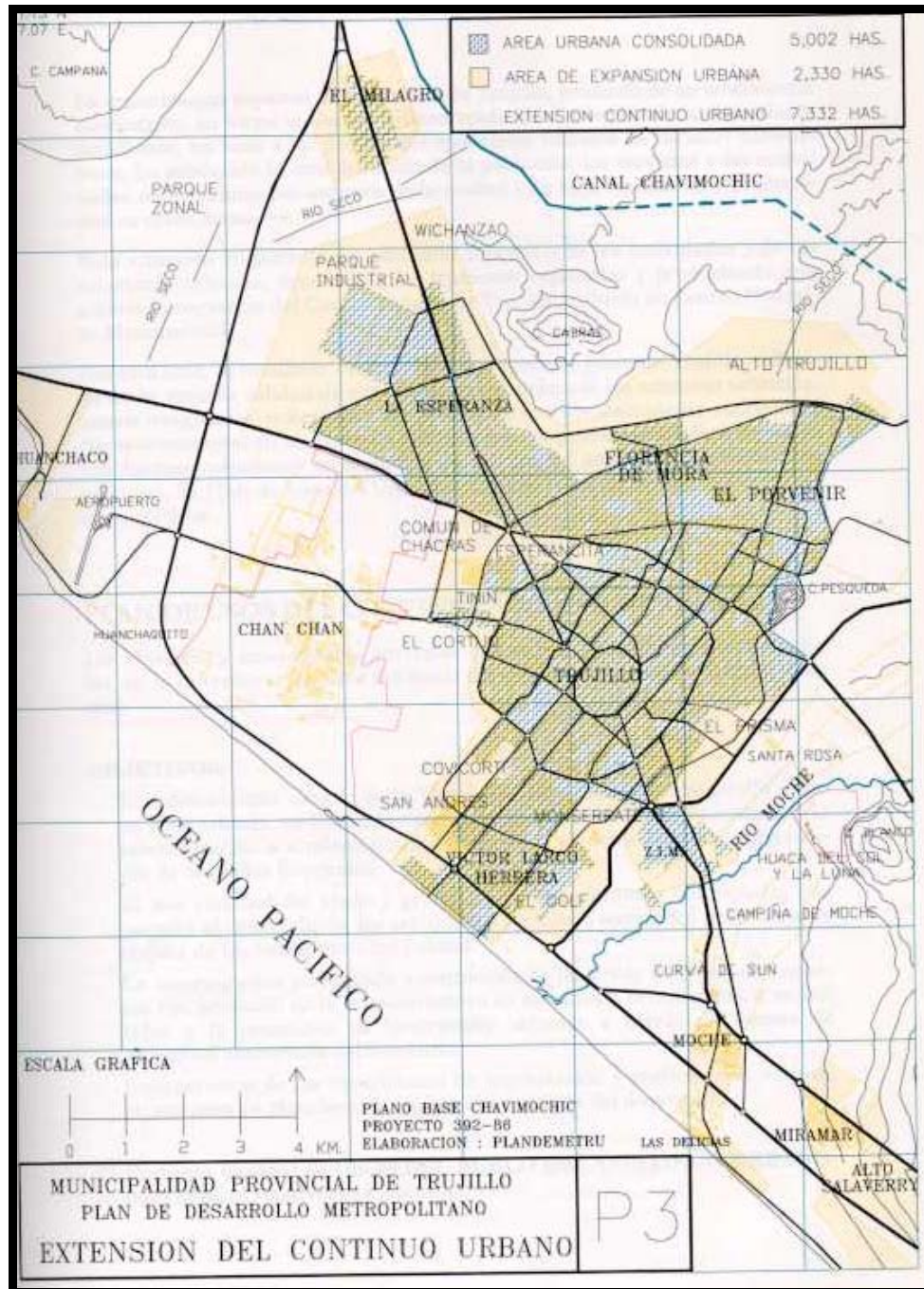


Fig. 3.2 Extensión del Continuo urbano

### 3.1.1. Características de la Problemática Poblacional y de Vivienda.

De acuerdo a la información estadística, la región La Libertad, ha tenido un cambio radical en cuanto a tipo de población rural a urbana. En el censo de 1 940 la población urbana representaba el 31,1 % en 1 972 el 60% y en 1993 significó el 68 % de la población total de la región.

Esta conversión ha traído como consecuencia que algunas provincias hallan concentrado mayor población que otras; como es el caso de Trujillo que en 1 940 significaba el 36,8% y en 1 993 a 49,7% de la población regional.

**Tabla 3.1. División Política de La Provincia De Trujillo**

| Distritos de Trujillo | Población 1997 | Población 2000 | % en relación a la Provincia |
|-----------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| Trujillo              | 271290         | 284949         | 38,90                        |
| El Porvenir           | 95081          | 104677         | 14,29                        |
| Florencia de Mora     | 37203          | 38307          | 5,23                         |
| Huanchaco             | 25539          | 30241          | 4,13                         |
| La Esperanza          | 117709         | 128204         | 17,50                        |
| Laredo*               | 33922          | 38446          | 5,25                         |
| Moche                 | 26729          | 30355          | 4,14                         |
| Poroto*               | 5221           | 5828           | 0,80                         |
| Salaverry*            | 9298           | 9961           | 1,36                         |
| Timbal*               | 3803           | 3946           | 0,54                         |
| Víctor Larco Herrera  | 51129          | 57678          | 7,87                         |
| TOTAL                 |                | 732592         | 100                          |

\*Zonas excluidas del estudio en realización.

En forma particular la ciudad de Trujillo ha tenido un crecimiento explosivo, que le ha convertido en la tercera ciudad más poblada del país, siendo uno de los factores los fuertes flujos migratorios que ha sufrido en diferentes épocas y por causas diversas.

A partir de 1 940 se ha venido produciendo flujos migratorios progresivos de población rural y de centros urbanos menores de la provincia de Trujillo, del resto del departamento de La Libertad, y de los departamentos de Cajamarca y Ancash, ocasionando problemas de hacinamiento y tugurización en la zona central antigua y dando origen los pueblos jóvenes periféricos de la ciudad.

En 1 970 como consecuencia del terremoto del 31 de mayo, el flujo migratorio se incrementó, especialmente por la población afectada de la sierra de Ancash.

A inicios de la década de los ochenta, también se incrementó el flujo migratorio como consecuencia de las acciones terroristas en algunas provincias de los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Ancash y Huanuco que originó que las declarasen como zonas de emergencia.

Estas corrientes migratorias solo pueden explicarse a través de factores históricos que han contribuido a su formación dentro de los cuales Trujillo ha desempeñado su papel privilegiado de capital política del Norte, desde la época colonial, hasta el presente reflejando el mismo centralismo administrativo que caracteriza al país en su conjunto.

El proceso migratorio, el crecimiento vegetativo de la población y las consecuencias del terremoto de 1970 han determinado la configuración actual de la ciudad de Trujillo.

Mencionaremos algunos problemas que se presentan en la ciudad de Trujillo:

#### **Adaptación de las Áreas Antiguas a Nuevas Funciones.**

El centro de la ciudad debe adaptarse a las necesidades crecientes en materia de comercio central y funciones administrativas y culturales. Este proceso de especialización desplaza a la vivienda a nuevas áreas.

#### **Tugurios.**

Las casas antiguas que habían sido utilizadas como viviendas unifamiliares son dejadas por sus propietarios que se trasladan a nuevas zonas urbanas; como la renta que debía producir la propiedad así desocupada no puede normalmente ser soportada por una sola familia, se procede a alquilarla por departamentos a varias familias, algo más tarde se constituyen nuevos departamentos en los espacios abiertos, y lo que antes era una vivienda unifamiliar se convierte en un tugurio. Esto es lo que ha ocurrido en el sector central de Trujillo.

#### **Deterioro de viviendas**

Hay zonas urbanas antiguas, donde las viviendas paulatinamente se han ido deteriorando y que no han sido reparadas adecuadamente, no obstante la ocurrencia de un sismo fuerte como el del año 1970.

#### **Contaminación por aguas servidas**

Gran parte de aguas servidas del área de estudio se evacuan directamente al mar sin tratamiento previo, lo que determina la contaminación del medio ambiente.

### **Pérdida considerable de terrenos agrícolas en el valle de Santa Catalina (Moche)**

En los diferentes Planes Reguladores de Trujillo han utilizado los terrenos agrícolas del valle de Santa Catalina como zona de expansión urbana, disminuyéndolo considerablemente. Las chacras de piña, caña de azúcar, verduras han sido reemplazadas por urbanizaciones residenciales donde predomina una baja densidad poblacional.

## **3.2. USOS DE SUELOS EN EL AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio es un ente complejo conformado por asentamientos humanos, áreas agrícolas, áreas arqueológicas y extensos territorios con usos diferenciados, sujetos a modificaciones de carácter violento de acuerdo con la particular dinámica de este sector del territorio nacional.

El Plan de Desarrollo Metropolitano de Trujillo propone el manejo integral de estos espacios tratados como una sola unidad de planificación, susceptible a una estructuración global, un funcionamiento integral y la obtención de metas compartidas de mejora de la calidad de vida y calidad del ambiente para todos sus habitantes y componentes urbanos.

### **Usos Mayores de Suelo**

El Proyecto Especial CHAVIMOCHIC contempla un canal secundario que asegura el riego para la campiña del valle aguas abajo de Galindo y permite poner bajo cultivo las tierras eriazas de la margen izquierda en el sector que va de Alto Salaverry hasta la Hacienda Santo Domingo. Esta obra modificará sustancialmente la estructura del valle, su paisaje y la economía de sus sectores productivos.

Son también valores importantes de este territorio, los restos arqueológicos monumentales, cuya preservación, promoción y puesta en valor son tareas concurrentes con las metas del desarrollo.

Así mismo es importante tomar en cuenta la condición de fragilidad ecológica del área metropolitana, vulnerable a peligros, referidos principalmente al riesgo sísmico, a los provenientes de inundaciones y la erosión tanto marítima como ribereña.

El área urbana de la ciudad de Trujillo tiene en la actualidad se distribuye de acuerdo al uso de suelo en:

#### **a. Zona comercial**

La zona comercial de la ciudad de Trujillo, ocupa un área aproximada de 196,08 ha que representa al 4,5% del área total. Principalmente, ocupando una extensión estimada de 40,40 ha en el centro cívico, donde se realizan las

actividades financieras, comerciales, administrativas y de servicios para toda la región.

Los barrios antiguos también cumplen con dotar a la ciudad con una red de comercialización a nivel micro regional de productos agropecuarios, vestido y calzado, y terminal de transporte a nivel regional, ocupando en su conjunto una extensión aproximada de 65,80 ha.

En las urbanizaciones, a lo largo de los principales viales partiendo de la Av. España y alrededor de la Av. América, también se pueden encontrar establecimientos comerciales, que brindan sus servicios a nivel metropolitano, ocupando una extensión estimada de 45 ha.

En los pueblos jóvenes de la ciudad también se pueden encontrar establecimientos comerciales alrededor de los mercados de abastos y en las avenidas principales que brindan sus servicios a nivel local, se calcula una extensión de 44,88 ha en total.

#### **b. Zona Residencial**

La zona residencial de la ciudad de Trujillo ocupa un área de 3 071,97 ha que representa al 70,3% del área total.

Se distribuye en la zona central antigua en 60,62 ha en los barrios antiguos en 197,39 ha, en las urbanizaciones en 1 325,83 ha y en los pueblos jóvenes en 1 488,13 ha.

#### **c. Zona Industrial**

La zona industrial de la ciudad de Trujillo, ocupa un área total de 1 104,74 ha y está localizada en 3 sectores:

La urbanización Santa Leonor con una extensión de 34,44 ha, en la Panamericana Sur, antes de entrar a la ciudad ocupando un área de 124,6 ha y en el Parque Industrial ubicado en la Panamericana Norte con un área aproximada de 945,70 ha.

La zonificación general del área de estudio, se puede apreciar en la Figura 3.3.



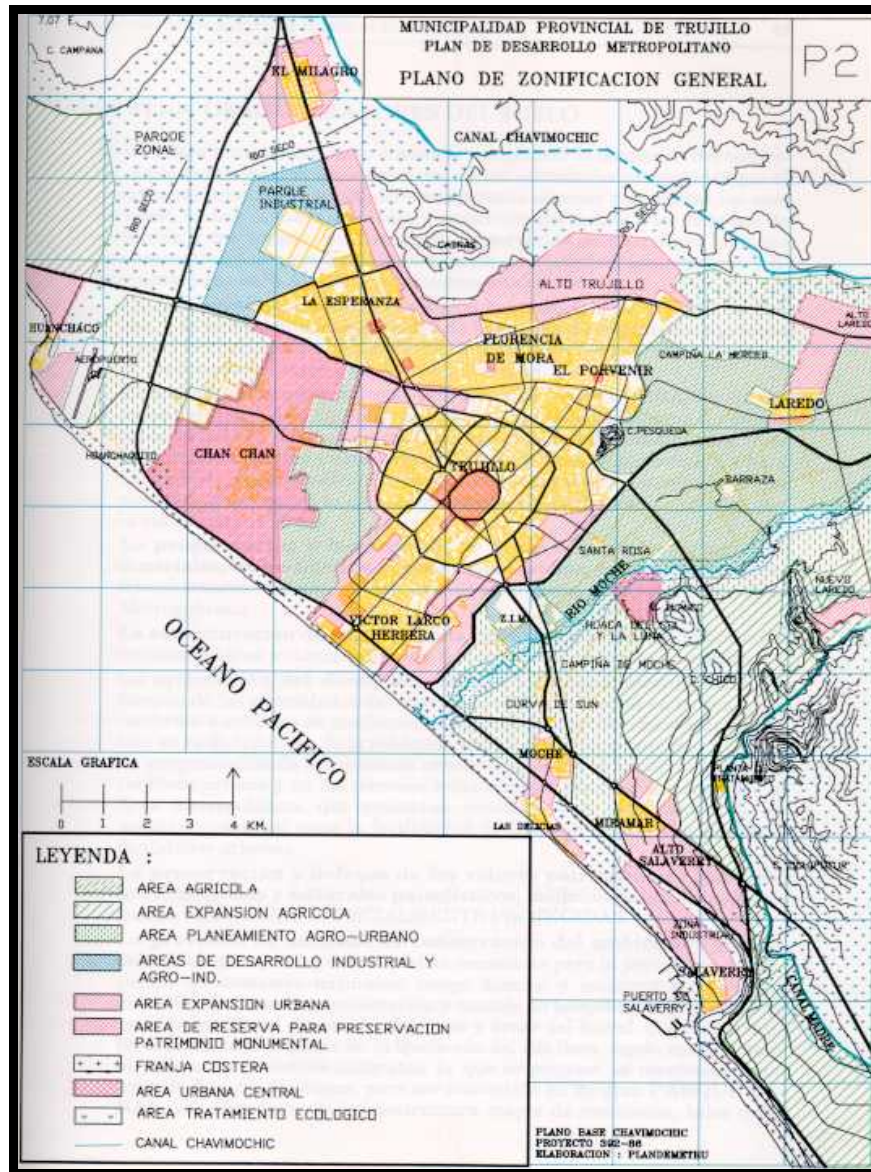


Fig. 3.3 Plano de Zonificación General

### 3.3. SISTEMA VIAL REGIONAL

El sistema vial tiene como finalidad establecer la red que garantice la interrelación y el conjunto y vinculaciones entre las grandes áreas urbanas de la metrópoli y de esta con la región y el resto del país, con fluidez espacial adecuada, evitando en lo posible producir fenómenos de saturación y congestionamiento.

Actualmente el sistema vial tiene un sentido radial concéntrico a la que se conectan vías expresas que permiten un tránsito rápido y movilidad óptima para el tráfico directo al área central y los distritos de Huanchaco y el complejo Moche-Salaverry y el sector de Laredo. El PLANDEMETRU distingue cuatro grandes categorías de vías:

#### a. Vías de Carácter Nacional

Son las vías que forman parte del Sistema nacional de Carreteras que cruzan el área metropolitana y la vinculan con el resto del país. En el Área de estudio tenemos la Carretera Panamericana Norte es la única carretera que existe actualmente, como proyecto a largo plazo se tiene la autopista Costanera que se proyectaría desde la margen derecha del Río Santa hasta conectarse con la vía de evitamiento de Trujillo, otra propuesta de vía de interconexión de gran importancia es la Carretera de Penetración Salaverry-Juanjuí, con 535 km. de longitud que atravesaría las tres regiones naturales y representa una alternativa de integración y desarrollo regional.

#### b. Vías de Enlace Regional

Son aquellas que integran a la metrópoli con distintas sub regiones del país en el área de estudio tenemos: Los tramos Trujillo, Virú, Chao hacia el Sur y Trujillo, El Milagro, Chicama, de la actual carretera Panamericana Norte. Se proyecta a futuro la Carretera Salaverry a Santiago de Chao (valle de Chicama) que pasará por el tablazo de Huanchaco. Su trazo formaría parte de la nueva Autopista Costanera.

#### c. Vías Metropolitanas

Son aquellas destinadas a soportar grandes flujos vehiculares, con circulación en condiciones de flujo libre.

**Se plantean como vías expresas y semi expresas:** La prolongación de la Av. Villarreal, Prolongación de la Av. Gonzales Prada y la Av. Industrial, en el tramo del sector de Laredo.

**Como vías Arteriales:** Anulares y Radiales

Son todas aquellas que conforman los anillos viales concéntricos que se complementan con las vías radiales para vincular eficientemente las diferentes áreas urbanas de Trujillo metropolitano con el área central. Forman parte de la red vial básica de la ciudad. **Los anillos viales** que articulan grandes áreas de atracción de la ciudad en forma fluida así mismo permiten la estructuración de las áreas urbanas constituyéndose en ejes viales de gran potencialidad de generación de dinamismo urbano, con actividades comerciales y de servicios. Las principales son: la Av. España que es el anillo Vial del Centro Histórico, la Av. América que es el anillo de desconcentración, anillo vial de la Av. Casals variante de la Av. América Norte. **Los anillos viales** que articulan

grandes áreas de atracción de la ciudad en forma fluida así mismo permiten la estructuración de las áreas urbanas constituyéndose en ejes viales de gran potencialidad de generación de dinamismo urbano, con actividades comerciales y de servicios. Las principales son: la Av. España que es el anillo Vial del Centro Histórico, la Av. América que es el anillo de desconcentración, anillo vial de la Av. Casals variante de la Av. América Norte. **Vías Arteriales Radiales** originalmente planteadas en función de salir o ingresar al Centro Histórico de Trujillo construyéndose en ejes transversales y longitudinales de desarrollo las principales son la Av. Víctor Larco, Av. Los Incas que se prolonga a la Av. Vallejo Este y Oeste, la Av. Nicolás de Piérola que continua con la José Gabriel Condorcanqui (Panamericana Norte), la Av. Tupac Amaru-Av. Tahuantinsuyo, la Av. Miraflores, la Av. Mansiche (Carretera a Huanchaco) y la Av. Moche.

#### d. Vías de Carácter Local

**Vías de Colectoras Residenciales** son las vías que tienen como función llevar el tránsito de las vías locales a las vías arteriales y en algunos casos a las vías expresas.

**Vías Locales** tiene como función principal proveer de acceso a los predios o lotes urbanos, canalizando los flujos de transporte local hacia y desde las vías colectoras interdistritales o distritales.

**Vías de Integración Urbano Rural** son vías de diseño especial destinadas al servicio de sectores rurales adyacentes al complejo trujillano y a facilitar su integración a la ciudad

La estructura urbana Vial del Centro Histórico de Trujillo está definida y compuesta de la siguiente manera:

- 64 manzanas
- 15 calles
- 107 cuadras con vías vehiculares
- 02 cuadras con vías peatonales
- 01 pasaje de doble vía
- 01 pasaje de una vía
- 01 pasaje sin salida
- 01 pasaje peatonal
- 24 cuadras de la Av. España
- 16 ingresos al centro Histórico
- 14 salidas del centro Histórico

Los componentes básicos del sistema de tránsito en la ciudad de Trujillo son: **Sistema de servicios de Transporte**, conformado por las empresas que brindan servicios de transportes de personas y carga existentes dentro de la ciudad. Considerando las variantes, existe una clara diferencia entre el



transporte público y privado, donde éste último puede ser transporte público individual, (servicio de Taxi) y transporte público masivo o colectivo, ya sea del servicio rápido o servicio normal, tales como buses, microbuses, camionetas rurales o combis, comités y otros.

**Sistema de equipamiento vial o gestión de Vías**, son todas las organizaciones e instituciones que de manera funcional gestiona la infraestructura vial de la ciudad, llámese la red vial vehicular y peatonal, la geometrización de la ciudad, la zonificación, el diseño e implementación de nuevas vías de rodamiento, intersecciones, etc.

**Sistema de Control Vial**, involucra a todos los entes que regulan los mecanismos que permiten armonizar y dar seguridad al flujo de los diversos elementos que intervienen en el sistema, a través de las diferentes vías del sistema. Este sistema abarca al sistema policial de tránsito y a los subsistemas responsables de administrar los elementos de señalización.

**Sistema de formación Vial**, pertenecen al conjunto de Programas de Educación Vial, orientados hacia distintas categorías de factores humanos: peatones o transeúntes, conductores, cobradores, inspectores, etc. Relacionado estos factores a través de servicios de enseñanza y formación en la normatividad y reglamentación del uso de los demás componentes del sistema enfocado. En la **Figura 3.4** se aprecia la Red Vial Básica.



Fig. 3.4 Red Vial Básica – Anillos Viales

### 3.4. TENDENCIAS DE EXPANSION URBANA

La población de Trujillo con una población actual cercana a los 677 000 habitantes ocupa una área urbana de 4 372,80 Ha.

De acuerdo a las tasas de crecimiento de la población y a la forma como se ha venido expandiendo la ciudad de manera horizontal, edificaciones viviendas particulares unifamiliares, la demanda de tierras con fines de expansión urbanas será grande, teniendo en consideración que para el año 2020 la población de la ciudad será cercana al millón de habitantes, prácticamente se duplicará en el transcurso de 18 años, se requieren tomar políticas de destugurización en la zona central antigua y densificación de las urbanizaciones y pueblos jóvenes, de lo contrario de seguir el crecimiento espontáneo de la ciudad se requerirá de un área equivalente a la que existe en la actualidad.

#### Direcciones de la Expansión Urbana

La tendencia de expansión urbana es llenar los espacios disponibles en los bordes de los límites actuales de la ciudad.

Las direcciones de expansión por el Nor-Oeste es sobre una área comprendida entre la zona intangible y los límites de la ciudad, de uso agrícola o semiagrícola. Esta zona posee alrededor de 300 a 350 Ha que podrían servir para futuras expansiones, presentando mas o menos el 50 % del tamaño actual de la ciudad.

Por el sur tenemos una franja desde las zonas pantanosas cerca al mar hasta la parte Sur-oeste del Distrito de Laredo .Esta zona es actualmente usada en la explotación agrícola, no obstante en las dos márgenes norte de la Panamericana ya se han asentado diversas empresas industriales .Esta zona tiene una extensión que podría construirse una ciudad más del tamaño de Trujillo en la actualidad.

Para la habilitación del área urbana que da acomodo a una población en Trujillo Metropolitano de casi un millón de habitantes en el año 2015, sobre escasamente 6500 hectáreas, la parte central existente de la ciudad, con sus facilidades comerciales y publicas, no será adecuado bajo ninguna circunstancia.

Por un lado, en el curso del desarrollo urbano, habrá una expansión espontánea del centro, y por otro lado, tal expansión debe ser planificada de antemano de modo que las instalaciones modernas puedan irse formando, especialmente algunas que no pueden tomarse en forma particular, tales como calles nuevas, plazas, parques, zonas para peatones, paraderos para microbuses, etc.

Según el PLANDEMETRU, las áreas consolidadas, con una extensión de 5 002 ha, de las cuales 220 ha. Corresponden a las zonas ocupadas por la industria básica del parque Industrial de Trujillo, y la zona agro industrial Sur salida a Moche; otros 375 ha. A diversos equipamientos de carácter metropolitano, distribuidos en el continuo urbano, y el resto con 4 407 ha. Ocupadas por diversos usos predominantemente residenciales, viales, comerciales e industriales, institucionales y equipamientos comunales. Las áreas programadas para la expansión urbana, con un total de 2 330 ha. Corresponden: 332 ha. Para fines de la industria básica y la agro industria y los 1 978 ha para fines residenciales y usos complementarios.

La ciudad de Trujillo ha sufrido un rápido crecimiento en las tres últimas décadas resultado del incremento de su población, aumentando de esta manera considerablemente la ocupación de terrenos adyacentes a los límites de la ciudad. La posibilidad de no alcanzar las densidades normadas, nos lleva a pensar en la demanda a corto plazo de espacios vitales, por lo que es muy importante la determinación de áreas de expansión.

### **3.5. SERVICIOS BASICOS**

La Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad – SEDALIB S.A., es la entidad que brinda estos servicios básicos de saneamiento. Su organización operacional abarca las localidades de Chepén, Guadalupe, Pacasmayo, San Pedro de Lloc, Puerto Malabrigo, Paiján, Chocope, Huanchaco, Moche, Salaverry, Chao, Virú y Trujillo Metropolitano, para ello ha establecido su sede principal en la ciudad de Trujillo.

Conforme a su Ley de creación, SEDALIB S.A. tiene por finalidad brindar en óptimos niveles de eficiencia sus servicios de abastecimiento de agua potable, así como la evacuación de las aguas servidas de los centros urbanos y localidades del ámbito de su jurisdicción. Las actividades que comprende el programa se desarrollan en la ciudad de Trujillo Metropolitano, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.

La población bajo su administración es de 850 000 habitantes, la cobertura de servicio de agua potable directa a diciembre de 2000 alcanzó el 63% de la población del ámbito de atención de SEDALIB S.A. Por el lado del alcantarillado la cobertura directa alcanzó el 57,03 % del total antes indicado.

#### **Sistema de Agua Potable**

El agua potable de Trujillo recibe el aporte del agua captada del río Santa a través del Proyecto Especial de CHAVIMOCHIC y el agua subterránea que es captada a través de pozos profundos e impulsada a reservorios o directamente a las redes de distribución.

En diciembre de 1999 la producción de agua potable en Trujillo fue de 38'391 624 m<sup>3</sup>/s, de la cual el 54% provenía de fuentes subterráneas, y el 46% se abastecía de fuentes superficiales. Se tenía una cobertura del 73,6%, con 93209 conexiones de agua potable que atendían a 592 730 habitantes. A la fecha la cobertura alcanza el 74%. La dotación establecida es de 160 L/hab/día en la ciudad de Trujillo, y de 120 L/hab/día en las zonas marginales (alrededores)

El abastecimiento de agua para consumo humano se hace a partir de los recursos de dos fuentes:

- a) La fuente superficial del Río Santa, que para el presente estudio la dividimos en los siguientes sectores:
  - Sector A:

Comprende desde la bocatoma, el Río Santa, hasta la planta de tratamiento del Alto Salaverry, en el valle Santa Catalina. Las aguas son conducidas por un canal abierto hecho de concreto armado, de aproximadamente 200 km de longitud, con capacidad para 50 m<sup>3</sup>/s de los cuales 1 m<sup>3</sup>/s se ha previsto captar a través de la planta de tratamiento para abastecer de agua potable a Trujillo. Esta compuesta por las siguientes estructuras: bocatoma, desripador, desarenador, canal madre, túnel intercuenca, sifón Pur-pur, túneles del tramo Virú – Moche, etc.

Este sector no se ha considerado en el ámbito del presente informe debido a que es propiedad del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, y no se encuentra dentro de nuestra zona de estudio.

- Sector B:  
Comprende el área a cargo de SEDALIB denominada “Trujillo Metropolitano”, desde la planta de tratamiento de agua potable hasta los reservorios, incluyendo las siguientes estructuras: derivaciones, líneas de aducción, cámara de bombeo, reservorios y redes de distribución.

b) La fuente subterránea

El acuífero subterráneo del Valle Santa Catalina se explota a través de 43 pozos tubulares, mediante equipos de bombeo electromecánicos, produciendo 581,9 L/s.

El agua proveniente de la fuente subterránea y superficial, es conducida a 34 reservorios en operación, de los cuales 16 son elevados y 18 son apoyados, que acumulan una capacidad total de almacenamiento de 43 010 m<sup>3</sup>. De estos reservorios 16 se encuentran en la Administración Técnica I, con un volumen de almacenamiento de 21 250 m<sup>3</sup>.

Planta de Tratamiento de Agua Potable: Tiene capacidad para atender una dotación de 1,0 m<sup>3</sup>/s de producción de agua potable tratada. Actualmente esta operando en un 70% de su capacidad. Es de concreto armado, la tiene a su cargo CHAVIMOCHIC y se ubica en Alto Salaverry.

Líneas de Conducción, Impulsión y Aducción: El sistema de conducción más importante es la tubería de Hierro Dúctil proveniente de la Planta de Tratamiento con una longitud de Total de 17,8 Km, cuyos diámetros varían entre 900 mm y 400 mm. Las tuberías de impulsión provenientes de los pozos, y las líneas de aducción de los reservorios varían de 6’’ a 12’’ de diámetro, siendo en su mayoría tuberías de Asbesto Cemento y PVC.

Estaciones de Bombeo: Se cuenta con 2 estaciones de bombeo y 4 de rebombeo, haciendo un total de 6 estaciones, una ubicada en la Administración Técnica I y cinco en la Administración Técnica II. Estas estaciones sirven para alimentar a los reservorios ubicados sobre la cota 160 m.s.n.m y eventualmente proporcionan agua directamente a algunos sectores de la población. Los pozos carecen de una planta de generación eléctrica, de tal modo que la energía requerida para el funcionamiento de estas cámaras, es tomada de la red tendida por Hidrandina.

Redes de Distribución: Las redes de distribución están compuestas principalmente por tuberías de AC, PVC y fierro fundido en la parte antigua de la ciudad (Centro Cívico). Los diámetros varían entre  $\phi 3''$  y  $\phi 14''$  con una longitud aproximada de 770 km.

### **Funcionamiento del Sistema de Agua Potable**

Tal como se viene explicando, el sistema cuenta con dos fuentes de abastecimiento:

- El agua superficial captada del Río Santa y llevada a la Planta de Tratamiento, es conducida por gravedad, a través de las líneas de conducción hacia los reservorios, ubicados en la parte alta de la ciudad (sobre la cota 75 m.s.n.m). Este sistema abastece el 100% de la zona II y el 40% de la zona I, mediante derivaciones con tuberías de 500 hasta 600 mm. En la zona II los principales reservorios Miguel Grau (3 000 m<sup>3</sup>), Florencia de Mora (1 300 m<sup>3</sup>), Alto Trujillo (2 500 m<sup>3</sup>), Manuel Arévalo (3 000 m<sup>3</sup>) y los PIT (8 000 m<sup>3</sup>). En la zona I se destacan el reservorio Los Gemelos, (5 000 m<sup>3</sup>), Nuevo Pesqueda (3 000 m<sup>3</sup>), Alto Pesqueda (2500 m<sup>3</sup>). Posteriormente, mediante líneas de aducción se alimenta a los diversos sectores de abastecimiento.
- El agua subterránea es captada a través de pozos profundos e impulsa a reservorios o directamente a las redes de distribución. Existen dos líneas principales de impulsión; la primera proviene de la batería de pozos Laredo que complementa el llenado de los reservorios Gemelos, y la segunda que recorre la carretera industrial y alimenta a los reservorios: Monserrate, San Andrés y redes de distribución de la zona oeste de la ciudad. Independientemente del sistema descrito, existen pozos que alimentan directamente a distintos sectores de abastecimiento.

### **Sistema de Alcantarillado**

En la actualidad aproximadamente 370 km de redes de alcantarillado presentan un alto grado de vulnerabilidad a la ocurrencia de eventos naturales, porque ya han cumplido su periodo de diseño y porque estructuralmente están bastante deterioradas por efecto principalmente de los gases, en términos generales son dos los motivos para que ello ocurra:

- a) Antigüedad de las tuberías, algunas datan del año 1933
- b) Tipo de material de fabricación: arcilla vitrificada, fierro fundido y concreto simple normalizado.

En los últimos años se ha podido comprobar que en la mayoría de tramos la tubería se ha desintegrado a tal extremo que sólo existe el canal por donde discurre el desagüe. Con el fin de preservar el servicio en forma constante, SEDALIB S.A. está realizando trabajos específicos de mantenimiento correctivo y con mayor frecuencia en dos actividades: Reparación y cambio de las tuberías en los tramos

que colapsan y desatoros. En situaciones extremas de emergencia en donde la población está expuesta a aguas servidas, se están renovando tramos completos, sin embargo por el problema de financiamiento no se rehabilitan mayor cantidad de tramos.

### Situación en el Centro Cívico

Las redes de agua potable y alcantarillado existentes en el Centro Cívico se instalaron a partir del año 1930 para atender a una población que era muy inferior a la que actualmente tiene. La red de alcantarillado en orden de antigüedad está compuesta de materiales como: Arcilla vitrificada de Ø 6", fierro fundido Ø 6" y 8", y CSN Ø 6" y 8".

En este sector las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior del lomo de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebaleses de desagüe, ello se complica más aún si se tiene en cuenta que en este sector el tráfico aunque no pesado es intenso y contribuye al asentamiento de los colectores.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.2 Colectores a renovar en el Centro Cívico**

| Urbanización - Dirección      | Ø  | Long. (m) | Conex. Domic. | Observaciones                    |
|-------------------------------|----|-----------|---------------|----------------------------------|
| <b>CENTRO CIVICO</b>          |    |           |               |                                  |
| Bolívar                       | 8" | 400       | 25            | Entre Junín a España Este        |
| San Martín                    | 8" | 1 200     | 76            | Toda la calle                    |
| Independencia                 | 8" | 450       | 25            | Desde Orbegoso a España Oeste    |
| Francisco Pizarro             | 8" | 450       | 20            | Desde Junín a España Oeste       |
| Ayacucho                      | 8" | 1 200     | 68            | Toda la calle                    |
| Estete cuerdas 5, 6 y 7       | 8" | 300       | 25            | Plazuela Recreo a España Sur     |
| Colón cuerdas 5, 6 y 7        | 8" | 300       | 24            | Desde Fco. Pizarro a España Sur  |
| Gamarra                       | 8" | 800       | 60            | Desde Zepita a España Sur        |
| Orbegoso cdas. 4, 5, 6, 7 y 8 | 8" | 400       | 30            | Desde Independencia a España Sur |
| Almagro                       | 8" | 800       | 55            | Toda la calle                    |
| Bolognesi                     | 8" | 800       | 50            | Toda la calle                    |
| Alfonso Ugarte                | 8" | 600       | 35            | Toda la calle                    |
| Psje Modesto Blanco           | 8" | 60        | 8             | Todo el pasaje                   |
| Grau                          | 8" | 700       | 28            | 2 colectores, Ø12" y Ø8"         |
| Av. España                    | 8" | 1 500     | 50            | Desde Unión a Av. España cdra. 3 |
| Psje. San Agustín             | 8" | 180       | 12            | Todo el pasaje                   |
| <b>Total General</b>          | 8" | 10 140    | 591           |                                  |

- Renovación de 9 940 m de tubería 8" y 200 m de tubería 12", todas con tubería PVC

- Renovación de 591 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 4 137 m de tubería 6" PVC.

\* Es posible que al término del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes, sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante.

**Situación en El Alambre, Santa Isabel, San Salvador, San Nicolás, Sánchez Carrión y Av. Mansiche**

Las urbanizaciones indicadas, son sectores antiguos de la ciudad y se ubican al norte del Centro Cívico.

La antigüedad de las instalaciones en estos lugares data de 1940, ya que eran las primeras áreas de expansión desde el centro de la ciudad. La tubería del sistema de alcantarillado es de CSN Ø 8"; en algunos casos pasa por debajo de las viviendas.

En estos sectores las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebalses de desagüe.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.3 colectores a renovar en el Alambre, Santa Isabel, San Salvador, San Nicolás, Sanchez Carrión y Av. Mansiche**

| Urbanización - Dirección | Ø  | Long. (m) | Conex. Domic. | Observaciones                  |
|--------------------------|----|-----------|---------------|--------------------------------|
| <b>EL ALAMBRE</b>        |    |           |               |                                |
| Filadelfia               | 8" | 400       | 23            | Av. Mansiche a Pedro Muñiz     |
| Boston                   | 8" | 350       | 20            | Praga a Pedro Muñiz            |
| Frankfurt                | 8" | 350       | 20            | Praga a Pedro Muñiz            |
| Buenos Aires             | 8" | 180       | 10            | Manchester a Pedro Muñiz       |
| Manchester               | 8" | 180       | 10            | Tíbet a Buenos Aires           |
| <b>SANTA ISABEL</b>      |    |           |               |                                |
| Praga                    | 8" | 200       | 12            | Filadelfia a Buenos Aires      |
| Psje Florencia           | 8" | 180       | 10            | Todo el pasaje                 |
| Atenas                   | 8" | 120       | 7             | Liverpool a Bombay             |
| Surinam                  | 8" | 180       | 10            | Pasaje Surinam a Pedro Muñiz   |
| <b>SAN SALVADOR</b>      |    |           |               |                                |
| Av. Mansiche Cdra. 11    | 8" | 120       | 7             |                                |
| <b>SAN NICOLAS</b>       |    |           |               |                                |
| Jesús de Nazareth        | 8" | 350       | 20            | Desde Roma hasta D. A. Carrión |
| <b>SANCHEZ CARRION</b>   |    |           |               |                                |
| Caracas                  | 8" | 120       | 7             | Medellín a Río de Janeiro      |

|                      |     |       |     |                                   |
|----------------------|-----|-------|-----|-----------------------------------|
| Medellín             | 8"  | 120   | 7   | Santiago de Chile a Pedro Muñiz   |
| La Paz               | 8"  | 120   | 7   | Santiago de Chile a Pedro Muñiz   |
| Asunción             | 8"  | 120   | 7   | Santiago de Chile a Pedro Muñiz   |
| <b>AV. MANSICHE</b>  |     |       |     |                                   |
| Av. Mansiche         | 8"  | 900   | 52  | G. de la Torre a Av. España Norte |
|                      | 10" | 165   | 4   | Av. América a G. de la Torre      |
|                      | 12" | 350   |     | G. de la Torre a Av. España Norte |
| <b>Total General</b> |     | 4 505 | 235 |                                   |

- Renovación de 3 940 m de tubería 8" y 200 m de tubería 12", todas con tubería PVC
- Renovación de 591 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 4 137 m de tubería 6" PVC.

\* Es posible que al término del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes, sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante.

### Situación en Intendencia y El Molino

Las urbanizaciones indicadas, también son sectores antiguos de la ciudad y se ubican al Este del Centro Cívico.

La antigüedad de las instalaciones en estos lugares data de 1940, ya que eran las primeras áreas de expansión desde el centro de la ciudad. La tubería del sistema de alcantarillado es de CSN Ø 8"; en algunos casos pasa por debajo de las viviendas.

En estos sectores las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebalses de desagüe.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.4 Colectores a renovar en Intendencia y el Molino**

| Urbanización - Dirección        | Ø  | Long. (m) | Conex. Domic. | Observaciones                  |
|---------------------------------|----|-----------|---------------|--------------------------------|
| <b>LA INTENDENCIA-EL MOLINO</b> |    |           |               |                                |
| Pachitea                        | 8" | 150       | 9             | Colector atraviesa la vivienda |
| Psje. Zaña                      | 8" | 60        | 3             | Colector atraviesa la vivienda |
| Psje. Jequetepeque              | 8" | 60        | 3             | Colector atraviesa la vivienda |
| M. Rodríguez                    | 8" | 80        | 5             | D. Hoyle a Av. Del Ejército    |
| Psje Manu                       | 8" | 180       | 10            | Ucayali a Av. Perú             |
| Ucayali                         | 8" | 400       | 23            | Tambo a Manu                   |
| Tambo                           | 8" | 330       | 19            | Av. Santa a Av. Perú           |
| Suches                          | 8" | 100       | 6             | Av. Santa a Putumayo           |
| Psje Tigre                      | 8" | 120       | 7             | Todo el pasaje                 |
| Psje llave                      | 8" | 240       | 14            | Todo el pasaje                 |



|                      |    |              |            |                                   |
|----------------------|----|--------------|------------|-----------------------------------|
| Borgoña              | 8" | 400          | 23         | Av. El Ejército a Av. Miraflores  |
| Cecilio Cox          | 8" | 400          | 23         | Av. Santa a Av. Miraflores        |
| Daniel Hoyle         | 8" | 450          | 26         | Av. América Norte a Pinillos      |
| Santa Cruz           | 8" | 260          | 15         | Cecilio Cox a Av. Santa           |
| Coronel Gómez        | 8" | 500          | 29         | Jequetepeque a Odonovan           |
| Psje Olaya           | 8" | 120          | 7          | Unión a Av. Perú                  |
| Mantaro, cuadras 1-4 | 8" | 550          | 32         | Unión a Av. Miraflores            |
| Huallaga cuadras 1-5 | 8" | 650          | 38         | Av. Unión a Huampaní              |
| Psje Chicama         | 8" | 180          | 10         | Av. Del Ejército a Av. Miraflores |
| Marañón              | 8" | 200          | 12         | Unión a Av. Santa                 |
| Psje Agricultura     | 8" | 120          | 7          | Pasa por mercado                  |
| Chira cuadra 2       | 8" | 120          | 7          | Rímac a Av. Perú                  |
| Rímac                | 8" | 660          | 38         | Amazona a Napo                    |
| Av. Del Ejército     | 8" | 950          | 55         | América Norte a Amazonas          |
| Amazonas             | 8" | 300          | 17         | Unión a Av. Miraflores            |
| <b>Total General</b> |    | <b>7 580</b> | <b>440</b> |                                   |

- Renovación de 7 580 m de tubería 8" con tubería PVC
- Renovación de 440 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 3 080 m de tubería 6" PVC.
- Es posible que al término del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes, sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante.

### **Situación en La Noria, El Bosque y Santo Dominguito**

Las urbanizaciones indicadas se ubican al Sur Este del Centro Cívico de Trujillo.

Las instalaciones en estos lugares se ejecutaron durante los años 1975-80. La tubería del sistema de alcantarillado es de CSN Ø 8", para el caso de la Urb. El Bosque el sistema del alcantarillado inicialmente concebido para esta única urbanización recibe actualmente los aportes de los AAHH del Cerro Pesqueda que han sobrecargado peligrosamente el sistema de alcantarillado y lo hacen operar casi al límite de su capacidad.

En estos sectores las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebalses de desagüe.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.5 Colectores a renovar en La Noria, El Bosque y Santo Dominguito**

| Urbanización – Dirección   | Ø  | Long. (m)    | Conex. Domic. | Observaciones                    |
|----------------------------|----|--------------|---------------|----------------------------------|
| <b>LA NORIA</b>            |    |              |               |                                  |
| T. Rodríguez de Mendoza    | 8" | 400          | 23            | Rosales a Aristóteles            |
| Emmanuel Kant cuadra 4     | 8" | 120          | 7             | Rosales a Sócrates               |
| Jaime Balmes               | 8" | 300          | 17            | Salazar Bondy a Aristóteles      |
| <b>EL BOSQUE</b>           |    |              |               |                                  |
| Rafael Sanzio cuadra 7 y 8 | 8" | 180          | 10            | Leonardo Da Vinci a G. Barrón    |
| Basilio Pacheco            | 8" | 400          | 23            | Leonardo Da Vinci a Juan Zapata  |
| Gil de Castro              | 8" | 400          | 23            | Leonardo Da Vinci a Juan Zapata  |
| <b>SANTO DOMINGUITO</b>    |    |              |               |                                  |
| Baca Flor                  | 8" | 600          | 35            | R. Palma a Mariano Melgar        |
| Francisco Lazo cuadra 5    | 8" | 120          | 7             | Corpancho a Marino Melgar        |
| Borgoño                    | 8" | 400          | 23            | Av. El Ejército a Av. Miraflores |
| Pancho Fierro              | 8" | 350          | 20            | Camilo Brent a Caverro de Toledo |
| Sérvulo Gutiérrez          | 8" | 600          | 35            | V. A. Belaunde a L. Da Vinci     |
| Julia Codesido             | 8" | 700          | 41            | V. A. Belaunde a Baca Flor       |
| Ascencio del Solar         | 8" | 300          | 17            | Mdo. Indoamericano a Psje Tres   |
| Miguel Ángel               | 8" | 400          | 23            | R. Palma a Leonardo Da Vinci     |
| Av. Carlos Wisse           | 8" | 350          | 20            | Unión a Av. Miraflores           |
| <b>Total General</b>       |    | <b>5 220</b> | <b>303</b>    |                                  |

- Renovación de 5 220 m de tubería 8" PVC
- Renovación de 303 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 2 121 m de tubería 6" PVC.

\* Es posible que al término del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes, sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante

### **Situación en Huerta Grande, Primavera y Quintanas**

Las urbanizaciones indicadas se ubican al Norte del Centro Cívico de Trujillo.

Las redes de agua potable y alcantarillado existentes en estas urbanizaciones se instalaron a partir del año 1965-70. Las redes de alcantarillado en estos sectores se caracterizan por ser el CSN.

En estos sectores las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebalses de desagüe.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.6 Colectores a renovar en Huerta Grande, Primavera y Quintanas**

| Urbanización – Dirección     | Ø  | Long.<br>(m) | Conex.<br>Domic. | Observaciones                    |
|------------------------------|----|--------------|------------------|----------------------------------|
| <b>HUERTA GRANDE</b>         |    |              |                  |                                  |
| Progreso                     | 8" | 120          | 7                | Agricultura a Av. España Norte   |
| Agricultura                  | 8" | 180          | 10               | La Constancia a Av. España Norte |
| Minería                      | 8" | 60           | 3                | La Constancia a Av. España Norte |
| La Constancia                | 8" | 350          | 20               | Agricultura a Juan Tirado        |
| <b>PRIMAVERA</b>             |    |              |                  |                                  |
| Ballón Farfán                | 8" | 240          | 14               | Chávez Aguilar a Daniel Robles   |
| Andrés Sas                   | 8" | 180          | 10               | Chávez Aguilar a Rebagliati      |
| Collantes                    | 8" | 100          | 6                | Chávez Aguilar a Rebagliati      |
| Villalobos                   | 8" | 180          | 10               | Chávez Aguilar a Rebagliati      |
| Alfonso Da Silva             | 8" | 350          | 20               | Chávez Aguilar a T. Valcárcel    |
| Chávez Aguilar               | 8" | 350          | 20               | Ballón Farfán a Felipe Pinglo    |
| <b>LAS QUINTANAS</b>         |    |              |                  |                                  |
| Nicolás Rebaza cuadras 7 y 8 | 8" | 200          | 12               | Sarmiento a parque               |
| <b>Total General</b>         |    | 2,310        | 134              |                                  |

- Renovación de 2 310 m de tubería 8" PVC
- Renovación de 134 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 938 m de tubería 6" PVC.
- \* Es posible que al termino del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes , sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante

### **Situación en Pay Pay, Los Granados, Chimu, Razuri y Daniel Hoyle**

Las urbanizaciones indicadas se ubican al Este del Centro Cívico de Trujillo y externamente a la Av. América Norte, son también sectores antiguos de la ciudad.

Las redes de agua potable y alcantarillado existentes en estas urbanizaciones se instalaron a partir del año 1960-65. Las redes de alcantarillado en estos sectores se caracterizan por ser el CSN 8" y también porque en algunos casos no tienen el diámetro adecuado.

En resumen, en estos sectores las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior o lomo de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebalses de desagüe.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.7 Colectores a renovar en Pay Pay, Los Granados, Chimú, Razuri y Daniel Hoyle**

| Urbanización – Dirección | Ø  | Long. (m)    | Conex. Domic. | Observaciones                      |
|--------------------------|----|--------------|---------------|------------------------------------|
| <b>PAY PAY</b>           |    |              |               |                                    |
| Pedro Ruiz Gallo         | 8" | 270          | 16            | Av. América Norte a Av. Villarreal |
| De la Cierva             | 8" | 330          | 19            | Av. América Norte a Av. Villarreal |
| Edinson                  | 8" | 95           | 6             | De la Cierva a Llona               |
| Mar                      | 8" | 70           | 4             | De la Cierva a Llona               |
| Llona                    | 8" | 130          | 8             | Edison a Morse                     |
| <b>LOS GRANADOS</b>      |    |              |               |                                    |
| Fermín Tangüis           | 8" | 100          | 6             | Heredia a Hipólito Unanue          |
| Cayetano Heredia         | 8" | 400          | 23            | Unión a Quezada                    |
| Hipólito Unanue          | 8" | 600          | 35            | Unión a Prolongación Santa         |
| <b>URB. CHIMU</b>        |    |              |               |                                    |
| Llanos Zapata            | 8" | 400          | 23            | Carlos Monge a O. Reselles         |
| <b>RAZURI</b>            |    |              |               |                                    |
| Pallardeli cuadra 1 y 2  | 8" | 100          | 6             | Pablo de Olavide a Pumacahua       |
| <b>DANIEL HOYLE</b>      |    |              |               |                                    |
| Prolong. Av. Perú        | 8" | 450          | 26            |                                    |
| Humboldt                 | 8" | 350          | 20            |                                    |
| Albert Einstein          | 8" | 350          | 20            |                                    |
| Hipócrates               | 8" | 120          | 7             |                                    |
| Alexander Fleming        | 8" | 360          | 21            |                                    |
| <b>Total General</b>     |    | <b>4 125</b> | <b>239</b>    |                                    |

- Renovación de 4 125 m de tubería 8" con tubería PVC
- Renovación de 239 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 1 673 m de tubería 6" PVC.

\* Es posible que al término del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes, sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante

### **Situación en Aranjuez, Palermo, Chicago y El Sol**

Las urbanizaciones que constituyen este proyecto se ubican al Este y al Sur Este del Centro Cívico de Trujillo e internamente a la Av. América Norte y Sur, salvo la Urb. El Sol.

Las redes de agua potable y alcantarillado existentes en estas urbanizaciones se instalaron a partir del año 1960-70. Las redes de alcantarillado en estos sectores se caracterizan por ser el CSN 8" y también porque en algunos casos no tienen el diámetro adecuado.

En resumen, en estos sectores las tuberías presentan dos problemas, la falta de capacidad de conducción y deterioro de la parte superior o lomo de los tubos, lo que origina el asentamiento de tramos de colector y consecuentemente atoros o rebalses de desagüe.

Actualmente para mantener el sistema operativo se realizan labores de desatoro de redes y renovación de tramos de colector donde el desatoro ya no es la solución, pero en términos generales todas éstas son actividades paliativas que no solucionan de lleno el problema del deterioro de los colectores y sólo prolongan la agonía de un sistema que está a punto de colapsar.

**Tabla 3.8 Colectores a renovar en Aranjuez, Palermo, Chicago y El Sol**

| Urbanización – Dirección     | Ø  | Long. (m) | Conex. Domic. | Observaciones                |
|------------------------------|----|-----------|---------------|------------------------------|
| <b>ARANJUEZ</b>              |    |           |               |                              |
| Cerro de Pasco               | 8" | 650       | 38            | Puno a Majes                 |
| Ancash                       | 8" | 350       | 20            | Puno a Cerro de Pasco        |
| Piura                        | 8" | 400       | 23            | Ancash a Av. América Norte   |
| Moquegua                     | 8" | 150       | 9             | Av. Vallejo a Ancash         |
| Iquitos                      | 8" | 150       | 9             | Av. Vallejo a Puno           |
| Lambayeque                   | 8" | 400       | 23            | Av. Vallejo a Unión          |
| Pacasmayo                    | 8" | 120       | 7             | Piura a Unión                |
| Tacna                        | 8" | 120       | 7             | Cerro de Pasco a Parque      |
| <b>PALERMO</b>               |    |           |               |                              |
| José Sabogal                 | 8" | 350       | 20            | Arequipa a Sinchi Roca       |
| El Tunante                   | 8" | 350       | 20            | Av. Vallejo a F. Sandoval    |
| Feijo de Sousa               | 8" | 300       | 17            | Av. Vallejo a De la Puente   |
| Valle Goicochea cuadra 2 y 3 | 8" | 150       | 9             |                              |
|                              | 8" |           |               |                              |
|                              | 8" |           |               |                              |
|                              | 8" |           |               |                              |
|                              | 8" |           |               |                              |
|                              | 8" |           |               |                              |
| Hipólito Unanue              | 8" | 600       | 35            | Unión a Prolongación Santa   |
| <b>URB. CHIMU</b>            |    |           |               |                              |
| Llanos Zapata                | 8" | 400       | 23            | Carlos Monge a O. Reselles   |
| <b>RAZURI</b>                |    |           |               |                              |
| Pallardeli cuadra 1 y 2      | 8" | 100       | 6             | Pablo de Olavide a Pumacahua |
| <b>DANIEL HOYLE</b>          |    |           |               |                              |
| Prolong. Av. Perú            | 8" | 450       | 26            |                              |
| Humboldt                     | 8" | 350       | 20            |                              |
| Albert Einstein              | 8" | 350       | 20            |                              |
| Hipócrates                   | 8" | 120       | 7             |                              |
| Alexander Fleming            | 8" | 360       | 21            |                              |
| <b>Total General</b>         |    | 4 125     | 239           |                              |

- Renovación de 11 620 m de tubería 8", 165 m de tubería de 10" y 225 m de tubería de 16", todo con tubería PVC.
- Renovación de 697 conexiones domiciliarias, se requiere la instalación de 4 880 m de tubería 6" PVC.
- \* Es posible que al termino del proyecto se hayan realizado las renovaciones correspondientes , sin embargo estos datos servirían para los planes de mitigación que se podrían realizarse mas adelante

### 3.6. CARACTERIZACION FISICO GEOGRAFICA

#### 3.6.1. CLIMA

El clima en el área de estudio es per-árido y semi-árido y se caracteriza principalmente por la ausencia de lluvias sin extremos de calor o frío. El clima debería tener temperatura entre 25 a 40 grados centígrados, con lluvias torrenciales, como en otras zonas similares. No sucede esto, porque cerca de la costa norteña pasa la corriente de Humbolt, se trata de un río de agua fría en medio del mar, que discurre de Sur a Norte. Y este fenómeno natural enfría y desvía la corriente del Niño de aguas calientes, ya que es la que produce evaporación y lluvias, y más bien den origen a una atmósfera que atrae niebla y garúa.

Además en la cordillera de los Andes que impide el paso de los vientos alisios cargados de humedad, producen 2 fenómenos principales: la intensificación de las lluvias en el flanco andino oriental, y la condición desértica de la costa trujillana agudizada por la corriente de Humbolt.

**Temperatura.-** La temperatura del área de estudio oscila en promedios mensuales (Respecto a su patrón climatológico, la temperatura máxima, presenta anomalías negativas alrededor de  $-2,0^{\circ}\text{C}$ , para toda la costa en general.) :  $18,6^{\circ}\text{C}$  de temperatura media,  $22,5^{\circ}\text{C}$  temperatura alta media, y  $15,5^{\circ}\text{C}$  de temperatura mínima media; correspondiendo la temperatura máxima absoluta mensual al mes de Marzo con  $27,5^{\circ}\text{C}$ , de promedio y una temperatura mínima absoluta mensual al mes de Julio con  $21,1^{\circ}\text{C}$ .

**Precipitación.-** Las precipitaciones son escasas, generalmente menores a 100 mm por año, y se producen como ligeras lloviznas en los meses de invierno. El invierno es nublado con garúa y baja nubosidad entre los meses de Abril a Noviembre. Las estaciones meteorológicas situadas en distintos lugares de la faja costanera registran precipitaciones muy bajas; la estación de la ciudad señala una media anual de 1,7 mm.

En el fondo de los valles del flanco andino el clima es templado y semiárido, mientras que en el altiplano es frío y subhúmedo.

A partir de los 1 000 m.s.n.m. se produce un incremento rápido de las precipitaciones pluviales, registrándose las máximas descargas arriba de los 2 000 m.s.n.m. Los registros de las medias anuales en las siguientes estaciones son Salagual (2 332 m.s.n.m.) 1 283 mm, Campoden (1 430 m.s.n.m.) 616, 2mm, y Motil (3 207 m.s.n.m.) 886,2 mm, respectivamente.

**Humedad relativa.-** Se aprecia que la humedad relativa tiene un régimen casi uniforme a lo largo del año, presentando solamente una oscilación de 2,6 %. En términos generales se verifica que la humedad relativa es mayor durante el invierno (88 %) que en el verano (77%), lo que nos da un promedio anual de 83, 5%.

**Presión Atmosférica.-** En base a los registros mensuales de la Estación de CORPAC el promedio anual es de 1012,89 mb. Los valores barométricos

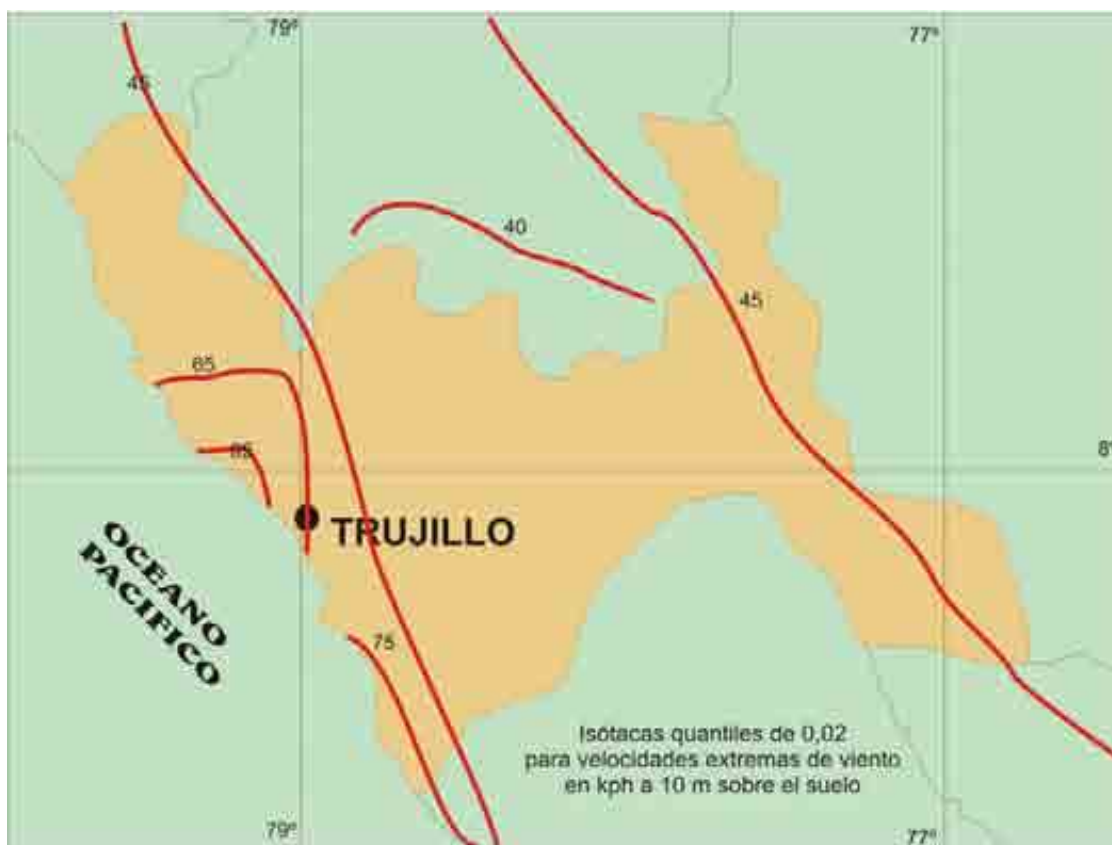
tienen una tendencia a incrementarse durante el invierno y la primavera, y a descender durante el verano, debido a que en una estación se presenta mucha inestabilidad atmosférica, originada por la mayor insolación persistente en el área.

**Vientos.-** De acuerdo a los registros podemos notar que predomina con notable persistencia el viento SUR, que en muy pocas oportunidades varía a SURESTE.

La velocidad que alcanza el viento, oscila desde 9,8 Km/h, en promedio, correspondiendo estos valores al grado 2, según la escala de Beaufort de la clasificación de vientos, denominando al viento por el mismo autor como “flojito”.

Sin embargo para fines de diseño para periodos de Recurrencia de 50 años, se han hallado isótacas cuantiles de 0,02 para velocidades extremas de viento. **(Ver Fig.3.5).**

En ese sentido se considera que el área de la costa de la región estudiada esta siempre bajo la influencia de un viento dominante SUR.



**Fig. 3.5 Mapa Eólico con Periodo de Recurrencia de 50 Años**

### **Consideraciones Hidrológicas Básicas**

Se presenta información hidrológica, específicamente de máximas avenidas, con lo cual se logrará:

- La definición de las áreas inundables que permitirá identificar las zonas vulnerables, las cuales serán incluidas en el mapa de peligros;
- La determinación de las máximas avenidas en las diferentes cuencas, que permitirá evaluar los puntos críticos que pueden colapsar y ocasionar inundaciones.
- Teniendo como referencia las dimensiones de las quebradas secas que se activaron en los eventos anteriores, podemos identificar las áreas invadidas de los cauces, los mismos que se incluirán en el mapa de peligros.

### **3.6.2. GEOMORFOLOGIA**

El valle del Río Moche, en igual forma que el resto de valles de nuestra costa, recibe sedimentos fluviales transportados por el río que desciende desde considerables alturas (sobre los 4 000 m.s.n.m.) en régimen de avenidas turbulentas y fuertes de corta duración; este tipo de escorrentía produce una sedimentación de materiales gruesos, a muy gruesos, alternados con elementos finos como arenas, limos y arcillas, ya sea mezclados o en estratos y lentes de poca extensión lateral. Como consecuencia de este régimen de escorrentía, no es posible encontrar depósitos exentos de materiales finos, que frecuentemente se forman bajo un régimen de flujos permanentes y fijos.

Los elementos componentes que constituyen el relleno aluvial provienen mayormente de rocas sedimentarias que predominan en la zona andina (cuarcitas, areniscas, pizarras), y de las rocas magmáticas que forman las laderas occidentales de la cordillera.

Por la gran variabilidad tanto en los productos de erosión depositados, como en los mismos procesos de deposición, se tiene como resultado una elevada variación de los sedimentos, que hace muy difícil una correcta correlación estratigráfica, aún sobre distancias relativamente pequeñas, lo cual ha sido comprobado con los estudios geofísicos realizados.

#### **Pampas Costeras**

Por lo expuesto, la configuración geomorfológica del área en estudio, distingue en forma general, la zona occidental de formas llanas que comprende los terrenos bajos de la costa formados por restos de terrazas marinas, aluviales y conos de deyección en distinto grado de preservación, que se desarrollan desde el litoral hasta una altitud de aproximadamente



200 m.s.n.m. donde destacan algunas elevaciones rocosas, con frecuencia aislados, que constituyen las estribaciones más accidentales de la Cordillera de los Andes. Esta unidad por el Oeste, está limitada por escarpas que bordean el litoral.

### **Flanco disectado de los Andes**

Esta unidad, de menor interés para el presente estudio, se extiende entre las pampas costeras y el borde altiplano, con altitudes que varían entre 200 a 3 500 m.s.n.m. está esculpida en rocas sedimentarias y volcánicas, cuyas edades van desde el Jurásico Superior hasta de Terciario Inferior, y en rocas intrusivas del batolito andino.

Esta unidad, se caracteriza por su fuerte pendiente y por estar intensamente disectada por numerosos valles jóvenes con sección transversal “V” que sólo en sus tramos inferiores, correspondientes a las pampas costaneras, adquieren gran amplitud y sus causas tienen gradientes moderados.

### **Agentes Modeladores:**

Dentro de los agentes modeladores del paisaje, el agua y el viento han jugado un papel principal en la formación del relieve actual del valle.

Las aguas provenientes de deshielos pleistocénicos han sido en gran parte responsables del socavamiento del valle, acción que continúa en la actualidad, principalmente por las aguas meteóricas que se colectan en las partes altas del flanco andino. Los productos de erosión han sido transportados y depositados en forma de terrazas y abanicos aluviales, como los que se observan en las quebradas de León y Río seco, en sus salidas a la planicie costera.

El modelado producido por el viento se manifiesta en forma de oquedades, redondeamientos y superficies pulidas que presentan los afloramientos rocosos de las pampas costeras, como se pueden claramente observar en los afloramientos del Cerro Blanco en las cercanías de las Huacas del Sol y la Luna. (**Ver Fig. 3.6 y Fig.3.7**).

Igualmente son características en la superficie de los medanos y mantos de arena las rizaduras producidas por el viento.



**Fig. 3.6** Prolongación del Cerro “Blanco”, donde se destaca la acción del intemperismo mecánico, característico en afloramientos granodioríticos debido a los fuertes vientos de la zona.



**Fig. 3.7** Afloramientos rocosos tipo granodioríticos de la parte alta Quebrada San Idelfonso, con claras muestras del intemperismo característico en este tipo de rocas.

### Suelos

De acuerdo a su origen, los suelos que predominan en el valle pueden ser clasificados en aluviales, marinos, eólicos y coluviales.

- a) Los suelos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en el valle, formando el cono de deyección del Río Moche, las terrazas aluviales y los abanicos de deyección. Físicamente son suelos de textura ligera a media, profundos o superficiales. Ver Fig. 3.8.
- b) Los suelos marinos se encuentran situados en áreas interfluviales, es decir entre valle y valle, comprenden pampas eriazas que se extienden desde el borde litoral hasta los primeros contrapuertes de la Cordillera; son suelos de textura arenosa, suelta en la mayoría de las veces y cimentadas por sales en algunos casos.
- c) Los suelos eólicos se hallan constituidos de arena transportada por el viento y depositada en capas de variado espesor, encima de una mezcla de arena, grava, guijarros y piedras subangulares de origen aluvial. Estos depósitos en nuestro valle se distribuyen tanto en superficie como en el subsuelo, como veremos más adelante.
- d) Los suelos coluviales se hallan formados por materiales gruesos (gravas) mezcladas con limo y arcilla que han sufrido poco transporte, localizándose hacia la base de los cerros o en las pampas adyacentes.



**Fig. 3.8** Acantilado del Río Seco – Huanchaco, que muestra la litología del tipo de suelos con intercalaciones irregulares de gravas angulosas y sedimentos limo-arcillosos.

### 3.6.3. HIDROLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

#### Consideraciones Básicas

Se presenta información hidrológica, específicamente de máximas avenidas, con lo cual se logrará:

- La definición de las áreas inundables que permitirá identificar las zonas vulnerables, las cuales serán incluidas en el mapa de peligros;
- La determinación de las máximas avenidas en las diferentes cuencas, que permitirá evaluar los puntos críticos que pueden colapsar y ocasionar inundaciones.
- Teniendo como referencia las dimensiones de las quebradas secas que se activaron en los eventos anteriores, podemos identificar las áreas invadidas de los cauces, los mismos que se incluirán en el mapa de peligros.

#### Estudio de Descargas Máximas

El análisis de los eventos extremos, en este caso las descargas máximas, es de gran interés que permite determinar las magnitudes y frecuencias para el control de las inundaciones, drenaje y otros.

En el ámbito de estudio que abarca la provincia de Trujillo, por un lado existe registros de descargas máximas del río Moche y por otro lado existen las quebradas de interés (El León, Río Seco, San Ildefonso y San Carlos) que no cuentan con información hidrométrica.

#### A. Cuenca del Río Moche

##### Ubicación

La cuenca del río Moche se encuentra ubicada en la Costa Norte del Perú, abarcando parte de las provincias de Trujillo, Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco, pertenecientes al Departamento de La Libertad, teniendo una superficie total de 2 708 Km<sup>2</sup>; de la superficie total, el 52% corresponde a la denominada “cuenca húmeda” (entre 1 700 a 4 200 m.s.n.m.).

Geográficamente, la cuenca estudiada limita, por el Norte, con la cuenca del río Chicama, por el Sur, con la cuenca del río Virú, por el Este, con la cuenca del río Santa, y por el Oeste con el Océano Pacífico.

##### Hidrografía e Hidrología

El río Moche pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene sus orígenes en la laguna Grande, sobre los 3,988 m.s.n.m. Su cuenca tiene

un área total de drenaje de 2,708 Km<sup>2</sup> y una longitud de recorrido de 102 Km. aproximadamente, con pendiente promedio de 4 %.

La “cuenca húmeda”, que es el área de aporte efectivo de las lluvias, es de 1,418 Km<sup>2</sup> habiéndose fijado este límite en la cota de los 1,500 m.s.n.m. Esta área representa el 52 % de la superficie total y es la que se estima, contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial.

En líneas generales, la cuenca tiene una forma alargada que se ensancha a medida que nos acercamos a la desembocadura. La configuración hídrica de la cuenca así como sus descargas medias anuales se muestra en las Tablas 3.9.A y tabla 3.9.B.

El río Moche nace en la laguna Grande con el nombre de río Grande, adoptando posteriormente los nombres de río San Lorenzo y río Constancia; a la altura de la localidad de San Juan, a unos 14 Km. de su origen, toma el nombre de río Moche, el mismo que conserva hasta su desembocadura en el mar.

El análisis de la información pone de manifiesto que el río Moche presenta características propias de torrente, observándose marcadas diferencias entre sus parámetros extremos.

### **Geomorfología**

La cuenca del río Moche, como la mayoría de los ríos de la costa, es de fondo profundo y quebrado, con fuerte pendiente, presentando un relieve escarpado y en partes, abrupto, cortado por quebradas profundas y estrechas gargantas. Se encuentra limitada por cadenas de cerros que, en dirección al Océano Pacífico, muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres.

En la parte inferior del valle se ha formado, como consecuencia de la brusca disminución de la pendiente, un pequeño cono de deyección la llanura aluvial, producto de la depresión del material transportado por el río.

**Tabla 3.9-A**  
**RESUMEN DE DATOS METEOROLÓGICOS CUENCA DEL RIO MOCHE**

| <u>Elementos Meteorológicos</u>                     | <u>Unidad</u> | <u>Ene</u>  | <u>Feb</u>   | <u>Mar</u>   | <u>Abr</u>  | <u>May</u>  | <u>Jun</u>  | <u>Jul</u>  | <u>Ago</u>  | <u>Set</u>  | <u>Oct</u>  | <u>Nov</u>  | <u>Dic</u>  | <u>PROM.TOTAL ANUAL</u> |
|---|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|
| <b><u>CUENCA DEL RIO MOCHE – ESTACION SAMNE</u></b> |               |             |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                         |
| <u>TEMP. PMME.</u>                                  | <u>°C</u>     | <u>23,9</u> | <u>24,4</u>  | <u>25,0</u>  | <u>25,0</u> | <u>25,0</u> | <u>25,0</u> | <u>24,7</u> | <u>24,7</u> | <u>24,4</u> | <u>24,7</u> | <u>24,4</u> | <u>24,4</u> |                         |
| <u>TEMP. PM.</u>                                    | <u>°C</u>     | <u>17,5</u> | <u>17,9</u>  | <u>18,0</u>  | <u>17,3</u> | <u>17,4</u> | <u>17,0</u> | <u>17,3</u> | <u>17,3</u> | <u>17,4</u> | <u>17,6</u> | <u>17,4</u> | <u>17,1</u> | <u>17,4</u>             |
| <u>TEMP. pmme.</u>                                  |               | <u>10,8</u> | <u>11,1</u>  | <u>11,4</u>  | <u>11,4</u> | <u>11,4</u> | <u>10,6</u> | <u>10,6</u> | <u>10,8</u> | <u>10,8</u> | <u>10,8</u> | <u>10,0</u> | <u>10,0</u> |                         |
| <u>PREC. TMME.</u>                                  |               | <u>70,0</u> | <u>110,0</u> | <u>100,0</u> | <u>50,0</u> | <u>15,0</u> | <u>1,0</u>  | <u>1,0</u>  | <u>2,0</u>  | <u>20,0</u> | <u>25,0</u> | <u>30,0</u> | <u>37,0</u> |                         |
| <u>PREC. TPM.</u>                                   | <u>mm.</u>    | <u>30,0</u> | <u>42,2</u>  | <u>41,1</u>  | <u>21,2</u> | <u>3,8</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,1</u>  | <u>0,5</u>  | <u>4,8</u>  | <u>6,8</u>  | <u>6,8</u>  | <u>5,8</u>  | <u>162,4</u>            |
| <u>PREC. Tmme.</u>                                  |               | <u>0,0</u>  | <u>3,0</u>   | <u>0,0</u>   | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  | <u>0,0</u>  |                         |
| <u>HR PM.</u>                                       | <u>%</u>      | <u>80</u>   | <u>80</u>    | <u>82</u>    | <u>81</u>   | <u>74</u>   | <u>72</u>   | <u>76</u>   | <u>75</u>   | <u>71</u>   | <u>75</u>   | <u>74</u>   | <u>75</u>   | <u>76</u>               |
|   |               |             |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                         |

**Tabla 3.9-B**

**LEYENDA DEL DIAGRAMA FLUVIAL CUENCA DEL RIO MOCHE**

| <u>NOMBRE</u>       | <u>CODIGO</u>     | <u>PROGRESIVA</u> | <u>ALTITUD</u><br><u>(msnm)</u> | <u>AREA</u><br><u>(km2)</u> | <u>MODULO</u><br><u>(m3/seg)</u> | <u>LUGAR</u>              |            |                       |
|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|-----------------------|
| <u>Moche</u>        | <u>P - 14</u>     | <u>0</u>          | <u>0</u>                        | <u>2681</u>                 | <u>10.3</u>                      | <u>d. Océano Pacífico</u> |            |                       |
|                     |                   | <u>24</u>         | <u>200</u>                      | <u>1842</u>                 | <u>10.0</u>                      | <u>h.e.a. Quirihuac</u>   |            |                       |
|                     |                   | <u>31</u>         | <u>670</u>                      | <u>1131</u>                 | <u>8.6</u>                       | <u>c.R. Sinsicap</u>      |            |                       |
|                     |                   | <u>58</u>         | <u>2120</u>                     | <u>746</u>                  | <u>7.4</u>                       | <u>c.R. Chanchacap</u>    |            |                       |
|                     |                   | <u>65</u>         | <u>2450</u>                     | <u>480</u>                  | <u>6.4</u>                       | <u>c.R. Otuzco</u>        |            |                       |
|                     |                   | <u>69</u>         | <u>2620</u>                     | <u>374</u>                  | <u>5.3</u>                       | <u>c.R. Chota</u>         |            |                       |
|                     |                   | <u>75</u>         | <u>2800</u>                     | <u>251</u>                  | <u>4.0</u>                       | <u>c.R. Motil</u>         |            |                       |
|                     |                   | <u>107</u>        | <u>4100</u>                     | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
|                     |                   | <u>Sinsicap</u>   | <u>P - 1402</u>                 | <u>31</u>                   | <u>670</u>                       | <u>486</u>                | <u>1.2</u> | <u>d.R. Moche</u>     |
|                     |                   |                   |                                 | <u>34</u>                   | <u>750</u>                       | <u>348</u>                | <u>0.8</u> | <u>c.R. La Cuesta</u> |
| <u>40</u>           | <u>920</u>        |                   |                                 | <u>163</u>                  | <u>0.5</u>                       | <u>c.Q. Llantén</u>       |            |                       |
| <u>67</u>           | <u>4080</u>       |                   |                                 | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
| <u>La Cuesta</u>    | <u>P - 140202</u> | <u>34</u>         | <u>750</u>                      | <u>130</u>                  | <u>0.3</u>                       | <u>d.R. Sansicap</u>      |            |                       |
|                     |                   | <u>57</u>         | <u>4000</u>                     | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
| <u>Qda. Llantén</u> | <u>P - 140204</u> | <u>40</u>         | <u>920</u>                      | <u>164</u>                  | <u>0.3</u>                       | <u>d.R. Sansicap</u>      |            |                       |
|                     |                   | <u>50</u>         | <u>3000</u>                     | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
| <u>Chanchacap</u>   | <u>P - 1401</u>   | <u>58</u>         | <u>2120</u>                     | <u>92</u>                   | <u>0.4</u>                       | <u>d.R. Moche</u>         |            |                       |
|                     |                   | <u>76</u>         | <u>360</u>                      | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
| <u>Otuzco</u>       | <u>P - 1404</u>   | <u>65</u>         | <u>2450</u>                     | <u>180</u>                  | <u>0.7</u>                       | <u>d.R. Moche</u>         |            |                       |
|                     |                   | <u>87</u>         | <u>3600</u>                     | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
| <u>Chota</u>        | <u>P - 1406</u>   | <u>69</u>         | <u>2620</u>                     | <u>94</u>                   | <u>1.0</u>                       | <u>d.R. Moche</u>         |            |                       |
|                     |                   | <u>79</u>         | <u>3830</u>                     | <u>0</u>                    | <u>0.0</u>                       | <u>Naciente</u>           |            |                       |
| <u>Mótil</u>        | <u>P - 1408</u>   | <u>75</u>         | <u>2800</u>                     | <u>102</u>                  | <u>1.2</u>                       | <u>d.R. Moche</u>         |            |                       |
|                     |                   | <u>98</u>         | <u>3860</u>                     | <u>0</u>                    | <u>0</u>                         | <u>Naciente</u>           |            |                       |

## **B. Quebrada San Ildefonso**

### **Generalidades**

La quebrada de San Ildefonso desciende desde los cerros El Alto y San Ildefonso situados al Nor Este de la ciudad de Trujillo; en su curso alto presenta cauce rocoso y estrecho. Atraviesa luego depósitos aluviales potentes y erosionables en una distancia de 2.5 Km. hasta llegar a la zona urbana del El Porvenir donde el cauce natural de la quebrada se encuentra urbanizado.

La mayor contingencia de riesgo que producirá la reactivación de la quebrada es lógicamente la zona descrita, donde el curso preferencial que tomará el escurrimiento será a través de las calles Hipólito Unanue y Riva Agüero, que descienden contiguas al cauce natural, al término de los cuales el flujo de aguas se orientará hacia el Cementerio de Mampuesto. Este cementerio ocupa una depresión originada por un dique artificial de tierra de unos 650 m. de longitud y altura variable entre 4 y 6 m., el mismo que colapsó durante el Fenómeno El Niño de 1,997 – 1,998

El escurrimiento que inicialmente se detenía en dicha depresión, ha sido orientado hacia el canal tapado La Mochica, a través de una tubería cuya capacidad es de 3.0 m<sup>3</sup>/s.; todo adicional se canalizaría a través de la Avenida Miraflores hacia la zona antigua de la ciudad.

### **Características de La Quebrada**

La quebrada San Ildefonso tiene un área aproximada de 23.7 Km<sup>2</sup>, de forma aproximada semicircular, la pendiente del cauce principal es de 6.3%; geomorfológicamente, se espera también una respuesta rápida a las precipitaciones, en forma de descargas bruscas.

La sección transversal en sus cursos medio e inferior es bastante amplia, con anchos de base que varían entre 40 a 60 m y con alturas variables de hasta 10 m; en la parte alta de la quebrada la sección se angosta hasta presentar anchos en la base de 15 m.

Es importante mencionar que por acción de las constantes excavaciones para extraer materiales de construcción, la sección transversal se ha alterado completamente, presentando sin embargo condiciones más favorables para atenuar los efectos de una avenida extrema.

No se cuenta con datos exactos acerca de los caudales en la quebrada San Ildefonso durante las épocas de lluvias; por ese motivo, para determinar el Caudal Máximo Instantáneo durante el Fenómeno El Niño de 1,983 se tomó como referencia una tormenta cuya intensidad es de 10 mm/h, de una duración correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca, de 60 minutos, con lo cual se tiene aproximadamente un caudal de 26 m<sup>3</sup>/s.

Con la misma metodología se ha podido estimar un Caudal Máximo Instantáneo para el Fenómeno El Niño de 1,997 – 1,998 de 60 m<sup>3</sup>/s y



que originó el colapso del dique de Mampuesto, produciendo daños a la propiedad e inundando la ciudad de Trujillo.

Considerando que en la quebrada de San Ildefonso no es caudal líquido lo que preocupa sino el gran arrastre de material sólido, se ha construido un dique de roca a una distancia estimada de 5 Km. de la zona urbana, abarcando aguas arriba un área de 7.6 Km<sup>2</sup>, de modo que permita retener el material sólido transportado de gran tamaño, para que así fluya el agua sólo con sedimentos con tamaños inferiores a los cantos rodados pequeños ( $\varnothing < 100\text{mm}$ ) y además, disipar la energía cinética de las aguas, consiguiendo el laminado de las mismas y reduciendo el peligro de desborde aguas abajo, en la zona urbana.

### C. Quebrada El León (Río Seco)

#### Generalidades

La quebrada de El León, que en su parte baja se llama “Río Seco”, así como varias quebradas menores intermedias, tiene sus cauces de escurrimiento de Este – Oeste; casi la totalidad de estos cursos naturales confluyen finalmente hacia un cauce receptor que luego de atravesar el flanco sur del distrito de Huanchaco desemboca en el mar.

Otro punto de descarga al mar, pero de menor área de influencia es la quebrada de Valdivia cercana al área arqueológica de Chan Chan.

#### Características

A raíz del denominado Fenómeno El Niño, que es un fenómeno recurrente se esperan intensas precipitaciones en nuestra localidad, donde el último evento ocurrió durante 1,997 – 1,998. Dichas precipitaciones producirán escurrimientos de agua importantes en la quebrada El León que representará un gran peligro de afectación, tanto por la amplitud de su cuenca colectora como por su proximidad a centros poblados.

El estudio hidrológico desarrollado para la evaluación de los caudales que pueden presentarse en esa quebrada señala descargas máximas instantáneas del orden de 76 m<sup>3</sup>/s a su paso por la carretera Panamericana Norte. La magnitud del caudal señalado indica que las medidas a tomar para prevención o mitigación de desastres que pueden ocasionar, suponen obras de cierta envergadura con diseños específicos. La descarga antes indicada ha sido estimada mediante métodos indirectos, debido a la falta de información hidrométrica propia; las quebradas en estudio confluyen a un cono de deyección aluvial, muy amplia, en el cual éstas convergen en sus puntos de entrega, lo cual atenúa el efecto de la avenida.

De acuerdo con el **mapa Geológico M-3.5** presentado mas adelante, los cauces naturales que conforman la quebrada, y en general el escurrimiento superficial que podría producirse por lluvias intensas, se

encuentran interceptadas por la carretera Panamericana, la vía de evitamiento y la carretera a Huanchaco.

Un elemento interceptor del escurrimiento, es la muralla Mochica que atraviesa toda la planicie aluvial situada entre los cerros Las Cabras y Campana. Dicha muralla está conformada por un muro central construido con piedras grandes y barro, de 1.50 m. de ancho y altura de 3.00 m. o más sobre el terreno natural; el muro esta recubierto enteramente con enrocado liviano, con taludes de 1.5:1 o más tendidos. En la actualidad la muralla se encuentra destruida en varios tramos, justamente donde atraviesa cauces naturales. La muralla sigue pendiente descendente hacia el cauce de la quebrada de El León de manera que el escurrimiento interceptado por la muralla es derivado hacia dicha quebrada.

Por efecto del Fenómeno El Niño se han producido severas erosiones que han ampliado y socavado su cauce notándose terrazas altas y huellas recientes de sus niveles de agua de escurrimiento.

#### **3.6.4. NIVEL FREATICO DEL AREA DE ESTUDIO**

En el estudio de "Planeamiento de drenaje del Valle Moche", realizado en 1995 se evaluó las condiciones de drenaje del valle habiéndose determinado que las zonas con problemas de drenaje son:

La superficie ubicada principalmente en la parte baja del valle, a lo largo del litoral marino, tiene baja pendiente, el nivel del terreno varía entre 0 a 4 msnm. Y la gradiente hidráulica de la napa freática no supera el 0,35%, es decir existe un flujo muy lento hacia el mar. Esta zona es receptora de las recargas de agua de riego de la parte media y alta del valle. Parte de esta zona es considerada marginal por no tener un adecuado nivel para evacuar los excedentes drenables con respecto al nivel del mar, especialmente aquella que se sitúa adyacente a la desembocadura del río Moche, siendo el resto recomendable para cultivos de raíces superficiales, tales como hortalizas.

La zona ubicada en la parte media del valle, margen derecha del río Moche recepciona las recargas de riego y flujo subterráneo de la parte alta del mismo, recargas que se incrementan debido a la conformación geológica del terreno, al estrecharse la sección transversal del valle de aproximadamente de 6 a 2 Km. de longitud, entre la cadena de afloramientos rocosos de los cerros denominados Presidio, Pesqueda y Cerro Blanco. La zona afectada está comprendida entre las localidades de Santa Rosa y Barraza, hasta donde llega el efecto de remanso del acuífero superficial. La gradiente hidráulica en esta zona es de 0,6%, relativamente baja para un normal flujo de agua subterránea.

La zona adyacente a la margen izquierda del río Moche, en la parte inferior de la localidad de Santo Domingo, conforma una terraza angosta y paralela al río, que recepciona las filtraciones de agua de riego que ocurren en el área agrícola que conforman la terraza superior.

### **Afloramiento de aguas o manantiales con relación al problema de drenaje y salinidad**

En el valle Moche existen afloramientos, que son de gran importancia debido a que son utilizados con fines agrícolas; entre los que podemos mencionar al Puquio Alto y Puquio Bajo, ubicados en el sector Santa Rosa.

Dependiendo de su ubicación algunos puquios que afectan localmente a una pequeña área, tiene una conductividad eléctrica que no significa peligro de salinización.

Actualmente se extrae del acuífero una masa anual de 26 539 315,20 m<sup>3</sup> que equivale a un caudal de explotación continua de 0,84 m<sup>3</sup>/s.

Todos los drenes principales existentes han sido construidos por el Proyecto CHAVIMOCHIC con la finalidad de evacuar los excedentes drenables del valle y actualmente casi la totalidad contribuyen en la solución del problema, pero no son suficientes, dado que se debe complementar en algunas zonas con drenes secundarios y parcelarios.

La efectividad de drenaje de la infraestructura construida, se ve disminuida porque a la fecha no existe un programa de mantenimiento de los drenes principales existentes, el cual es responsabilidad de la junta de usuarios de agua de cada valle, según lo estipula el Decreto Supremo N° 037-89-AG "Reglamento de Organización de Usuarios de Agua".

### **Necesidades de drenaje horizontal adicionales**

Dadas las condiciones de drenaje de los valles, es necesario que el sistema principal sea complementado con un sistema de drenaje secundario y parcelario en algunos sectores del valle estudiado.

### **Intensificar el drenaje vertical mediante la explotación de agua subterránea**

En las condiciones sin el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, el valle de Moche explotaba el agua subterránea, ya sea para fines poblacionales y agrícolas. Esta explotación del agua subterránea controlaba la elevación del nivel freático en los valles, evitando que los problemas de drenaje en el valle no se agudicen.

Si analizamos la situación que se viene presentando en el valle Moche, vemos que en 1996 se explotaba un volumen anual aproximado de agua subterránea de 38 600 000 m<sup>3</sup>, de los cuales 33 500 000 m<sup>3</sup> para consumo poblacional (por parte de SEDALIB) y 5 100 000 m<sup>3</sup> para riego (por parte de la CAA. Laredo). A esto hay que sumarle el agua explotada por las Cooperativas Santa Rosa y Barraza, y los pequeños y medianos agricultores del valle.

A la fecha se tiene conocimiento que ha disminuido considerablemente el volumen de explotación de agua subterránea en el valle Moche, tanto para uso poblacional como agrícola.

Con la finalidad de que la explotación del agua subterránea se comporte como un drenaje vertical, a raíz de la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para la ciudad de Trujillo, el Proyecto CHAVIMOCHIC suscribió un Acta con SEDALIB, en la cual esta última se comprometía a seguir explotando un volumen de 1,2 m<sup>3</sup>/s, con la posibilidad de incrementarse a 2,4 m<sup>3</sup>/s.

En los Mapas M-3.2, M-3.3 y M-3.4 se pueden apreciar los niveles freáticos durante los años 1994, 1999 y 2000, notándose ciertamente un incremento notable, al punto que para el año 2000, se tiene el agua a 1 metro de profundidad en Buenos Aires, La Bocana del río Moche, parte baja de Chan Chan, cerca de la autopista a Salaverry, algunas zonas de Barraza y Santa Rosa.

Hoja en blanco para el mapa M-3.2

Hoja en blanco para el mapa M-3.3

Hoja en blanco para el mapa m-3.4

### 3.6.5. GEOLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO

#### A. ESTRATIGRAFÍA

La columna estratigráfica de la zona estudiada comprende una secuencia interrumpida de rocas sedimentarias y volcánicas que en edad corresponde desde el Jurásico Superior hasta el cuaternario reciente. Lo que se puede apreciar en **el mapa geológico M-3.5**

##### a) **Jurásico Superior: Formación Chicama**

Aunque mayormente esta formación se encuentra expuesta con una amplia distribución a partir de los 600 m.s.n.m. de la cuenca de nuestro valle, sin embargo es posible ubicar afloramientos restringidos en los límites de la zona de interés y ubicados hacia al norte y noreste aproximadamente a 8 y 18 Km. de la ciudad de Trujillo, en los cerros Pibote, El Alto y Prieto.

En estas localidades la serie sedimentaria está compuesta principalmente de lutitas pizarrosas y arenosas y ocasionales horizontes de areniscas, cuarcitas, calizas y escasos lentes de yeso.

##### b) **Cretáceo Inferior: Formación Casma.**

En el área de interés del presente estudio las exposiciones de esta serie volcánica-sedimentaria consistente en derrames de andecita y riolita con algunos horizontes de lavas almohadilladas, podemos observarla en la cumbre del cerro Cabras instruidas por cuerpos intrusivos de diorita, granito y granodiorita. **(Ver Fig. 3.9).**

Parte de estos derrames se extienden con dirección sur-este, con poca altitud y parcialmente cubiertos de arena, hasta la elevación mayor que constituye lo que se conoce como Cerro Bolongo, en cuyas inmediaciones está asentada la población del Alto Trujillo.

Una mayor exposición de esta formación se puede apreciar a 5 Km. de Laredo sobre la margen derecha del Río Moche, en las cercanías del anexo Galindo de la Empresa Laredo.

##### c) **Cuaternario Pleistoceno y Reciente**

Como se ha descrito en el acápite de la Geología Regional, estos depósitos son los de mayor distribución en el ámbito del área de



Hoja en blanco para el mapa M-3.5

Estudio, pues constituyen el relleno fluvio-aluvial del cono deyectivo del valle, sobre el cual se encuentran ubicadas la ciudad de Trujillo, y las zonas urbanas periféricas.

El Cuaternario Pleistoceno están representados por los elementos de origen marino que se ubican a lo largo de todo el litoral desde Salaverry hasta Huanchaco, cuyos materiales consisten de conglomerados de gravas, arena, limos y arcillas que en algunos casos aparecen como acantilados, que han sido erosionados por el mar.

El Cuaternario Reciente, cuyos materiales son el producto de la desintegración, transporte y deposición de las rocas aflorantes en la cuenca, por los agentes de intemperismo y orientados en su discurrimiento por los cursos principales del Río Moche y en menor grado por las quebradas de León y Río Seco, y numerosas quebradas menores que bajan de los cerros, formando torrenteras que han permitido la dispersión del material suelto en forma de abanicos, dando cierta uniformidad en el relleno de la planicie.



**Fig. 3.9.** Flanco norte del Cerro “Cabras”, en cuya cumbre puede observarse el remanente de la formación Casma (color oscuro).

Los materiales que constituyen estos depósitos fluvio-aluviales corresponden principalmente a elementos de rocas graníticas y sedimentarias del tipo cuarcitas, subangulares a subredondeadas, de tamaños medianos (2" a 4"), siempre acompañados de arenas, producto de la desintegración de las mismas rocas durante su transporte.

Los materiales eólicos, constituidos por las arenas transportadas por el viento y que llegan a extenderse desde la línea costera, llegando a acumularse hasta las partes medias de las laderas de los cerros, y que en nuestra área de interés cubren las áreas periféricas de los distrito de El Porvenir, Florencia de Mora y La Esperanza y por supuesto las zonas de expansión urbana de los mismos, como el caso del Alto Trujillo, cuyas viviendas ya sobrepasan la cota 200 m.s.n.m. con dirección hacia el Cerro Cabras al norte y al este llegan prácticamente sobre el borde del cauce natural de la quebrada de San Idelfonso.( **Ver Fig.3.10**).

En las cercanías del Cerro Cabras, se ha podido determinar directamente de estas arenas de 70 m a más, en pendientes que varían entre 5 y 10% según las zonas. (**Ver Fig.3.11**).

Mayores informaciones sobre el relleno aluvial del valle se precisarán cuando se trate las características hidrológicas.



**Fig. 3.10.** Cauce de la Quebrada “San Idelfonso”, en su Parte Baja; observándose los sedimentos de arenas y limoarcillosos del Cuaternario Reciente y el Asentamiento Humano del Alto Trujillo, muy cerca del cauce.



**Fig. 3.11.** Zona Alta del Distrito La Esperanza donde se aprecia el Cerro “Cabras” (656 m.s.n.m.): afloramiento granítico que intruye al remanente de la formación Casma; y el gran depósito de arenas eólicas que alcanzan espesores de 70 m a más.

### **Rocas Intrusivas**

Las rocas intrusivas aflorantes en el área de estudio forman parte del gran batolito andino, se encuentran emplazadas en formaciones sedimentarias y volcánicas mesozoicas y terciarias. Sus exposiciones predominan en la zona y constituyen los límites del valle de Moche, y continúan, a diferentes profundidades, por debajo del relleno aluvial. Ver Fig.3.12.

La secuencia de emplazamiento de los intrusivos, se ha podido establecer merced a las observaciones principalmente en los cerros “Cabras”, “Blanco”, “Mochal”, “Huaca de los Chinos”, etc, como sigue: Diorita, Granodiorita, Adamelita – Tonalita y Granito.

Entre los principales afloramientos intrusivos cercanos a la zona de interés se encuentran los cerros Blanco, Pesqueda, Presidio, Mampuesto, Cabras, y algo más alejados hacia el NE se tienen el Cerro San Ildefonso y El Alto, cuyas líneas de cumbres constituyen los límites de la microcuenca que dan origen a la quebrada de San Ildefonso, una de las mayor riesgo sobre los asentamientos urbanos de El Porvenir, Alto Trujillo, Florencia de Mora, y la ciudad de Trujillo, en épocas cuando se produce el fenómeno “El Niño” y hacia el NE se tienen los cerros Prieto y Campana y La Virgen que delimitan el área del valle.

Los flancos Norte y Sur de los Cerros El Alto y Prieto, delimitan la microcuenca de las quebradas de El León y Río Seco, cuyos cauces se unen aproximadamente en la cota 150 m.s.n.m. para continuar con dirección Sur Oeste hasta su desembocadura en el mar de Huanchaco. La mayoría de este tipo de rocas se halla diaclasadas en bloques tabulares, que muestran exfoliación concéntrica y cárcabas irregulares.

La edad de las rocas intrusivas del área, ha sido asignada, en términos generales, al Cretáceo Superior y Terciario Inferior.



**Fig. 3.12.** Cerro “Blanco”, afloramiento granodiorítico, cuya base está cubierta por depósitos de arena eólica, sobre la margen izquierda del cauce del Río Moche.

### 3.6.6. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS

#### Consideraciones Generales

Para conocer las características del subsuelo del área del valle de Moche, en la extensión que corresponde al presente estudio, se ha considerado la información proveniente de cincuenta pozos, ejecutados con fines de abastecimiento de agua potable a la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, de los cuales se han obtenido perfiles litológicos hasta ser profundidades entre los 40 y 70 metros.

Adicionalmente durante los años 1968, 1970 y 1972 se ejecutaron 245 sondajes geofísicos verticales de resistividad eléctrica con profundidades mayores a los 300 metros, distribuidos en todo el valle y que han permitido conocer las diferentes capas litológicas que conforman el relleno aluvial del valle, sus espesores, composición, características hidrogeológicas que

determinan la calidad límites de acuífero, así como el relieve del basamento rocoso. Aspectos que serán muy importantes en la determinación del comportamiento del subsuelo en profundidad, ante riesgos de origen tectónico y sísmico.

### **Espesor del Relleno Aluvial y su Composición**

En el Mapa de líneas de igual espesor o isópacas (Ver mapa de isopacas del relleno aluvial **M-3.6**), basado en el análisis de las mediciones geoelectricas, se puede observar un ensanchamiento del relleno aluvial, en dirección aguas abajo paralelamente al relieve y a la estructura del basamento rocoso. El espesor del relleno, entre los cerros, que sobresalen en el centro del valle, varía entre 90 y 130 metros, encontrándose las mayores profundidades a mayor distancia de los mismos. A partir de esta línea, el relleno aumenta tanto en dirección a las márgenes meridionales de la zona de Moche (donde alcanza una potencia superior a los 270 m), como en dirección a las septentrionales, en el área de Valdivia.

En el centro del valle, entre la ciudad de Trujillo y el Balneario de Buenos Aires, el espesor varía entre 200 a 300 m y a lo largo de la línea de costa se observa una reducción, provocada por un levantamiento del basamento.

El relleno está compuesto básicamente por dos complejos litológicos bastante definidos, que se distinguen a base de las diferencias obtenidas en la resistividad geoelectrica.

Se tiene un Complejo Superior, compuesto de capas de guijarros, gravas, arenas y algo de limos con arcillas en forma de intercalaciones no siempre continuas en la distancia lateral, sino que en muchos casos se presentan en forma de lentes con diferentes extensiones. Su espesor promedio en todo el valle es del orden de los 35 a 40 metros solamente aunque en determinados lugares puede llegar hasta 90 metros, como por ejemplo cerca al Cerro Pesqueda, por donde posiblemente pasaba el antiguo cauce del Río Moche.

Igualmente en las cercanías de la ciudad de Trujillo el espesor es superior al promedio, aproximadamente 60 metros, debido a la gran acumulación de arena de origen eólico. Las capas de este Complejo litológico cuaternario constituyen el único y somero acuífero del valle. En las márgenes septentrionales, zona de La Esperanza, se encuentran estas capas generalmente encima del nivel freático, como resultado de la altura del terreno; el mismo que actualmente está entre 35 y 40 metros de profundidad.

El segundo Complejo Inferior, conforma la mayor parte del perfil litológico del relleno y descansa sobre el basamento rocoso.

Está conformado fundamentalmente por arcillas con variaciones limosas y en menor grado arenosas, que en algunas ocasiones engloban en su matriz cantos rodados medianos, pero en menores porcentajes. Es significativo el espesor que alcanza este tipo de sedimentos que llega hasta más de 250 metros en algunos sitios, y que por su característica predominante de impermeabilidad no constituye un acuífero favorable. Tampoco se han determinado acuíferos confinados que puedan inducir a condiciones de artersianismo en el valle. Los pequeños stocks granodioríticos que aparecen en el valle (Cerro Pesqueda, Porvenir, etc.) son afloramientos del basamento rocoso.

Se ha determinado una gran variabilidad en la naturaleza del relleno entre varias partes del mismo valle, y frecuente mente sobre distancias relativamente pequeñas.

La distancia a que se encuentra un terreno dado de los márgenes del valle tiene mucha relación con la composición del relleno en el subsuelo; los terrenos cercanos a las márgenes han sido sometidos a procesos de sedimentación coluviales, más que aluviales, y por consiguiente se ha conservado en los sedimentos el contenido original de material arcilloso. En cambio los procesos aluvio-fluviales en el centro del valle han producido sedimentos de menor contenido en arcilla y de mejor calidad hidrológica.

Los reconocimientos sedimentológicos de los materiales que constituyen el relleno aluvial del valle (análisis granulométrico y observaciones microscópicas), en base a muestras obtenidas durante las perforaciones, demuestran que las partículas son muy poco graduadas y por lo tanto la porosidad efectiva, tanto como la permeabilidad hidráulica, son relativamente bajas. Y considerando estas características hidrogeológicas, se puede estimar un coeficiente de almacenamiento generalizado promedio de los acuíferos en 5-8%.

Hoja en blanco para el mapa M-3.6



### **Límites del Acuífero**

Los límites del acuífero prácticamente coinciden con los del valle de Moche, pues en las zonas marginales del mismo los estratos permeables no se hallan efectivamente saturados. Los límites tanto al Norte y como al Sur están demarcados por la cadena de cerros que afloran y sus respectivas prolongaciones subterráneas.

El conjunto del valle, morfológica y estructuralmente puede considerarse como dividido en dos unidades: Un valle principal que se desliza paralelamente al cauce del Río Moche y que se ensancha aguas abajo hacia su desembocadura en el mar, constituyendo el principal y mayor aportante del relieve aluvial del valle. Una segunda unidad ubicada hacia el norte, pero de menor importancia, vendría a ser la contribución adicional del relleno proporcionada por las quebradas de León y Río seco, cuyos aportes son los que están distribuidos mayormente en la zona occidental que correspondería al área entre la zona norte de la Esperanza y El Milagro, extendiéndose aguas abajo hasta la línea de costa Huanchaquito-Huanchaco, teniendo en cuenta que dichos sedimentos han sido depositados en épocas de grandes avenidas y la posible presencia de anteriores fenómenos de “El Niño”, y porque estas quebradas no tienen una corriente permanente.

No se ha determinado un límite totalmente definido entre las mencionadas unidades geomorfológicas del subsuelo, por lo que se considera todo el actual cono deyectivo del valle como una sola unidad geomorfológica.

Para tener una mejor idea, en forma general, de la distribución de los sedimentos que conforman el relleno aluvial del valle, se han confeccionado perfiles geológicos longitudinales y transversales a la dirección general del valle, los mismos que están basados en la litología encontrada en las perforaciones efectuadas con fines de captación de agua subterránea y las medidas geofísicas que se han realizado.

### **Secciones Hidrogeológicas del Subsuelo**

#### **Zona Trujillo:**

Una primera sección hidrogeológica transversal A-A' (ver mapa M-3.7) con una extensión de 11 Km. que corre con dirección Este-Oeste, siguiendo aproximadamente el cauce de la acequia La Mochica, y que abarca desde las zonas de Laredo, El Porvenir, Florencia de Mora, La Esperanza y parte de Valdivia, permite establecer la geomorfología del subsuelo de dicha extensión, donde se puede apreciar la distribución de los sedimentos que conforman el relleno aluvial. Confirmándose la existencia de dos complejos fundamentales. El primero superficial, constituido por gravas, cantos rodados y arenas con un espesor en la zona de Laredo, no mayor a los 40 metros, el mismo que luego de la capa de suelos de cultivo, (1-1,50 m) continua un depósito de arena de origen eólico que por infiltración de las aguas de regadío han adquirido

cierto grado de contenido de arcillas, manteniendo sin embargo una permeabilidad bastante alta, que influye significativamente en las variaciones del nivel de la napa freática, relacionada con las épocas de avenidas o de estiaje, teniendo en cuenta que es una zona mayormente cultivada con caña de azúcar que ahora, para su riego utiliza más las aguas de la Segunda Etapa del Proyecto CHAVIMOCHIC, la recarga del acuífero por infiltración es mayor, pero que finalmente redundará en la elevación de la napa freática en las zonas bajas del valle.

En la misma zona, por debajo de los sedimentos permeables se ubica una segunda unidad constituida fundamentalmente por materiales finos: Limos y arcillas de poca permeabilidad y con un considerable espesor que varía entre 140 a 300 metros, descansando directamente sobre el relieve del basamento rocoso.

Siguiendo hacia la zona de El Porvenir y Florencia de Mora (zona baja) es destacable el aumento del espesor del Complejo Superior, luego de una considerable elevación y afloramiento del basamento rocoso (Cerro Pesqueda y El Presidio) sobre el cual descansa este Complejo alcanzando un espesor medio de 150 metros, desapareciendo en buena parte el complejo de elementos finos, en una extensión de 1,5 kilómetros, para luego continuar hacia terrenos de La Esperanza, donde el espesor del Complejo Superior vuelve a disminuir y aparece nuevamente el Segundo Complejo de materiales finos con potencias de hasta 200 metros.

En esta zona, la litología del Complejo Superior está constituida en su mayor parte por arenas de origen eólico con cierto grado de compactación por la presencia de arcillas y limos, pero manteniendo un alto valor de permeabilidad; y un nivel de la napa freática a la profundidad actual de 40 metros.

### **Zona: Trujillo – Moche – Las Delicias**

Esta zona limita al Este, con la franja arenosa, ubicada al pie de los afloramientos magmáticos que constituyen el límite del valle y que descienden hasta el litoral, en Puerto de Salaverry; al Oeste-Noreste el área linda con el cauce del Río Moche, y al Sur, con los cordones y dunas costeras.

Esta es una región completamente plana, cuyas cota aguas arriba es de más 30 metros y aguas abajo más de 10 metros. Toda la zona está cultivada mayormente por pequeñas parcelas. A partir de la toma Santa Lucía un canal principal capta las aguas del río Moche, que luego se subdivide en decenas de canales secundarios, que abastecen de agua a los campos de regadío.

La cadena de cerros de rocas magmáticas al Este, está en gran parte cubierta por arenas eólicas que forman dunas y de material coluvial que se desliza de las cimas de los afloramientos. En la zona plana de toda esta área no existen afloramientos rocosos. Las dunas de arena penetran

desde dos direcciones; desde la costa hasta la carretera Panamericana, donde parcialmente se detienen formando pequeñas lomas cubiertas por vegetación, y desde el Este a lo largo de un corredor paralelo a los cerros, que empieza en el línea del litoral del Puerto de Salaverry y continua hasta las Huacas del Sol y la Luna.

Las secciones geológicas B – B´ y C – C´ efectuadas teniendo en cuenta la información de pozos exploratorios y sondajes geofísicos (**Ver mapa M-3.8**) permiten establecer la geología del subsuelo de esta zona del valle.

Así como en el resto del valle, es posible distinguir dos complejos principales que componen el perfil: Un Complejo de sedimentos más o menos gruesos, y otro inferior de sedimentos finos.

El espesor del complejo desde la superficie del suelo varía entre 15 y 40 metros, registrando la mayor parte de las mediciones, de 30 – 35 metros. Estos espesores se encuentran en una franja de 1 kilómetro de ancho en el centro del área que continua hasta el poblado de Moche y de allí en dirección paralela a la línea litoral.

El espesor de este complejo disminuye en dirección a los cerros del Este, y en dirección al Río Moche al Oeste.

Según la información litológica obtenida en las dos perforaciones experimentales, debe considerarse la posibilidad de dos tipos de facies.

Una facie aluvial, a lo largo del cauce del Río Moche y en la región cercana a él, hasta una distancia de 1 Km. aproximadamente, se encuentra el complejo compuesto por guijarros redondeados, de diversos tamaños, hasta 10 cm., mezclados con grava angular, y arena compactados con arcilla. La mayor parte del material está compuesto por partículas de rocas sedimentarias, como cuarcitas, areniscas cuarcíticas y pizarras duras, el resto compuesto de material magmático-volcánico negro. El origen del material sedimentado se halla en la parte alta de la cuenca de drenaje del Río Moche.

Una facie eólica, en el centro y en el este del área fue determinada en tres sondeos exploratorios (Pz 111, Pz 112 y Pz 113). En estos se encontró hasta su base, a una profundidad de 40 metros, arena limosa fina a mediana que contiene pequeñas cantidades de grava fina, sin material grueso tal como tantos procedimientos aluviales de otro tipo. Este Complejo representa probablemente la sedimentación eólica de antiguas dunas, que se depositaron con un alineamiento paralelo a los cerros orientales, lejos del radio de actividad sedimentaria del Río Moche y cuyo análisis nos lleva a la conclusión de que el cause actual del río se halla en la posición más meridional de su historia.

El Complejo de sedimentos finos, yace por debajo del complejo grueso o “acuífero”. La composición litológica es de limos y arcillas con un menor porcentaje de arenas y gravas finas (menos del 10%).

Estas capas son bastante impermeables y su conductividad hidráulica es baja; con un espesor entre 250 y 300 metros (B-B'). La napa freática varía entre 3 y 4 metros de profundidad desde la superficie.

El basamento rocoso en las cercanías del cauce actual del Río Moche se encuentra a 80 metros de profundidad, dada su cercanía al afloramiento del Cerro Blanco sobre su margen izquierda, para ir profundizándose con dirección hacia el balneario. Las Delicias, donde alcanza más de 300 metros de profundidad.

El perfil geológico C-C' que sigue la dirección NNW-SSE, muestra o confirma las mismas características del relleno aluvial mostrada en el perfil B-B', es decir un complejo superior constituido fundamentalmente por arenas eólicas ligeramente compactadas con un breve porcentaje de limos y arcillas que tienen un espesor no mayor a los 35 metros, donde se ubica el nivel freático entre 4 y 2 metros de la superficie, y luego por debajo el complejo de materiales finos constituidos por arcillas y limos, con un espesor de 200 a 300 metros.

En esta parte, al inicio de la sección geológica, bajo el cauce del Río Moche el basamento rocoso se ubica a una profundidad de 220 m, y con una ligera pendiente se va profundizando hasta alcanzar más de 300 metros, muy cerca de la línea de costa a 2 km del Puerto de Salaverry.

Hoja para el mapa m-3.7

Hoja para el mapa M-3.8

### **Zona Trujillo – Valdivia – Huanchaco**

Esta zona comprende un área desde la urbanización Santa Inés pasando por la zona semi rústica de Valdivia hasta el aeropuerto en Huanchaco, que vendría a ser la márgenes noroccidentales del valle, teniendo como límites al Este la carretera Panamericana y La Esperanza; al Norte, la planicie de Río Seco; al Oeste, la zona de Huanchaco y al sur las ruinas de Chan- Chan.

La topografía del terreno señala una cota, en la parte alta de más de 80 metros y de 40 en la parte baja. El suelo es arcilloso y rico en gravas. Debido a la falta de agua, toda la zona superior, por encima de la cota 60 aproximadamente no se cultiva. El resto de los terrenos en la parte inferior son cultivados por pequeños agricultores.

El área Sud-Este está cultivada con caña de azúcar por la Empresa Agroindustrial Laredo en su anexo El Cortijo. Esta zona es abastecida de agua mediante el Canal La Mochica, que es la derivación en la parte alta del agua del río Moche, y que resulta insuficiente para el regadío de los terrenos cultivados por lo que la zona de El Cortijo utiliza adicionalmente aguas subterráneas extraídas de sus propios pozos.

La estructura geológica de superficie no muestra afloramiento del basamento rocoso, pues éstos aparecen a gran distancia tanto al norte como al este del valle; y el subsuelo se encuentran a gran profundidad por debajo del relleno aluvial.

La región más occidental de esta área aparece cubierta por depósitos del cauce del Río seco, donde se aprecia la presencia de un conglomerado que forma acantilados o terrazas de aproximadamente 15 metros de altitud y que están constituidos por cantos rodados, gravas y arenas con limitados sedimentos de limos y arcillas.

La continuación de esta terraza se observan en los acantilados de Huanchaco tanto al norte como al sur. (**Ver Fig.3.13 y Fig.3.14**).



**Fig. 3.13** Acantilado fluvio-aluvial de la zona “El Boquerón” de Huanchaco que muestra la intercalación de sedimentos granulares y finos en una altura de 15 m.





**Fig. 3.14.** Cauce de la Quebrada de Río Seco y el acantilado sobre su margen izquierda, a 400 m antes de su desembocadura al mar de Huanchaco.

Para obtener información del subsuelo de esta zona como en las áreas anteriores del valle, igualmente se ha utilizado secciones geológicas a base de sondajes geofísicos D-D' y E-E' (**Ver M-3.9**).

El espesor del relleno aluvial no es totalmente uniforme en toda el área: Es reducido a lo largo de un eje que pasa por el centro del área donde alcanza 130-150 metros, y a ambos lados del mismo, al Este y Oeste, se presentan dos profundas fosas con un relleno de espesor entre 230 y 250 metros (**Ver Perfil D-D-del M-3.9**).

La fosa oriental se conecta con el valle de Moche prolongándose en dirección a la ciudad de Trujillo, y cerrándose hacia los cerros sobre la zona de La Esperanza; en cambio la fosa occidental va disminuyendo hacia los afloramientos graníticos ubicados sobre el Río Seco, donde el espesor del relleno en el cauce del río es de 130 metros.

La composición del relleno aluvial es aproximadamente similar al resto del valle, es decir presenta igualmente dos complejos litológicos. Uno superior compuesto de guijarros redondeados, cantos y arena, mezclados con menor porcentaje de limo y arcilla. Su espesor es muy reducido, no mayor a 25 metros; salvo una pequeña zona hacia el Este donde un pozo exploratorio (Pz-110) ubicó un espesor hasta los 40 metros.

En esta zona las observaciones del nivel freático indican que éste se halla a una profundidad relativamente grande por debajo de la superficie (20 a 30 metros). El espesor notable de la zona no saturada explica las resistividades altas, puesto que las capas en su mayoría se hallan por sobre el nivel freático.

Hoja en blanco para el mapa M-3.9

El complejo de sedimentos finos, constituye el perfil por debajo del complejo grueso somero, hasta la roca del basamento alcanzando espesores entre 100 y 180 metros.

Si observamos el perfil geológico E-E' en el mismo plano, con dirección de norte a sur, es decir entre La Esperanza y El Milagro, pasando por las ruinas de Chan- Chan y el mar entre Buenos Aires y Huanchaquito podemos observar que como en el caso anterior se presentan los mismos complejos litológicos antes descritos, uno superior "grueso" y el segundo "inferior" fino ambos aproximadamente con la composición litológica. En el caso del complejo superior grueso su espesor varía entre 20 y 30 metros y el inferior constituida por materiales finos varía entre 120 y 160 metros. En esta zona, dada la pendiente del terreno, el nivel freático se va elevando con dirección hacia el mar, en cuya cercanía se le encuentra actualmente a 0.50 metros (Pozo RHS-209) sobre la actual vía de evitamiento en el Km. 569.5, cerca de Huanchaquito.

### **Geología Estructural**

En el área estudiada los rasgos estructurales guardan estrecha relación con la naturaleza de las rocas expuestas. Por consiguiente estando nuestra zona de interés de estudio cubierta principalmente por el cono defectivo del valle de Moche, es decir sobre el relleno aluvial del cuaternario reciente, y los pequeños afloramientos rocosos que aparecen son tipo granodioríticos, en esta zona no se presentan rasgos estructurales como plegamientos o fallas y sólo se puede mencionar la existencia de terrazas marinas escalonadas y cordones litorales emergidos en ciertos lugares del litoral, que indican manifestaciones de movimientos epirogénicos acaecidos durante el Cuaternario. Por la escasa diferencia vertical que existe entre las terrazas, se infiere que las etapas del levantamiento fueron de corta duración, alternándose con períodos de tranquilidad.

Otra evidencia de dichos movimientos es la presencia de terrazas fluviales a lo largo del valle y alguna de ellas queda colgada en los flancos a diferentes alturas sobre el lecho actual.

### **3.6.7. HIDROGRAFIA**

En el área de estudio, el discurrimiento hidrológico, producto de las precipitaciones pluviales, se da a través de los cauces definidos y de pequeñas quebradas que nacen de la cuenca principal.

Los cauces definidos están representados por el Río Moche, por el sur y por el Río Seco por el Norte; siendo el primero de carácter estacional, es decir, tiene relación directa con las lluvias que anualmente caen en su amplia cuenca durante los meses de Enero a Marzo; con una descarga media anual de hasta  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  para el mes de Marzo; y de hasta  $0,27 \text{ m}^3/\text{s}$  para el mes de Agosto.

El Río Seco, que nace en la microcuenca de las quebradas de Río Seco y del León aproximadamente a 12 Km. al norte de la ciudad de Trujillo, que unen sus cauces muy cerca del actual “Relleno Sanitario” para proseguir, hasta su desembocadura en el mar de Huanchaco: El cauce de este río, como su nombre lo señala, no presenta discurrimento superficial en condiciones normales de precipitación pluvial, ni menos aún sin las pequeñas quebradas que nacen de los cerros que flanquean el lado este del área.

### 3.6.8. TOPOGRAFÍA

Las zonas ocupadas por el Centro Histórico, los barrios antiguos y las urbanizaciones residenciales tienen una topografía plana, con una pendiente entre 1% y 1,5% y está a una altura sobre el nivel del mar comprendido entre los 18 metros y los 50 metros.

Los terrenos comprendidos entre el mar (Buenos aires) y los 18 metros de cota son sin embargo de menor pendiente de apenas 0,5%.

Las laderas de los cerros “Cabras”, “Mampuesto” y “El Presidio” ocupadas por los distritos de “La Esperanza”, “Florenia de Mora” y “El Porvenir”, respectivamente, poseen una topografía menos uniforme y de pendientes pronunciadas y están comprendidos entre las cotas sobre el nivel del mar de 70 metros a los 150 metros. **(Ver M-3.10).**

**Hoja en blanco para el mapa M-3.10**

### 3.6.9. MECÁNICA DE SUELOS

En general la ciudad de Trujillo presenta un suelo homogéneo; arena pobremente graduada de grano fino a medio, que varía en potencia, compacidad y resistencia en los diferentes sectores de la ciudad. El primer estrato con una profundidad de 2 m se le puede considerar material de relleno o tierra de cultivo dependiendo del sector. Los estratos sucesivos son una combinación de arena pobremente graduada de grano fino medio con pequeños porcentajes de limo y/o arcilla. En el distrito de la Esperanza en la zona destinada al Parque Industrial se puede apreciar la existencia de hormigón, grava pobremente graduada con presencia de piedras medianas y grandes.

La resistencia portante del terreno en la zona de estudio de Trujillo y las zonas aledañas tienen un estudio de  $1 \text{ Kg/cm}^2$  variando entre  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$  como mínimo en la zona de Buenos Aires hasta 3.5 en la zona del Parque Industrial de Trujillo.

Se ha realizado 23 estudios de suelos en la ciudad de Trujillo, distribuidos en los diferentes sectores de la ciudad. (Ver M-3.11). Donde se puede observar el perfil de suelos, naturaleza del terreno, la clasificación correspondiente de los mismos de acuerdo al SUCS y la resistencia admisible a nivel de cimentación superficial.

Las características de mecánicas de suelos, se presenta de los perfiles encontrados por distritos y sectores:

- **Sector Trujillo**, en la zona central antigua, el perfil de suelo es uniforme y está constituido por una capa superior de material de relleno, formado por arena limosa, pedazos de ladrillo, y pajas en estado suelto; alcanza profundidades que varían hasta los 2 m. Asimismo se encuentra, arena fina (SP-SM), pobremente graduada, mezclados con pequeños lentes de limo y arcilla, color amarillento, variando su densidad relativa con la profundidad, de baja a mediana. Varía en profundidad de 2 a 7 m. En el estrato subyacente, encontramos arena fina y gruesa con limo inorgánico no plástico, fuertemente cimentada (SM), en profundidades que varían de 7 a 11 m. En esta zona la capacidad admisible del terreno es de  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

En las **urbanizaciones residenciales** ubicadas alrededor de la zona central antigua, se encuentran perfiles de suelos homogéneos. Constituidos por una capa superior de tierra de cultivo, arcilla de baja plasticidad, en profundidades que varían hasta los 2 m según los sectores. En la capa subyacente encontramos arena limosa (SP-SM), pobremente graduada de grano fino y redondo, algo húmeda y de color amarillo, con limo inorgánico plástico. Se presentan lentes de arena gruesa: presenta densidad

relativa media. Varía en profundidad hasta los 5 m. En esta zona la capacidad admisible del terreno es de  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

En el sector de **la Ciudad Universitaria** se encuentra, arena limosa (SM), arena pobremente graduada de grano fino y redondo, con inclusiones de grava de  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{1}{4}$ ". Densidad relativa muy densa. En profundidades que varía hasta los 6,50 m. La capacidad admisible del terreno es de  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

- **Sector Víctor Larco**, El perfil de suelo encontrado: en la capa superficial arena limosa (SM), de grano fino contaminada con material orgánico, alcanza profundidades de 1,20 m. El estrato subyacente es arena limosa pobremente graduada de grano fino (SP-SM), color amarillo y plomo con diferentes porcentajes de limo orgánico no plástico, medianamente densa. Alcanza profundidades de 4 m.

En esta zona se encuentra el nivel freático casi superficial. La capacidad admisible del terreno es de  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  para una profundidad de cimentación superficial de 1m de profundidad.

- **Sector El Porvenir**, en el estrato superficial arena pobremente graduada de grano muy fino (SP-SM), de forma redondeada, seca de color marrón claro. Presencia de conchuelas. Densidad relativa: suelta hasta los 0,5 m; medianamente densa hasta 1 m de profundidad. Varía el espesor del estrato hasta 1,50 m. En el estrato subyacente encontramos arena pobremente graduada de grano fino (SP), seca color marrón claro. Presencia de limo inorgánico no plástico en un 5% .densidad relativa: densa. El espesor del estrato varía hasta 3,50 m.
- **Sector La Esperanza y Florencia de Mora**, Arena fina con pequeños porcentajes de limo (SP), arena pobremente graduada de grano fino, de forma redondeada, seca de color marrón claro, con 4% de limo inorgánico no plástico. Estrato de características uniformes. Densidad relativa: hasta los 0,50 m suelta, a 1m medianamente densa, al 3,50 m denso.
- **En el sector del Parque Industrial**, los perfiles estratigráficos son homogéneos, variando sólo en su potencia y compacidad. Superficialmente encontramos arena de origen eólica, hasta 0,50 m; de granulometría fina a media, continuando el mismo tipo de arena (SP-SM), con pequeños lentes de limos arenosos hasta los 3m, con presencia de gravillas y gravas, en estado relativamente seco. Luego encontramos el estrato de conglomerado (GP-SP), arena semigruesa con bajos porcentajes de finos que empaca grava y gravillas subangulosas en un 40% a 60%, así como bolones que alcanzan 10" de diámetro, este estrato tiene mediana compacidad. La capacidad admisible en este sector varía de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  a  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo a los estudios se deduce y se concluye:

- **En general la ciudad de Trujillo** presenta un suelo homogéneo: arena pobremente graduada de grano fino a medio, que varían en potencia, compacidad y resistencia en los diferentes sectores de la ciudad.
- El primer estrato con una profundidad de 2 m se le puede considerar **material de relleno o tierra de cultivo** dependiendo del sector.
- Lo estratos sucesivos son una combinación de **arena pobremente graduada** de grano fino medio con pequeños porcentajes de limo y/o arcilla.
- En el distrito **de la Esperanza** en la zona destinada al Parque Industrial se puede apreciar la existencia de **hormigón, grava pobremente graduada** con presencia de piedras medianas y grandes. (Ver Mapas M-3.12 y M-3.13).



Hoja en blanco para el mapa M-3.11

Hoja en blanco para el mapa M-3.12

Hoja en blanco para el mapa M-3.13

## **ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA (ver mapa M-3.14)**

### **ZONA IA**

Presenta una capa superficial de aproximadamente 0.60 m de espesor de material relleno, formado por arenas limo-arcillosas (SC – SM) con presencia de: materia orgánica, en las urbanizaciones periféricas: y restos de ladrillo y desmote en el Centro Cívico y alrededores. Esta capa se encuentra en estado parcialmente saturado y presenta una compacidad semi-suelta.

Posteriormente se encuentra un estrato formado por arenas limosas (SM), con partículas que varían de forma sub-angulosa a sub-redondeada, color beige claro, humedad variable entre parcialmente seca y parcialmente húmeda, y compacidad semi-densa. La profundidad de este estrato varía entre 1.40 m – 2.00 m.

En el sondaje realizado en el grifo San Fernando (Urb. San Fernando), se encontró entre los 0.50 m y 1.35 m iniciales, una arcilla de baja plasticidad (CL), color marrón oscuro, parcialmente húmeda y de consistencia semi-dura.

La capacidad portante de esta zona varía de  $0.7 \text{ kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ .

### **ZONA IB**

Se encuentra en los primeros 1.10 m aproximadamente un estrato superficial formado por arena arcillosa (SC) de tipo orgánico, color marrón oscuro, parcialmente húmeda: partículas de forma sub-angulosa a angulosa. En algunas zonas esta arena se encuentra mezclada con restos de desmote y desechos orgánicos: presenta un estado de compacidad semi-densa.

Posteriormente encontramos una arena pobremente graduada (SP), la cual incrementa el diámetro de sus partículas a medida que se profundiza: es de color beige amarillento: contenido de humedad variable entre parcialmente seco y parcialmente húmedo, en la parte cercana a Buenos Aires y la Urb. El Golf se tendrá especial cuidado por presencia de nivel freático alto, partículas de forma sub-angulosas a sub-redondeada. La compacidad de este estrato es definida como semi-densa.

La capacidad portante de esta zona varía de  $0.7 \text{ kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ .

**ZONA IIA**

Se aprecia inicialmente en toda la zona, entre la superficie y una profundidad variable de 1.40 m ~ 2.70m, una arcilla limosa (CL), de color marrón, de mediana plasticidad (IP = 11% ~ 16%), humedad inicial baja ((!) = 6% ~ 9%), aumentando esta a medida que se profundiza. El estado de consistencia de este estrato varia de semi-blanda a semi-dura (N = 7 ~ 17).

A continuación y hasta una profundidad promedio de 10.00 m se aprecia una arena pobremente graduada (SP), color pardo amarillento, medianamente denso, con humedad inicial baja ((;) = 3% - 4%), aumentando esta con la profundidad.

En el terreno de se ubica actualmente el campus de la UPAO, se encontró a partir de los 2.50 m aproximadamente y hasta los 6.00 m, capas de arcilla de mediana plasticidad (IP = 20% ~ 21%), color marrón oscuro, con oxidaciones amarillentas y puntos negruzcos, humedades de (i) = 24% ~ 27%, intercaladas con capas de arenas finas limosas, color beige amarillento; poco a nada plásticas, semi-compactas, suelos limos poco plásticos (ML) y de buena plasticidad (MH); y arcilla de buena plasticidad (CH), índice de plasticidad, IP=26% ~ 40%; y humedad, (i) = 19% ~ 31%.

La capacidad portante de esta zona varía de 0.7 kg/cm<sup>2</sup> a 1.2 kg/cm<sup>2</sup>.

**ZONA IIB**

Se presenta una superficie de material de relleno conformada por arcilla (CL), de color beige, mezclada con restos de ladrillo y materia orgánica en estado de descomposición. Este relleno se encuentra en estado parcialmente saturado y alcanza una profundidad promedio de 0.50m.

Subyaciendo a la capa anterior se encuentra un estrato formado por arcilla de baja plasticidad (CL), color beige oscuro, con valores de contenido de humedad menores a 5% ((;) < 5%). La consistencia de esta arcilla varia de suelta (N = 1, cerca de la Plaza de Armas); a semi-dura (N = 16, Centro Comercial Don Carlos). La profundidad de este estrato alcanza los 1.70m en promedio.

Luego se encuentra una arena pobremente graduada (SP), de forma semi angulosa a semi-redondeada, color pardo amarillento, densidad variable de suelta (N = 9, Centro Comercial El Virrey) a semi-denso (N = 16, cerca de la Plaza de Armas). Este estrato se encuentra en estado parcialmente saturado y tienen una potencia aproximada de 6.00 m.

La capacidad portante de esta zona varía de 0.7 kg/cm<sup>2</sup> a 1.2 kg/cm<sup>2</sup>.

### **ZONA III**

Se observa en esta zona, entre la superficie y una profundidad promedio de 1.20 metros, una arena fina arcillosa (SC) de color beige claro, en estado parcialmente seco y de consistencia semi-densa.

A continuación y hasta una profundidad de 5.00 m en promedio se observa una arena gruesa limpia (SP), de color gris claro, consistencia semi-densa y partículas sub-angulosas, conocida como “hormigón”. Aisladamente se encuentran rocas de diámetro variable entre 2 y 25 pulgadas.

La capacidad portante de esta zona varía de 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> a 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **ZONA IV**

Sector Víctor Larco, el perfil de suelo encontrado: en la capa superficial arena limosa (SM), de grano fino contaminada con material orgánico alcanza profundidades de 1,20 m. El estrato subyacente es arena limosa pobremente graduada de grano fino (SP-SM), de color amarillo y plomo con diferentes porcentajes de limo orgánico no plástico, medianamente densa. Alcanza profundidades de 4 m. En esta zona se encuentran el nivel freático casi superficial. La capacidad admisible del terreno varía de 1 kg/cm<sup>2</sup> a 0,5 kg/cm<sup>2</sup> para una profundidad de cimentación superficial de 1m de profundidad. Asimismo esta zona es susceptible de licuación de suelos.

### **ZONA V**

Sector el Porvenir, en el estrato superficial arena pobremente graduada de grano muy fino (SP-SM), de forma redondeada, seca de color marrón claro. Presencia de conchuelas. Densidad relativa: suelta hasta los 0,5 m; medianamente densa hasta 1 m de profundidad. Varía el espesor del estrato hasta 1,50 m. En el estrato subyacente encontramos arena pobremente graduada de grano fino (SP), seca color marrón claro. Presencia de limo inorgánico no plástico en un 5% densidad relativa: densa. El espesor del estrato varía hasta 3,50 m., este sector es susceptible a licuación de suelos.

Sector la Esperanza y Florencia de Mora, Arena fina con pequeños porcentajes de limo (SP - SM) arena pobremente graduada de grano fino, de forma redondeada, seca de color marrón claro, con 4% de limo inorgánico no plástico. Estrato de características uniformes, densidad relativa: hasta los 0,50 m suelta, a 1m mediante densa, a los 3,50 m densos, este sector también es susceptible a licuación de suelos.

En el sector del Parque Industrial, los perfiles estratigráficos son homogéneos, variando sólo en su potencia y compacidad. Superficialmente encontramos arena de origen eólica, hasta 0,50 m; de granulometría fina a media, continuando el mismo tipo de arena (SP-SM), con pequeños lentes de limos arenosos hasta los 3m, con presencia de gravillas y gravas, en estado relativamente seco, Luego encontramos el estrato de conglomerado (GP-SP), arena semigruesa con bajos porcentajes de finos que empaca grava y gravillas subangulosas en un 40% a 60%, así como bolones que alcanzan 10" de diámetro, este estrato tiene mediana compacidad. La capacidad portante en este sector varía de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  a  $3,5 \text{ kg/cm}^2$ . Siendo susceptible a licuación de suelos las áreas en la que se presenta arena pobremente graduada en el perfil del suelo.

En general la ciudad de Trujillo presenta un suelo homogéneo; arena pobremente graduada de grano fino a medio, que varía en potencia, compacidad y resistencia en los diferentes sectores de la ciudad. El primer estrato con una profundidad de 2 m se le puede considera material de relleno o tierra de cultivo dependiendo del sector. Los estratos sucesivos son una combinación de arena pobremente graduada de grano fino medio con pequeños porcentajes de limo y/o arcilla. En el distrito de la Esperanza en la zona destinada al Parque Industrial se puede apreciar la existencia de hormigón, grava pobremente graduada con presencia de piedras medianas y grandes.

La resistencia portante del terreno en la zona de estudio de Trujillo y las zonas aledañas tienen un promedio de  $1 \text{ kg/cm}^2$  variando entre  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo en la zona de Buenos Aires hasta 3.5 en la zona del Parque Industrial de Trujillo.

Se ha realizado 110 estudios de suelos en la ciudad de Trujillo, distribuidos en los diferentes sectores de la ciudad. Ver M-3.11. Donde se puede observar el perfil de suelos, naturaleza del terreno, la clasificación correspondiente de los mismos de acuerdo al SUCS y la resistencia admisible a nivel de cimentación superficial.

Las características de mecánicas de suelos, se presenta en los diferentes perfiles encontrados por distritos y sectores:

Hoja en blanco para el mapa M-3.14



### 3.6.10. GEOTECTONICA

#### Marco Tectónico y Fuentes Sísmicas

La cordillera de los Andes constituye la deformación de la margen occidental de América del Sur; que se ha desarrollado durante los últimos 200 millones de años. Entre los 200 y 80 millones de años antes de Cristo, esta región se encontraba debajo del nivel del mar y fué el foco de una densa sedimentación marina. La región emergió generando fallas y actividad volcánica, elevándose hasta alcanzar su presente altitud sobre el nivel del mar (**Mourier, 1998**).

En el presente, la Geodinámica de la margen occidental del continente es dominada por la interacción entre dos placas litosféricas: la placa continental – Sud Americana, y la placa oceánica – Nazca. Esta última se desplaza hacia al Este y penetra debajo (“proceso de subducción”) de la placa continental, la que a su vez se desplaza en dirección contraria (Isacks et. Al., 1968; James, 1971; Megard, 1973). Los valores medios para los últimos 5 millones de años sugieren que la dirección de convergencia de estas dos placas es aproximadamente N80°E (**Minster et. Al., 1974**), y que la velocidad de convergencia es de 80 a 100 km/ma (**Pilger, 1983**) o sea unos 8 a 10 cm por año. La placa Nazca penetra debajo del Perú con una inclinación de aproximadamente 30° hasta llegar a una profundidad de unos 100 km debajo de la superficie. A partir de ese punto se aprecia un comportamiento diferente entre el segmento al norte de los 16° S y el segmento al sur de esta latitud. Este último mantiene el ángulo de penetración de 30° para continuar su avance debajo del continente, hasta llegar a una profundidad del orden de los 300 kilómetros. En cambio, el segmento norte, a partir de los 100 Km. de profundidad, continúa penetrando debajo del continente en un plano casi horizontal, hasta una distancia del orden de los 600 o más kilómetros de la costa, para luego iniciar una resubducción a un ángulo muy empinado, llegando a profundidades de 600 km o más. (**Barazangi & Isacks, 1979; Hasegawa & Sacks 1981; Grange et al 1984, Rodríguez & Tavera 1991**)

#### PELIGRO SISMICO Y DEFINICIONES

El peligro sísmico es la probabilidad de que en determinado lugar ocurra un movimiento sísmico de determinada magnitud o mayor, en un determinado plazo de tiempo.

En general, el parámetro magnitud se relaciona con la cantidad de energía liberada así como otros parámetros como la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo o el valor medio de la intensidad.

Cuando la sismicidad está asociada al proceso de subducción, generalmente se pueden identificar dos “fuentes” donde se generan los terremotos tectónicos. Una de ellas corresponde a la región donde se desarrolla el proceso de subducción, conocida como la zona de Wadatti-Benioff. En esta zona se generan sismos en la vecindad del contacto entre dos placas y en la misma zona de contacto – eventos interplaca. La otra región es la parte continental que corresponde a la capa superior de la Tierra, llamada “litosfera”, cuya profundidad llega hasta los 80 kilómetros debajo de la superficie. El estrato más externo de la litosfera es la corteza, una especie de “piel rocosa”, entre 5 y 40 kilómetros de espesor.

Denominamos “fallas” a cambios de estructura, es decir, desplazamientos claros de estratos en la misma roca, o de un tipo de roca apoyado sobre otro tipo, - a lo largo de un plano de contacto. Las fallas varían en longitud, profundidad, tipo y velocidad de desplazamiento; estos parámetros deben ser identificados y cuantificados para poder calcular el peligro sísmico. Existen fallas inactivas que no son escenarios de terremotos y que quizás no lo sean nunca más; en otros casos, un gran desplazamiento repentino y el origen de un gran terremoto pudo haber ocurrido hace decenas de miles de años y no conocemos su periodo de retorno.

La zona Wadatti-Benioff es la fuente sísmica más importante en términos de su dinámica y liberación de energía. Por un lado, la convergencia de la placa Sudamericana con la placa Nazca da lugar a la acumulación de energía elástica en toda la región aledaña a la zona de contacto. Esta energía es liberada en parte por la constante sismicidad que caracteriza la región y, sobre todo, por grandes rupturas de la corteza o el súbito colapso de grandes volúmenes de roca, eventos que se traducen en terremotos destructivos a todo lo largo de la costa y tierra adentro. Varios parámetros como la edad de la placa oceánica, el ángulo de subducción, y velocidad de convergencia, condicionan esta región a un fuerte acoplamiento entre placas (Ruff & Kanamori, 1993). No es de extrañar que los mas fuertes terremotos del mundo y a la vez los más frecuentes son esperados en estas zonas. Los grandes y medianos eventos sísmicos intra-placa en el continente son relativamente menos frecuentes; sin embargo, tienen un gran potencial destructivo debido a que sus hipocentros son poco profundos.

## **SISMICIDAD HISTORICA**

La importancia de los datos históricos es determinante para identificar fuentes sísmicas y para estimar parámetros de los terremotos.

En 1932 la Institución Carnegie de Washington instaló en el Observatorio Magnético de Huancayo un moderno Observatorio Sismológico – uno de los mejores en América del Sur. Los datos de Huancayo contribuyeron a un mejor conocimiento de la sismicidad nacional y regional. Aun así, el estudio de muchos sismos peruanos, relativamente recientes, descansa en el paciente y cuidadoso trabajo de investigadores como Enrique Silgado.

En 1945 se instaló un acelerógrafo en Lima. Se trata de un instrumento que mide los movimientos fuertes del terreno durante un terremoto y esta a cargo del IGP.

Recién los años 1962 – 64 se instaló la red sismológica mundial (WWNSS), equipada con equipos modernos de alta ganancia, con fondos del gobierno de los Estados Unidos de América. La red incluyó dos nuevas estaciones sísmicas peruanas: las de Ñaña y Arequipa. Antes de que ese hecho fuera realidad, muchas de las localizaciones instrumentales, sobre todo las telesísmicas, eran poco confiables y el umbral de detección, tanto a nivel mundial, como regional y nacional, era muy alto.

Podríamos decir que la Sismicidad Histórica da paso a la Sismicidad Instrumental cuando se cuenta con una red sísmica lo suficientemente densa y con instrumentos de alta ganancia, capaz de detectar sismos en cualquier parte del territorio nacional o regional de magnitudes del orden 4,5.

## **INTENSIDADES HISTORICAS**

El parámetro de fundamental importancia que aporta la Sismicidad Histórica es la Intensidad Sísmica.

La ciudad de Trujillo fue afectada por varios terremotos la cual se tiene referencias desde la época de la Colonia (ver antecedentes de desastres por sismos).

Estas informaciones se basan principalmente en la descripción de los sismos que tuvieron mayores efectos y que se encuentran en grandes archivos de España, Francia e Inglaterra – sobre todo en el Archivo General de las Indias en Sevilla. La información consiste en un gran volumen de informes oficiales, comunicaciones, cartas, y otras fuentes que describen los daños y efectos de los terremotos fuertes y leves. Estos archivos han sido preservados y catalogados; son consultados por diversos especialistas. Entre ellos sismólogos, quienes interpretan los textos descriptivos y los traducen a parámetros cuantitativos para determinar una Intensidad Sísmica con referencia a una escala como la de Mercalli Modificada.

La historia sísmica de Trujillo se conoce desde el 19 de febrero de 1619, cuyo sismo tuvo intensidad de IX (MM), y una magnitud de 7,0; causó la destrucción total de los edificios de la época, construidos de adobe y barro, agrietándose el suelo en distintas zonas producto del fenómeno de licuación de suelos saturados, con afloramiento de agua gredosa, formando torrentes. De los eventos sísmicos que se incluyen, 9 habrían causado daños de moderados a considerables en la zona de interés. Los eventos son indistintamente de tipo subducción, con epicentros frente a la costa, o de tipo intra-placa en el continente.

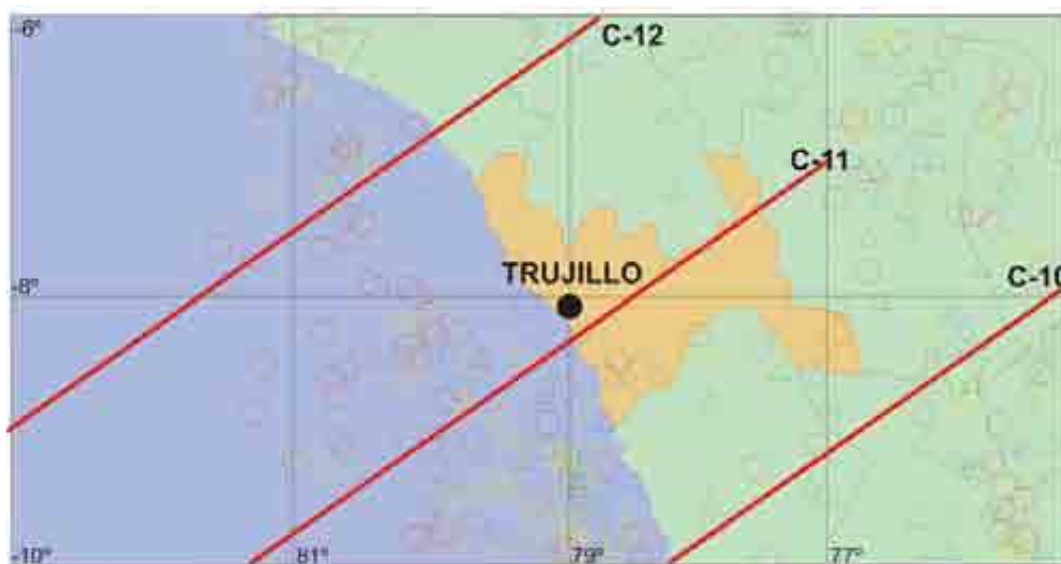
La no preponderancia de actividad sísmica relacionada con el proceso de subducción favorece la hipótesis de Dorbath et al. (1990), de acuerdo con la cual, por lo menos en los últimos 500 años, en el norte del Perú habría menor grado de acoplamiento de las dos placas. De ser así, también sería menor el peligro sísmico que se genera en la parte norte de la zona de subducción, en comparación con el resto del litoral.

### SISMICIDAD INSTRUMENTAL

El área de influencia sísmica de la ciudad de Trujillo para realizar el análisis sísmico, se ha definido entre las latitudes  $0,73^{\circ}$  y  $14,8^{\circ}$  S y  $73^{\circ}$  y  $82^{\circ}$  W, para esto hemos recopilado información instrumental de sismicidad del área, confeccionando un catálogo con sus respectivos datos, tales como tiempo de ocurrencia, coordenadas espaciales, magnitud.

### DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS SISMOS

Como se puede ver en el gráfico de sismicidad de Trujillo (**Fig.3.15**), la mayor actividad sísmica está localizada bajo el océano y, corre paralela a la costa, donde se observa una marcada concentración de los eventos sísmicos en la zona de Trujillo y Lima. Además, también apreciamos una gran actividad sísmica en la parte norte de la región San Martín.



**Fig.3.15.Sismotectónico del Perú –Zona de Trujillo**

### DERIVA CONTINENTAL

La deriva continental, lleva a América del Sur hacia el oeste, mientras que el fondo oceánico formado en este caso por la placa de Nazca penetra por subducción debajo de nuestro continente. Además de causar terremotos

y haber creado la Cordillera de los Andes, esta colisión ha causado la deformación y levantamiento de la costa peruana (eventual causa de la destrucción del sistema de riego CHIMU). El desplazamiento del continente hacia el Oeste alcanza 10 cm por año en este valle y 15 cm en zonas más al Sur, produciéndose una deformación constante.

### **RASGOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES**

En la cadena de Cerros Illescas de la Cordillera de los Costa, expuesta en el desierto de Sechura, se encuentran las estructuras de fallamiento mas occidentales del área que describimos.

La cadena Illescas constituye el Complejo Basal de la Costa, el cual ha sido afectado por un intenso fallamiento que dieron lugar a las estructuras principales: fallas illescas y Tric – Trac. La falla illescas constituye un accidente Tarde Hercinico de actividad observada desde el Eoceno superior reactivándose durante el Terciario. En la actualidad constituye una falla de 3 km de ancho caracterizado por integrar un sistema de fallas regionales de dirección NW – SE. El salto vertical de la falla illescas acumulando desde el Eoceno superior se estima en 700 m. Sus últimos movimientos registrados, llegan hasta el Cuaternario con la Transgresión Pleistocénica cuando se depositaron los Tablazos y la posterior regresión por levantamientos del bloque occidental. La Falla illescas fue inicialmente una falla normal, reactivándose durante el Eoceno Superior – Mioceno inferior, como una falla normal; posteriormente durante el Mio Plioceno se reactiva como una falla inversa, y durante el Pleistoceno devino en falla normal.

La falla Tric Trac tiene su traza paralela a la falla illescas encontrándose al este de ella. Es una falla normal con plano inclinado al Este y bloque hundido siniestral. Su salto se estima en 470 m. Los movimientos de ambas fallas en el área de Sechura ha dado lugar a una tectónica caracterizada por el desarrollo de grabens y horts en el basamento Pre – Terciario.

Continuando por la Faja Costera, hacia al Sur, no se conocen fallamientos ni plegamientos notables. En punta lobos, Chicama, se ha reconocido una falla normal de rumbo N-S, con bloque hundido al Oeste. Su traza tiene una longitud de 2,5 km. El Flanco Occidental y Faja Andina en el área comprendida entre los 6°00' y 7°00' de latitud Sur y 78°00' y 79°00' de longitud Oeste, se encuentran dos fallas inversas de rumbo NO-SE con bloque levantado al SO, dando lugar a sobreescurrecimientos con longitud de trazas de 30 y 100 km. Entre los 7°00' y 8°00' de lat. Sur y 77°00' y 79°00' de Longitud, se continúan los sobreescurrecimientos, anteriores con el mismo rumbo general. Aparecen otros sobreescurrecimientos paralelos, de gran amplitud y fallas normales; así mismo se desarrolla un sistema de pliegues apretados que afectan a rocas del grupo Goyllarisquisga y las formaciones Yumagual, Quilquiñal y Cajamarca del Cretáceo.

En este sector, algunas fallas alcanzan hasta 120 km de largo, continuando hacia el Sur hasta la latitud de Huaraz por una distancia adicional de 200 km. Un hecho notable lo constituyen la inflexión de los pliegues, sobrescurrimientos y fallas normales en dirección N-NE. Las deformaciones existentes corresponden al ciclo Pre-Cambriano en el límite oriental del área y las fases Peruana y Quichuana en el Centro y Occidente del área.

Es de notar que las zonas de pliegues y fallas desarrolladas en el grupo Goyllarisquizga y más recientes, se prolongan hacia el Oeste hasta Paredones, Contumaza y Lucma, localidades donde aparecen en contacto con las sedimentitas de la formación Chicama y los Volcánicos Calipuy, que marcan el límite de la cuenca Cretácea al Oeste.

Entre los 8°00' y 9°00' S y 76°30' y 78°00' W se continúan 3 sobrescurrimientos importantes, el más Nor-Oriental de los cuales con 140 km de largo corresponde a la Falla Marañón que nace desde Cerro de Pasco. Esta estructura a partir de las 8°30' S, pasa a falla normal a lo largo del Marañón. Es de mencionar que esta falla que se emplaza desde Cerro de Pasco hasta Cajamarca alcanza 500 km de longitud.

En el valle del Marañón se observa fajas hundidas que corresponden a fallamientos en bloque denominados por algunos autores como fosas tectónicas del Marañón. Estos fallamientos en bloques originados por acción de las fallas normales se produjeron en toda la región Andina. Todas las estructuras corresponden a áreas de deformación Tardi Hercínicas, Peruana, Incaica, y Quichuana acompañado con magmático granitoide.

Entre los 9°00' y 10°00' S y 76°00' y 77°30' W, como se ha mencionado, se delinea el tramo de falla normal de la falla Marañón que culmina en las cercanías de Cerro de Pasco donde ha constituido una zona de fallas longitudinales denominadas Cerro de Pasco 1 y 2; son fallas de alto ángulo con buzamiento de 60 y 80° al Este. Estas estructuras separan nítidamente dos esquemas estructurales diferentes: al Este las rocas plegadas del Grupo Pucara y al Oeste los sedimentos terciarios fuertemente comprimidos.

El territorio delineado presenta áreas de deformación correspondientes a fases Tardía Hercínica, Peruana, Incaica y Quichuana. Hacia el Suroeste de la falla Marañón se presentan los sobrescurrimientos que vienen desde el Noreste y cuyos tramos finales se encuentran aproximadamente a 30 km de Huaraz. Otro rasgo estructural importante en este último sector, lo constituye la falla del Callejón de Huaylas que viene desde Santiago de Chuco y termina cerca de Chiquián.

La región que se describe presenta además, numerosas estructuras de falla de dirección SO-NE y E-O, en su mayoría de tipo normal, constituyendo estilos tectónicos locales que no han sido aun debidamente cartografiados y estudiados. En todo caso, representa elementos estructurales menores en relación al fallamiento longitudinal descrito.

## SISMOTECTONIA

La tectónica de placas señala para la región del pacífico una interacción por subducción de la Placa de Nazca con relación a la Placa Sudamericana. La sismicidad y la solución de mecanismos focales de varios sismos peruanos evidencian (ver Fig. 3.16, 3.17 y 3.18) que esta subducción se manifiesta a través de una superficie de escurrimiento de bajo ángulo ( $10^{\circ}15'$  a  $12^{\circ}$ ) en la zona central y norte del Perú, según Stauder. De acuerdo a éste autor el estudio del mecanismo focal del terreno del 31 de Mayo de 1970, indica que el fallamiento asociado a este sismo es de tipo normal. Es decir, fracturamiento de tensión que esta ligado a la zona de flexión de la Placa de Nazca; la fractura se produjo dentro de ella. Por otro lado, tres replicas comparables es profundidad al sismo principal, presentan fallamiento inverso que oscurece la interpretación global; es probable que estos sismos respondan a un reajuste de los esfuerzos que originaron la fractura mayor inicial.

La dirección del fallamiento asociado con el sismo del 31 de mayo de 1970 de acuerdo a la solución del mecanismo focal, es paralelo a la línea de costa y al fallamiento regional asociado al tectonismo andino.

La proyección hacia el Norte del fallamiento asociado al sismo de 1970, se ubicara a 50 km. perpendicularmente de la ciudad de Trujillo.

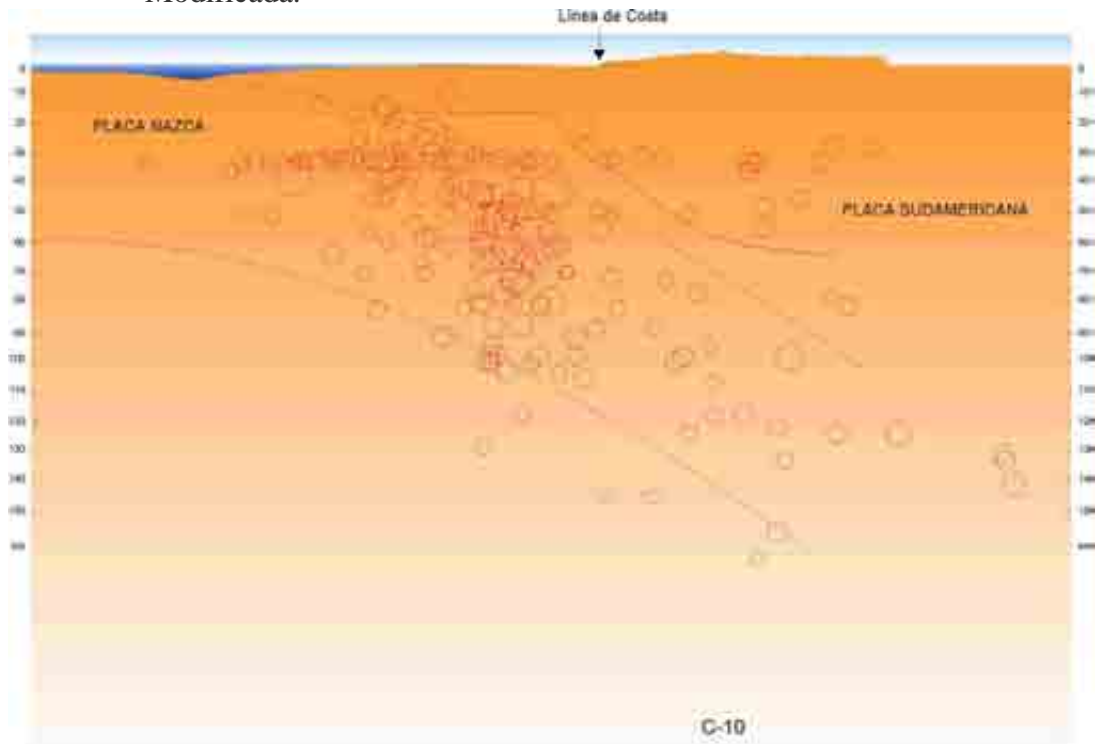
La tectónica indica que el área de influencia de Trujillo evidencian un proceso dinámico interno intenso que ha dado lugar ha estructuras morfológicas características, como resultado de los fracturamientos, plegamientos y levantamientos regionales de las unidades geológicas.

La última deformación tectónica corresponde a la deformación Andina, esto es la formación y desarrollo de los Andes con todos sus sistemas de fallamientos y plegamiento de han modelado la topografía que se conoce actualmente, como consecuencia, dentro del área de influencia quedan aun zonas de fallamiento superficial activo en el presente siglo, ubicados a mas de 150 km. al Sureste de Trujillo, constituyendo los sistemas de fallamiento de la Cordillera Blanca y los sobrescurrimientos de la cuenca del Marañón.

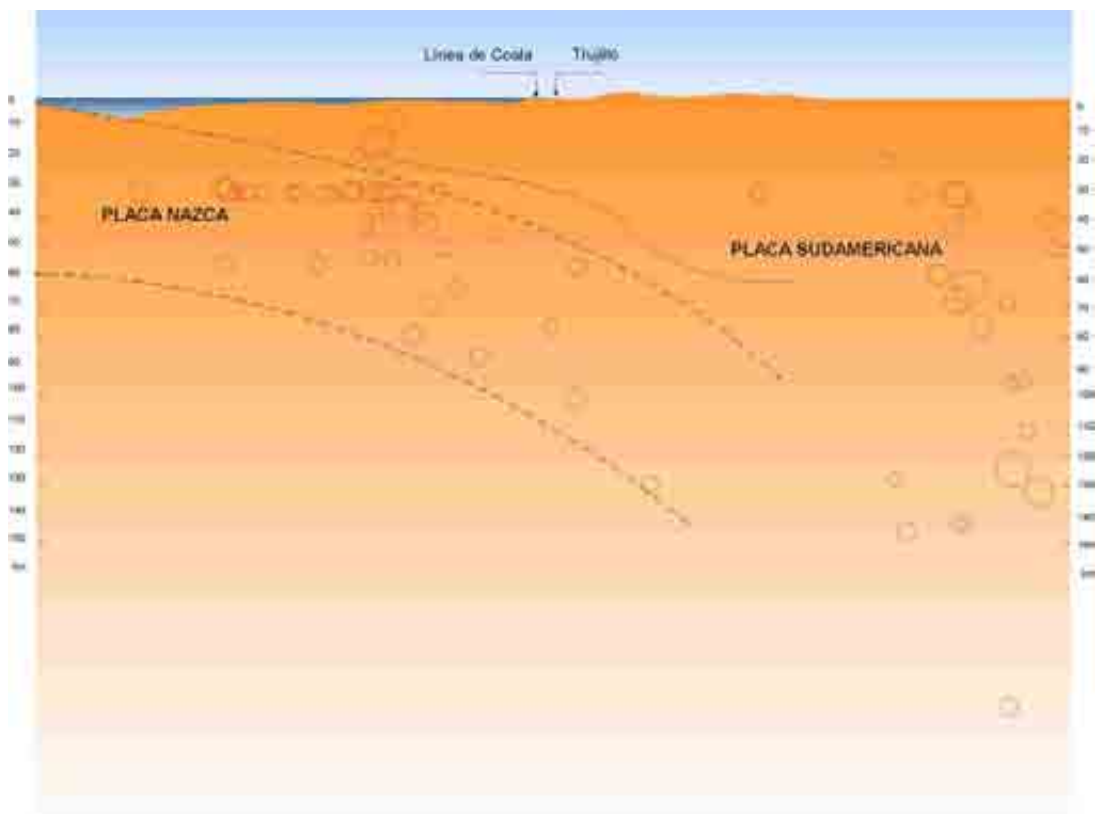
La ciudad de Trujillo se encuentra dentro de la fase de deformación mesoterciaria o quichuana, como ultima fase de deformación Andina y dentro de esta unidad de deformación, la actividad sísmica es de carácter intermedio; por lo tanto las intensidades que puedan desarrollarse en roca o suelo duro serian del orden de VII (MM).

Dentro de la regionalización sismotectónica para el Perú (Jorge Alva y Jorge Meneses, 1984), Trujillo se ha ubicado en una zona, donde se puede esperar intensidades máximas de VIII (MM).

El Ing. Deza determinó la posibilidad que cada 200 años se puede esperar un sismo que produzca una intensidad del grado IX en la escala de Mercalli Modificada.

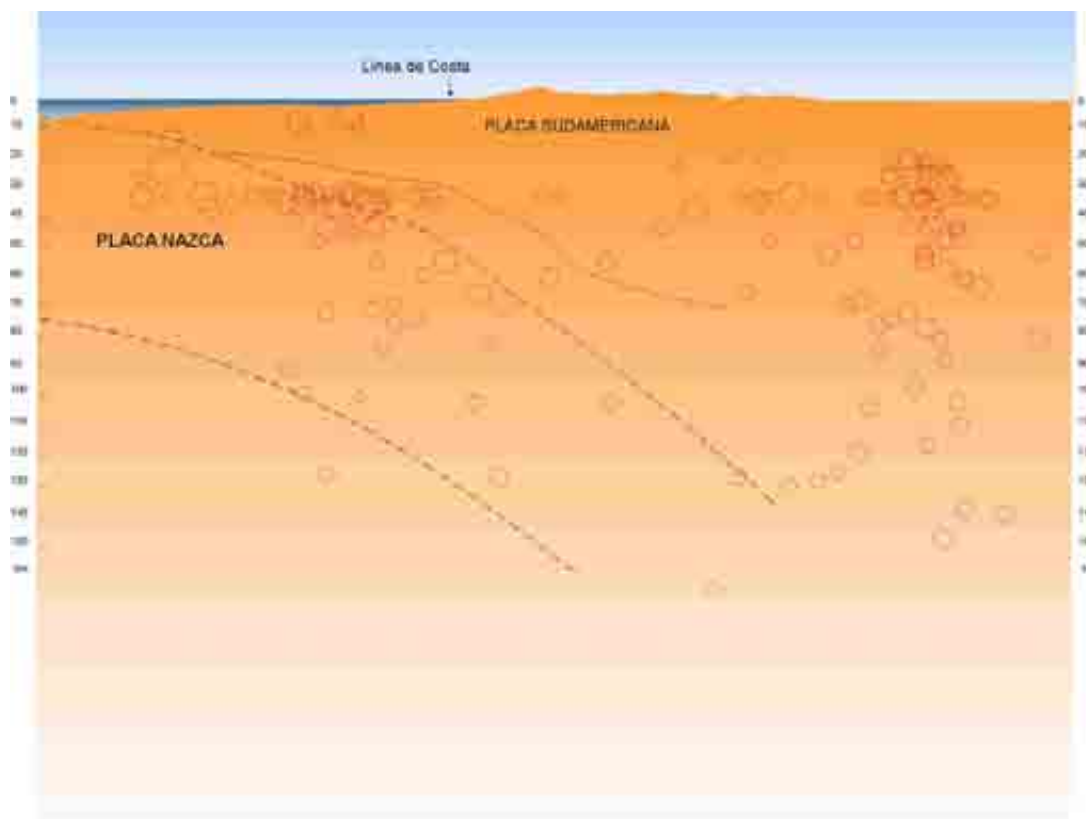


**Fig.3.16.** Profundidad Local de la Actividad Sísmica C-10.



**Fig.3.17.** Profundidad Local de la Actividad Sísmica C-11.





**Fig.3.18.** Profundidad Local de la Actividad Sísmica C-12.

De ocurrir sismos debajo de la ciudad, estos se producirán a más de 70 km de profundidad. Sin embargo, la mayor influencia de los sismos será de aquellos que ocurran en el mar, en la zona de interacción de las placas tal como los terremotos que han sacudido la ciudad causándole graves daños en diversas épocas.

### **PELIGRO SISMICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO**

Con el objeto de analizar e Peligro Sísmico de la Ciudad de Trujillo, se hizo uso de programa RISK, para una ubicación aproximada de Trujillo de  $8^{\circ}06'00''$  Sur y  $79^{\circ}01'12''$  Oeste. Para tal efecto se ha usado 6 fuentes sismogénicas de subducción y 2 fuentes continentales aplicables a Trujillo, de las 20 fuentes sismogénicas propuestas para el Perú por Jorge Alva y Jorge Castillo (1 993), con sus respectivas ecuaciones de recurrencia, las que son modelos sismotectónicos representativos de la geometría de las fuentes.

Por otra parte, hemos consultado el trabajo de microzonificación sísmica del Perú, para la zona de Trujillo realizada por Casaverde y Vargas en 1980 basado en métodos probabilísticos, donde se presenta los mapas de distribución de aceleraciones máximas, para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años, los cuales nos servirá para comparar nuestros resultados.

## LA ATENUACIÓN DE LA ACELERACIÓN

Considerando que para la zona de influencia de la ciudad de Trujillo, no se dispone de la información instrumental adecuada (acelerogramas), hemos tomado resultados de estudios de atenuación hechos a base de los mapas de isosistas de los sismos más fuertes ocurridos en el Perú.

Efectuando un análisis de las soluciones del mecanismo focal de los principales sismos ocurridos en los últimos 25 años en el Norte del Perú, se encontró que dichas soluciones dan direcciones de rotura paralelas a la costa; tomando uno de los más fuertes, ocurrido el del 31 de mayo de 1970, se observa que la dirección del fallamiento proyectado hacia el Norte, pasaría a 50 km de la ciudad de Trujillo. Esta distancia podría considerarse como la “Distancia Crítica” para los sismos de subducción.

Dentro de los estudios característicos que sobre niveles de aceleración que han llevado a cabo fuera del Perú, tenemos los trabajos de Schnabel y Seed (1 972), Cloud (1 972), Donovan (1 972) y otros, quienes se considera que la aceleración registrada en un lugar esta en función, de varios parámetros entre ellos, la magnitud del sismo, la profundidad, la distancia epicentral, la estratigrafía del lugar, etc.

La atenuación de la aceleración es un fenómeno derivado de la disipación de la energía sísmica a medida que el tren ondulatorio se propaga por la tierra. Es decir la atenuación quizás depende de la dirección de propagación.

La disipación se debe a la combinación de fenómenos geométricos y mecánicos. Uno de los fenómenos son los efectos locales, que involucran refracciones, reflexiones y disipación especial de energía

En muchas partes se ha observado que los mapas de isosistas tienen formas largas que son concordantes con el alineamiento de la ruptura cuando de fallas geológicas se trata (isosistas en el Capítulo II).

El desplazamiento del tren de ondas y la disipación de energía asociada, se maneja en función de estudios de regresión sobre muestras de aceleración pico, es decir sobre valores máximos.

Muchos investigadores han hallado diversos tipos de ecuaciones de atenuación. En algunos casos son más de carácter local, sin embargo, los estudios de McGuire (1974), son utilizados con mucha frecuencia en diferentes partes del mundo para fuentes de origen continental, su estudio es resultado de emplear una muestra bastante amplia. En cambio, para los parámetros de recurrencia de las fuentes sismogénicas de subducción que utilizamos para evaluar el peligro sísmico de la zona de estudio fueron presentadas por Arévalo (1 984); donde la ley de atenuación de aceleraciones es la siguiente:

$$a = 68,7 e^{0,8M_s} (R + 25)^{-1,0} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

a = aceleración en  $\text{cm/s}^2$   
 Ms = magnitud de las ondas superficiales  
 R = distancia hipocentral en km

Para las fuentes asociadas con la sismicidad de origen continental se utiliza la ley de atenuación de aceleraciones propuesta por McGuirre en 1974, la cual fue empleada para la Costa Oeste de los Estados Unidos.

$$a = 472 \times 10^{0,28M_s} (R + 25)^{-1,3} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

a = aceleración en  $\text{cm/s}^2$   
 Ms = magnitud de las ondas superficiales  
 R = distancia hipocentral en km

**Desviación Estándar:** La ecuación Ec. 3.2 hallada por McGuirre, lo realizo con muestras estadísticas, con dispersión apreciable de los datos, cabe destacar que este es un valor independiente de la magnitud y de la distancia hipocentral o epicentral; y viene a ser la desviación estándar del logaritmo de la atenuación.

Las ecuaciones corresponden al mejor ajuste; por lo tanto, sus situación se asocia a un valor medio del parámetro. Esto representa evidentemente un peligro para el diseño si no se tiene en cuenta los valores dispersos, puesto que podría interpretarse la situación como aquella en que la mitad de los eventos futuros se iguale o sobrepase el valor, y en la otra mitad resulte por debajo del estimado; nadie se atreve a correr riesgos tan elevados. Por lo que el autor de la ecuación suministra un medida de la dispersión en términos de la desviación estandar  $\sigma = 0,57$ .

Para nuestro caso tomamos los valores hallados por Jorge Alva y Jorge Castillo (1993) para las Fuentes Continentales y de las Fuentes de Subducción para el Perú, cuyo valor para el primer caso es de 0,51 y el siguiente 0,70 este ultimo mucho mas conservador que el encontrado por McGuirre.

## RECURRENCIA DE LAS MAGNITUDES

La recurrencia de las magnitudes viene a ser la síntesis del pasado de la sismicidad dentro del área de influencia de una región. La sismicidad esta conformada por los datos sobre los sismos pasados, los cuales se pueden reducir de tal manera que se deduzcan de ellos importantes características regionales. La recurrencia de las magnitudes es una de esas posibles deducciones. La muestra para el estudio de recurrencia de las magnitudes es la que queda dentro del área de influencia, la cual realmente representa la proyección de un volumen de influencia

Con el área de influencia seleccionada y con los datos sobre los sismos pasados que quedan ubicados dentro del área de influencia, se puede formar un listado incremental de las magnitudes de la muestra. Este listado consiste en colocar las magnitudes en orden creciente y a partir de una magnitud mínima, usualmente igual a tres o cuatro, se comienza a contar los sismos que igualan o superan niveles de magnitud de referencia. La metodología fue planteada por Richter.

Donde  $M$  es la magnitud evaluada en base a ondas superficiales. El valor de  $A$ , resultado de la intersección con las abcisas, el cual hasta cierto punto una medida de la magnitud máxima de la región;  $N$  el valor de los sismos que igualan o superan el nivel de referencia  $M$ ;  $B$  es la pendiente de la recta de Regresión llamada también Tasa.

Cuando  $\log(N)$  tiende a cero,  $M$  tiene el valor de  $A$ , por lo tanto,  $A$  es una indicación de la magnitud máxima real.

La recurrencia de las magnitudes suministra dos elementos básicos para cualquier estudio de peligro sísmico. La magnitud máxima y la distribución de la muestra de magnitudes regionales, entre grandes y pequeños. Por ejemplo un valor grande de la tasa (2,5 o mayor) significa predominancia de los sismos pequeños. Un valor pequeño (1,2 o menores), significa predominancia de los sismos con magnitudes mayores. Es decir que, se podría interpretar que mientras más bajos sean los valores de la Tasa, mas alta resulta la peligrosidad regional.

**Escala de Magnitudes:** Dentro de las escalas mas conocidas tenemos la  $M_s$ ,  $M_b$  y  $M_w$ , donde las 2 primeras son ampliamente utilizados y representan las ondas de cuerpo y las ondas superficiales. La magnitud  $M_w$  de Kanamori tiene la particularidad de poder ser empleada en aquellas oportunidades en la escala convencional de magnitudes se satura y es usada para determinar las magnitudes de los grandes terremotos.

## FUENTES SISMOGENICAS

Las fuentes sismogénicas son proyecciones de volúmenes litosféricos dentro de los cuales se presume que pueden ocurrir sismos con origen tectónico similar. Esto quiere decir que una fuente sismotectónica no es una falla geológica activa, pero también significa que es muy probable que una fuente se asocie a una o varias fallas activas.

Desde el punto de peligro sísmico, las fuentes sismogénicas desempeñan un papel fundamental; por lo tanto, se debe conocer en donde están ubicadas, cual es la recurrencia de las magnitudes de los sismos asociados a su actividad y, cual es la magnitud máxima razonable que puede originar una ruptura en alguna de las fallas de la fuente. Es tradicional ubicar las fuentes dentro del mismo mapa del área de influencia.

El Oeste de Sudamérica, es uno de los márgenes continentales de mayor actividad tectónica en el mundo. A lo largo de este margen, convergen la placa oceánica de Nazca y la placa Continental Sudamericana, dando como resultado la subducción de la Placa de Nazca.

Las áreas oceánicas y costeras del Perú “ZONA FUENTE DE SUBDUCCIÓN SUPERFICIAL (F2, F3) y CONTINENTAL (F7, F11)”, que buza entre la fosa oceánica y el área costera del Perú, experimentado frecuentes sismos superficiales con  $M_w \geq 7,5$  ó grandes con  $M_w = 7,75$ . Los sismos históricos interplacas ocurridos en esta área han hallado un magnitud de  $M_w$  (24 de Mayo de 1 940 y 24 de Agosto de 1942). En los últimos 40 años ocurrieron 3 grandes sismos a lo largo de la costa del Perú como se muestra en el Tabla 3.10

**Tabla 3.10:** Grandes Sismos Peruanos

| FECHA         | Ms (1) | Mw (2) |
|---------------|--------|--------|
| 17 Oct. 1 966 | 7,5 I  | 8,1    |
| 31 May. 1 970 | 7,8 N  | 7,9    |
| 03 Oct. 1 974 | 7,6 N  | 8,1    |

(1) Fuente de datos: Gutenberg y Richter (1965)

I = ISC

N = NOAA

(2) Valores  $M_w$  de Kanamori (1 977)

Se estima que el intervalo de recurrencia promedio es esta zona fuente, para un sismo de magnitud de 6,8 Mb ó mayor, es de 50 años aproximadamente. La aproximación mas cercana al sitio de investigación se estima en el orden de “40 – 60 km de profundidad.”

Por debajo del interior del continente “ZONA FUENTE DE SUBDUCCIÓN INTERMEDIA”, ocurren sismos de profundidad intermedia, con profundidades locales de 71 a 300 km, dentro de la placa subandina de Nazca.

Los sismos históricos con focos dentro de esta placa, alcanzan magnitudes de hasta 7,2 Mb.

La distribución de espacial de la actividad sísmica y las características neotectónicas en el Perú, permitieron a J. Alva y J. Castillo (1 993) definir 20 fuentes sismogénicas en lugar de las 27 propuestas por Casaverde y Vargas (1 979). En el presente estudio usaremos las primeras, las cuales han sido ubicadas espacialmente y calibradas sus actividades, obteniendo de esta manera los elementos necesarios para la estimación del peligro sísmico de la Ciudad de Trujillo.

Respecto a la magnitud máxima que se introduce en la fórmula de atenuación de la aceleración, se utiliza el valor de  $M_s$ , que razonablemente podemos esperar de la ruptura proveniente, ya sea de los estudios de recurrencia de las magnitudes o de la sismotectónica regional. En consecuencia las magnitudes de cada fuente sismogénica quedan acotadas entre un  $M_{\min}$  y un  $M_{\max}$  que deben ser como se ha mencionado en la escala  $M_s$ .

## **METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL PELIGRO SISMICO**

El objeto de presentar la evaluación básica del peligro sísmico local de la Ciudad de Trujillo lo apoyamos en torno a la idea de analizar la confiabilidad de las estructuras a emplazar en la ciudad usando métodos probabilísticos.

En la década de los años 60 – 70 Cornell, escribió varios artículos sobre peligro sísmico basado en un modelo de Fuente Puntual. Posteriormente Der Kiureghian propuso el modelo de Línea Fuente el cual tiene en cuenta el proceso extendido de la ruptura.

La evaluación del peligro sísmico local de la Ciudad de Trujillo se justifica en el sentido de ser una de las ciudades más importantes económicamente y ser la tercera ciudad más poblada en el país. La evaluación del peligro sísmico nos permitirá evaluar la probabilidad que un parámetro de diseño como la intensidad (denominación general extensivo a cualquier característica del sismo) del terreno sea igualado o superado dentro de un tiempo de exposición prefijada.

La metodología propuesta por Cornell (1970) y Algermissen (1982), son trabajos que consideran la aleatoriedad de la ocurrencia de terremotos en el espacio y el tiempo. En 1976 McGuiire implementó el programa RISK, elaborado en base a los lineamientos establecidos por Cornell.

A continuación se detallan los pasos fundamentales del tratamiento para la evaluación del peligro sísmico:

1. Evaluación de las fuentes regionales dentro del área de influencia, estas incluyen sitio donde se va a evaluar el riesgo, ubicación de los epicentros asociables a cada una de las fuentes sismogénicas identificadas como aportantes al peligro sísmico local.
2. Evaluación de la recurrencia de las magnitudes de cada una de las fuentes sismogénicas identificadas dentro del área de influencia, esto incluye el sismo máximo probable y la tasa.
3. Evaluación de las magnitudes máximas de cada una de las fuentes que deben introducirse en las ecuaciones de atenuación de la aceleración.

4. Determinación de la función de probabilidad condicional acumulada del parámetro de peligro, donde el parámetro de peligro será la aceleración en terreno firme (roca base).

La metodología lo que persigue es reflejar la historia pasada a través de la recurrencia de las magnitudes y, la futura mediante un generador de eventos aleatorios.

La probabilidad de ocurrencia  $P(a)$  de que una aceleración  $A$ , generada por la ruptura de una fuente sismogénica cualquiera, resulte igual o inferior a un parámetro prefijado, se puede definir con respecto a un valor "a" el cual se toma como un nivel de referencia arbitrario, siempre y cuando la ruptura produzca una magnitud mayor que la especificada como mínima. La ecuación deducida para determinar el nivel de excedencia es:

$$P(a) \text{ máx} = e^{-t(1-P(a))} \quad \text{Ec. 3.3}$$

La función  $(1 - P(a))$ , tiene una importancia especial porque se trata de diseñar para los máximos valores de  $P(a)$ , o lo que es igual, diseñar para los mínimos de  $(1 - P(a))$ . El parámetro  $t$  viene a ser el tiempo de exposición. El llamado  $Tr$ , periodo de retorno medio, su valor esta dado por el inverso de la función  $(1 - P(a))$ :

$$Tr = 1 / (1 - P(a)) \quad \text{Ec. 3.4}$$

Combinando las ecuaciones Ec. 3.3 y Ec. 3.4 y, tomando logaritmos nos resulta la ecuación Ec. 3.5, que nos permite seleccionar la probabilidad  $P(a)_{\text{máx}}$ , a un exposición cualquiera, que al reemplazarlos obtendremos el valor de periodo de retorno de las intensidades para las condiciones establecidas.

$$\ln P(a)_{\text{máx}} = - (t / Tr) \quad \text{Ec. 3.5}$$

Si colocamos la construcción en una escala de tiempo arbitrario sobre el cual se cuenta el tiempo de exposición, inicio o el transcurso del tiempo de exposición podrían coincidir con la ocurrencia de alta magnitud, o por el contrario, el tiempo podría transcurrir, agotarse el de exposición y ocurrir un sismo de alta magnitud dentro del tiempo de exposición. Entonces para que se traslaparan la ocurrencia de una alta magnitud con el tiempo de exposición, habría que alargarle a este el lapso hasta un valor igual o superior al periodo de retorno medio de alta magnitud. El razonamiento anterior permite pensar que lo mas lógico sería estimar el tiempo de exposición, ligarlo con la confiabilidad del problema y, de allí deducir el periodo de retorno medio  $Tr$ .

## **PERIODO DE RETORNO Y PROBABILIDAD**

La evaluación de las fuentes regionales que tienen influencia directa para la ciudad de Trujillo fueron establecidas en el Trabajo de Zonificación Sísmica del Perú hecha por J. Alva y J. Castillo en 1 993. Las coordenadas

de las fuentes se muestran en el Tabla 3.2. Los parámetros de recurrencia sísmica de las zonas sísmogénicas utilizadas se presentan en la Tabla 3.3.



**Fig.3.19.** Fuentes Sísmicas Continentales (0-70km) y Subducción Superficial (0-70 km) de la Zona de Estudio.





**Fig.3.20.** Fuentes Sísmicas de Subducción Intermedia (71-300 km) y Profunda (500-700 km) de la Zona de Estudio.

Las Figuras 3.19 y 3.20 nos muestran la ubicación física de las fuentes usadas. Las fuentes F7 y F11, representan la sismicidad de origen continental. Las fuentes F2 y F3, son de subducción superficial. Las fuentes F14, F15, F18 y F19, de profundidad intermedia y profunda.

Los periodos de retorno se adoptaron de acuerdo a las recomendaciones dadas por GRASES (1 989) para la selección de movimientos sísmicos de diseño, según el tipo de obra existente o por construir presentadas en la Tabla 4.4.

La evaluación del peligro sísmico se efectuó usando el programa RISK (en el CC-CISMID), desarrollando por McGuirre (1 976) y aplicando la metodología antes descrita de acuerdo a las obras existentes en la Ciudad de Trujillo.

Se encontró el peligro anual de aceleración sísmica de Trujillo para las coordenadas  $08^{\circ}06'41''$  Latitud Sur y  $79^{\circ}01'30''$  Longitud Oeste. Se adopto la probabilidad máxima de  $P(a)$  máx en 90% para un tiempo de exposición (vida útil de las obras) de 10, 20, 30, 50, 100 años.

Los resultados obtenidos son de 412 gal para un tiempo de exposición de 50 años (vida útil) o periodo de retorno de 475 años, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Nacional de Construcciones. Los resultados de la superposición de los resultados debido las fuentes de subducción y fuentes continentales se muestran en la Tabla 3.5 y las Figuras 3.21 y 3.22.

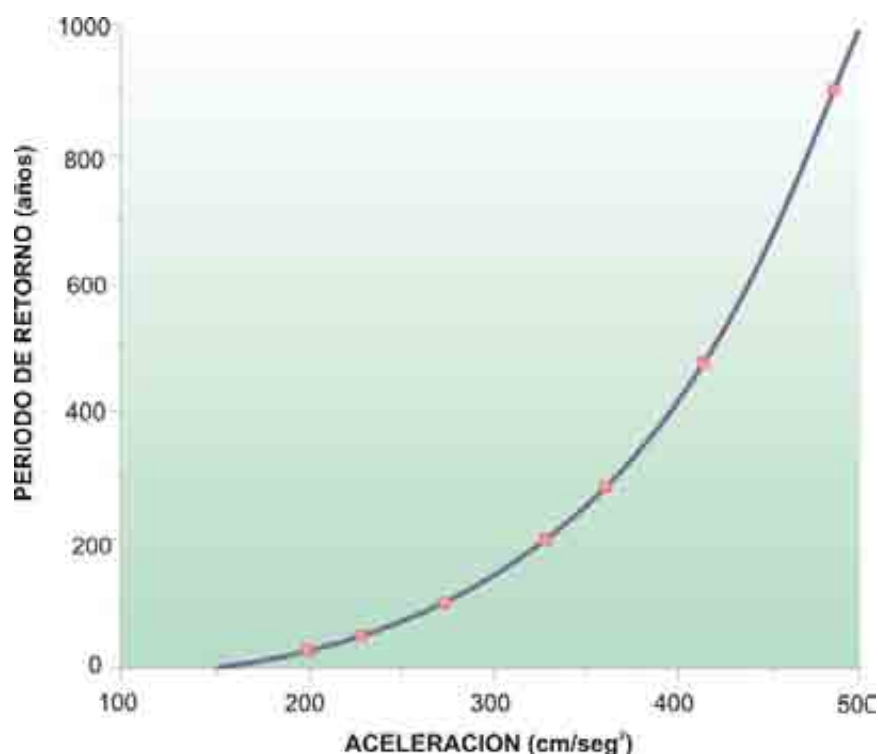
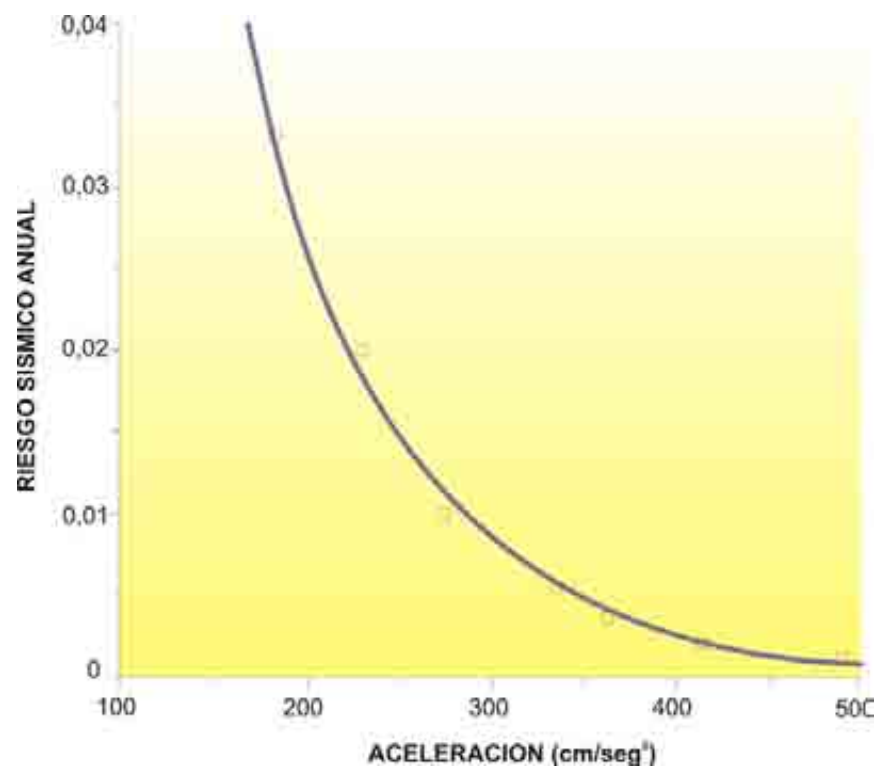


Fig.3.21. Curva de Aceleración Máxima Vs. Periodo de Retorno.



**Fig.3.22.** Curva de Aceleración Máxima Vs. Riesgo Sísmico Anual.

**Tabla 3.11** Coordenadas Geográficas de las Fuentes para Trujillo

| FUENTES | COORDENADAS GEOGRAFICAS |         |          |         |
|---------|-------------------------|---------|----------|---------|
|         | Longitud                | Latitud | Longitud | Latitud |
| F2      | -82,00                  | -3,39   | -80,17   | -3,45   |
|         | -82,00                  | -6,83   | -80,67   | -5,42   |
|         | -81,17                  | -9,00   | -79,27   | -7,90   |
| F3      | -81,17                  | -9,00   | -79,27   | -7,90   |
|         | -77,00                  | -14,80  | -75,84   | -13,87  |
| F7      | -78,28                  | -8,20   | -77,86   | -8,07   |
|         | -77,21                  | -10,47  | -76,83   | -10,23  |
| F11     | -79,10                  | -5,20   | -75,10   | -4,33   |
|         | -76,34                  | -10,67  | -74,17   | -9,33   |
|         | -74,76                  | -13,13  | -72,48   | -11,40  |
| F14     | -81,00                  | -3,07   | -79,20   | -3,07   |
|         | -81,93                  | -5,73   | -78,60   | -4,00   |
|         | -79,80                  | -8,13   | -77,17   | -6,53   |
| F15     | -79,80                  | -8,13   | -77,17   | -6,53   |
|         | -76,38                  | -14,30  | -73,86   | -12,46  |
| F18     | -79,59                  | -2,55   | -77,50   | -0,73   |
|         | -78,60                  | -4,00   | -75,51   | -2,06   |
|         | -77,17                  | -6,53   | -75,27   | -5,33   |

Referencia: J. Castillo

**Tabla 3.12** Parámetros Sismológicos de las Fuentes para Trujillo

| FUENTE | Mmin | Mmax | TASA | BETA | PROF (km) |
|--------|------|------|------|------|-----------|
| F2     | 4,8  | 7,9  | 4,57 | 3,06 | 40        |
| F3     | 4,8  | 8    | 8,78 | 3,21 | 30-60     |
| F7     | 4,9  | 7,4  | 0,4  | 5    | 40        |
| F11    | 4,9  | 7,1  | 6,99 | 5,38 | 40        |
| F14    | 4,9  | 6,5  | 2,14 | 5,74 | 100       |
| F15    | 4,9  | 7,2  | 4,04 | 5,02 | 100-160   |
| F18    | 4,9  | 7,5  | 6,04 | 4,54 | 110-180   |
| F19    | 4,9  | 7    | 6,44 | 5,27 | 160       |

**Tabla 3.13.** Valores Referenciales para la Selección de Movimientos Sísmicos de Diseño

| TIPO DE OBRA                                | VIDA UTIL<br>(t años) | Probabilidad de<br>Excedencia | Tiempo de Retorno<br>(Tr años) |
|---|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Equipos de S/E eléctricas de alto voltaje   | 50                    | 0,03                          | 1600                           |
| Puentes o viaductos de arterias principales | 100                   | 0,1                           | 950                            |
| Tanques de almacenamiento de Combustible    | 30                    | 0,05                          | 590                            |
| Edificaciones para Viviendas                | 50                    | 10-20                         | 225-500                        |
| Construcciones Temporales                   | 15                    | 0,3                           | 40                             |

Fuente: Grases (1 989)

**Tabla 3.14** Resultados de Aceleraciones Máximas de la Ciudad de Trujillo

| Periodo de Retorno<br>(Años) | A máx<br>(cm/s <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|-------------------------------|
| 30                           | 199                           |
| 50                           | 228                           |
| 100                          | 274                           |
| 200                          | 329                           |
| 285                          | 361                           |
| 475                          | 412                           |
| 900                          | 488                           |

Fuente Grases (1989)

## CONCLUSIONES

En la evaluación del peligro sísmico, la introducción de datos neotectónicos, de la sismicidad histórica e instrumental y el uso de las diferentes aproximaciones realizadas, establecen condiciones a ser consideradas para la aplicación de un múltiple enfoque, con las siguientes conclusiones:

- El área de interés esta localizada en un margen continental activo, el cual muestra reciente deformación geológica. Además, esta área, en términos geológicos, esta sujeta a una continua evolución de la cadena Andina. Desde este punto de vista, el peligro sísmico es cualitativamente alto.
- Las zonas de subducción y en especial aquellas en donde las placas involucradas están fuertemente acopladas (como en la margen occidental de Sud América) se generan los más fuertes y más frecuentes terremotos. No obstante, las zonas de subducción en el Perú están segmentadas, como consecuencia de ello el acoplamiento sísmico decrece de sur a norte. Es así que sea poco probable que ocurran fuertes terremotos de subducción al norte de los 9° S.
- El análisis estadístico de los datos instrumentales indican que el evento más fuerte que podría ocurrir en el área de interés, en mas de 100 años, seria de una magnitud de 7,8 Ms.
- Se esperan 6 terremotos de magnitudes 6,0 en los próximos 50 años. Esta estimación puede oscilar, produciéndose menos eventos de magnitud mayor o mas eventos de menor magnitud. El rango estaría entre M 5,75-6,5.
- Las máximas aceleraciones esperadas en el lugar de interés serian 190 y 240 gals para los próximos 50 y 100 años respectivamente. La máxima intensidad estimada es de VII grados para 50 y 100 años.

Considerando la historia sísmica de la región, se puede concluir que los resultados obtenidos de las aproximaciones probabilísticas aquí presentadas son razonables para los intervalos de recurrencia considerados.

### 3.6.11. DINAMICA DE SUELOS

#### **Estimación de la Respuesta Dinámica en Depósitos de Suelos**

Se propone determinar con este método el comportamiento dinámico de los suelos de la Ciudad de Trujillo calculando espectros de respuestas bajo sismos de entrada diferentes. Asimismo analizar las probables intensidades que se podría esperar en los suelos de la ciudad, utilizando el programa SHAKE.

Lamentablemente no se tienen registros sísmicos en la zona, sin embargo se han usado acelerogramas registrados en otras partes del país (Lima), y por el sismo de El Centro-USA del 18 de mayo de 1940 (acelerograma White-Noise), como movimiento de base en los depósitos típicos analizados.

La determinación de las propiedades dinámicas de los suelos, se establecieron en base a algunos estudios geotécnicos, sin embargo por la escasez de ellos algunas de las propiedades se han adoptado en función del tipo de suelos encontrados, y las características que éstas podrían tener.

Todos los parámetros hallados se ordenaron, para lograr una adaptación del programa SHAKE, aplicando la teoría de propagación unidimensional de las ondas de corte en depósitos de suelo, utilizando señales sísmicas de movimiento fuerte como fuerza de excitación.

### **CONDICIONES LOCALES DEL SUELO Y LAS ESTRUCTURAS**

Las características del comportamiento sísmico de un lugar dado, en un evento particular, depende de muchos factores dentro de los cuales tenemos:

- El mecanismo fuente del sismo
- La magnitud del sismo
- La distancia del lugar a la zona principal de liberación de energía.
- Las características geológicas de las formaciones rocosas a través de las cuales las ondas sísmicas deben viajar desde la fuente hasta el lugar de la zona en estudio.
- Condiciones locales del suelo subyacente del lugar de estudio.
- Posibles efectos de superposición.

Como sabemos la energía que es liberada de una repentina fuente de falla en la corteza terrestre a una profundidad de muchos kilómetros bajo la superficie de suelo, viajará en la forma de ondas sísmicas hacia una zona de gran importancia tal como una ciudad o una zona infraestructura estratégica.

El efecto sísmico al alcanzar el área de estudio, las características de movimiento serán modificados al pasar de las formaciones rocosas subyacentes a los diferentes depósitos de suelos con propiedades variables con la profundidad, de tal forma que al alcanzar la superficie del suelo tendrán características diferentes en distintos lugares de la ciudad.

Aunque en algunos casos los datos no han sido cuantificados, los numerosos casos de relaciones entre los niveles de daño en las construcciones y la profundidad de los depósitos, se prevé un patrón bastante consistente que tiene las siguientes características.

- a. Para estructuras bajas de periodo relativamente corto se produce máximo daño e intensidades del movimiento sobre depósitos

- superficiales de periodo corto y mínima intensidad de daño sobre depósitos de suelos profundos de periodo largo.
- b. Para estructuras altas de periodo largo, se produce máximo daño e intensidades del movimiento sobre depósitos profundos de periodo largo y mínimo daño sobre depósitos superficiales de periodo corto.

Este patrón general sugiere que la intensidad del daño estructural esté relacionado entre otros factores por el periodo natural de la estructura y el periodo fundamental del depósito de suelo subyacente. Cuando estos periodos son similares puede que ocurra el fenómeno de resonancia entonces la respuesta de edificación puede ser muy alta. Cuando estos períodos son bastante diferentes no se espera fuerte interacción entre el suelo y la estructura.

La respuesta estructural es relativamente baja.

### **ESPECTROS DE RESPUESTA**

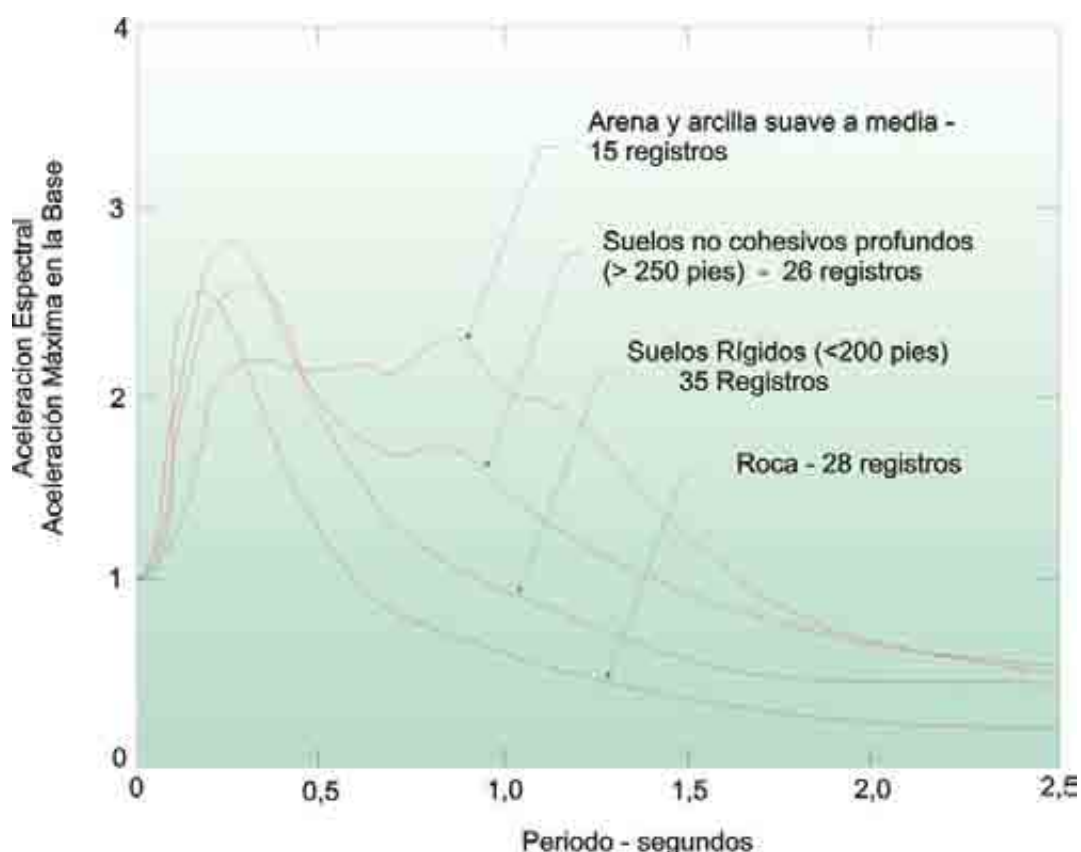
De las características de los movimientos sísmicos, ninguna es tan influenciada por las condiciones del suelo como la forma del espectro de respuesta.

Estudios de las formas características del espectro de respuesta de aceleración han sido realizadas por Seed, Ugas y Lysmer (1974), para grupos de registros acelerográficos obtenidos para cuatro condiciones de suelo.

- Roca
- Suelos rígidos (menos de 200 pies de profundidad)
- Suelos no cohesivos profundos (mayor de 250 pies de profundidad)
- Depósitos de arcilla blandos a medianos en rigidez.

Los resultados de un estudio de las formas espectrales para un amortiguamiento de 5%, para las cuatro condiciones de suelo antes mencionadas se muestran en la Fig. 3.23; donde notamos que existen amplias diferencias en las formas, dependiendo de las condiciones del suelo particularmente para periodos mayores de 0,5 segundos, arriba de este valor las amplificaciones espectrales son mucho más altas para depósitos de suelo no cohesivo profundo y para depósitos de arcilla blanda o medio rígido, que para suelos rígidos o roca.





**Fig.3.23.** Espectros de Aceleración Promedio correspondientes a diferentes condiciones del Subsuelo. Ref. Seed (1987)

Resumiendo, los depósitos de suelo blando y profundo introducen una mayor proporción de componentes de periodos largos en los movimientos de la superficie, los efectos aparentemente se incrementan conforme la profundidad o blandura del suelo crece. El error de considerar estos efectos para periodos mayores que 0,5 segundos, podría conducir a mayores discrepancias en la evaluación de las aceleraciones espectrales o en el establecimiento de los criterios de diseño.

### **EVALUACIÓN DEL EFECTO FOCAL**

Existen varios métodos para evaluar el efecto de las condiciones locales del suelo sobre la respuesta del terreno durante los sismos. La mayor parte de estos métodos se basan en la suposición que las principales respuestas en un depósito de suelo son causadas por la propagación vertical de las ondas de corte provenientes de la formación rocosa subyacente. Procedimientos analíticos basados en este concepto, que incorporan un comportamiento no lineal del suelo, han dado resultados en buena concordancia con las observaciones de campo en cierto número de casos. De ahí, que estos métodos estén logrando incrementar su uso en la ingeniería sísmica para predecir las respuestas en depósitos de suelo y las características de los movimientos en la superficie del terreno.

El procedimiento analítico involucra los siguientes pasos:

- a. Determinar las características de los movimientos probables a desarrollar en la formación rocosa subyacente al lugar en estudio y seleccionar un acelerograma con estas características para el análisis. La aceleración máxima, el periodo predominante y la duración efectiva son los parámetros más importantes de un movimiento sísmico. Relaciones empíricas entre estos parámetros y distancia de falla causante de los efectos, han sido establecidas para diferentes magnitudes sísmicas por Gutenberg y Richter (1 956), Seed et al (1 969) y Schnabel y Seed (1 972).  
Un movimiento sísmico de diseño con las características deseadas puede ser seleccionado de los acelerogramas de movimiento fuerte que han sido registrados durante sismos previos según Seed e Idriss (1969), o de acelerogramas generados artificialmente estudiados por Housner y Jennings (1964).
- b. Las propiedades dinámicas del suelo como las relaciones promedio entre el modulo dinámico de corte y la fracción de amortiguamiento de suelos, como funciones de la deformación de corte y las propiedades estáticas, han sido establecidas para varios tipos de suelo por los investigadores Hardin y Drnevich (1 970) y Seed e Idriss (1 970). De esta manera un programa relativamente simple de pruebas para obtener las propiedades estáticas puede usarse en estas relaciones para establecer las propiedades dinámicas con un grado suficiente de precisión. Sin embargo, procedimientos mejor elaborados de pruebas dinámicas son requeridos para problemas especiales en casos que involucren tipos de suelos para los cuales no han sido establecidas relaciones empíricas con las propiedades estáticas.
- c. Para calcular la respuesta del depósito de suelo debido al movimiento en la roca base, un método unidimensional de análisis puede ser usado si la estructura es esencialmente horizontal. Programas desarrollados para realizar este análisis se basan en una de las soluciones de la ecuación de onda desarrollados por Kanai (1 951), Matthiesen et al (1 964), Roesset y Whitman (1 969) y Lysmer et al (1 971); o una simulación de masas concentradas propuesta por Idriss y Seed (1 968). En el presente estudio, se utiliza el programa SHAKE, basado en el método unidimensional de ondas de corte desarrolladas por Schnabel, Lysmer y Seed (1972). Dicho programa calcula la respuesta para un movimiento de diseño dado en cualquier parte del sistema. Así tenemos que, los acelerogramas obtenidos sobre la superficie del depósito pueden usarse para generar nuevos movimientos de roca los cuales a su vez, pueden ser usados como movimientos de diseño para otros depósitos de suelo tal como se puede observar en la Fig. 3.24. Asimismo el programa incorpora el comportamiento no lineal del suelo, el efecto de la elasticidad de la roca base y los sistemas con amortiguamiento variable.



Fig.3.24. Esquema para evaluar los Efectos Locales del Suelo. Ref. Schnabel et al(1972)

## PARÁMETROS DINÁMICOS DE LOS SUELOS

Dentro de los parámetros característicos de interés dinámicos tenemos:

- La densidad de masa  $\rho$  ( $t \cdot s^2/m^4$ ) o peso unitario  $\gamma$  ( $t/m^3$ ), donde  $\rho = \gamma/9.8$
- El módulo de corte  $G$  ( $t/m^2$ ), o velocidad de onda de corte  $V_s$  (m/s), donde  $G = \rho \cdot V_s^2$ .
- El coeficiente de viscosidad  $\eta$  ( $t \cdot s^2/m^2$ ), o el factor de amortiguamiento  $\beta$ .

Donde los parámetros mencionados  $G$ ,  $V_s$ ,  $\beta$  y  $\eta$  son dependientes de la deformación pero pueden ser asumidos independientemente de la frecuencia.

### (a) Masa del Suelo:

El peso unitario de los suelos puede medirse rápidamente tomando muestras del suelo en un sondaje. Usualmente, para calcular la presión efectiva en un depósito de suelo, el peso unitario sumergido es  $\gamma = \gamma - 1$ . El cual puede usarse para suelos bajo el nivel freático. Sin embargo, para el análisis dinámico puede usarse simplemente el peso unitario  $G$ , debido a que las partículas del suelo se mueven con el agua que las rodea.

### (b) Módulo de corte y Velocidad de ondas de corte:

El módulo de corte  $G$ , y la velocidad de onda de corte están relacionadas según la ecuación  $G = \rho \cdot V_s^2$ . La determinación de módulo de corte es dependiente de la deformación por esta razón, se debe prestar atención a que magnitud de deformación corresponde.

Dentro de los ensayos que podemos citar para determinar el módulo de corte tenemos: el de exploración sísmica in situ, utilizando el sistema down-hole, que consiste en producir ondas en la superficie y recibirlas mediante geófonos a diferentes profundidades de un pozo tubular; el

ensayo de compresión triaxial dinámico donde el módulo de corte esta determinado por la pendiente esfuerzo-deformación; el ensayo de columna resonante, donde la frecuencia de resonancia permite determinar el modulo de corte. Por ultimo tenemos la estimación del módulo de corte en base al valor de N del ensayo de penetración estándar, donde G esta dado por:

$$G = 1200 N^{0,80}$$
$$V_s = 81 N^{0,40}$$

Por otro lado, sabemos que el modulo de corte es función de la deformación decreciendo su valor con el incremento de la misma.

Las deformaciones de corte en depósitos de suelo para exploración sísmica o microtrepidaciones están en el rango de  $10^{-5}$  a  $10^{-3}$  %, y para sismos destructivos están aproximadamente en le rango 0,5 a 10 %. Es decir, que los módulos de corte se reducen de 1/3 a 1/5, en arcillas y 1/10 o menos para arenas.

#### **(c) Amortiguamiento de suelo:**

El amortiguamiento de los suelos es una combinación del modelo de Voigt y del modelo de Maxwell. Similarmente al módulo de corte, el amortiguamiento cambia considerablemente con la deformación cuando las deformaciones crecen los factores de amortiguamiento para arenas y arcillas se incrementan.

Para deformaciones pequeñas, el amortiguamiento ( $\beta = 2\%$ ), es la misma para la arena y la arcilla. Asimismo para grandes deformaciones como 0,5 a 1%, durante sismos destructivos, el amortiguamiento crece entre 12 a 15%, para arcillas y 20 a 25%, para arenas.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS ACELEROGRAMAS**

Un acelerograma es un instrumento diseñado para que responda en la zona de altas frecuencias del espectro, y un sismógrafo es diferente en el sentido de que esta diseñado para responder principalmente en la zona de frecuencia intermedia, en la cual domina la velocidad.

Nuestro mayor interés en ingeniería que alguna forma tiene que ver con el planeamiento y diseño de obras civiles desde el punto sísmico, es tener una idea sobre cuales serán las aceleraciones que las ondas del terreno portaran en el sitio donde se construirá la obra. Es lógico hablar del interés en la aceleración, puesto que aceleración combinada con masa produce fuerza, esta produce deformación, la deformación produce esfuerzo y si éste es muy alto se llega a la destrucción o colapso de construcción. Los acelerogramas son elementos de estudio de gran importancia para nosotros, pues dan información sobre las características locales de los sismos. Como la aceleración se disipa en una forma rápida con la distancia, el acelerógrafo se requiere que este cerca para que lo registre.

El estudio detenido de los acelerogramas nos permite a los ingenieros determinar, además, las frecuencias dominantes del tren ondulatorio y sus

variaciones en términos de la distancia entre el instrumento y el foco; un número suficiente de ellos les permite inferir que puede esperarse para el futuro en la misma localidad donde se han registrado los que han servido para la inferencia.

Estudios adelantados por Newmark (Libro "Fundamentals of Earthquake Engineering", Prentice Hall 1971), sobre los acelerogramas registrados para muchos y variados sismos los clasifico en cuatro categorías:

- **Categoría I:** Aquellos cuyos registros corresponde a prácticamente un solo choque; este registro se logra a cortas distancias del epicentro para sismos superficiales. A este grupo se puede asignar temblores muy destructores como el de Skopje en 1963. Las magnitudes de los sismos nombrados son apenas moderadas y su foco superficial indica movimientos unidireccionales principalmente. En este tipo de registros es casi seguro que las frecuencias dominantes del tren ondulatorio correspondan a periodos cortos del orden de 0,2 seg.

- **Categoría II:** Sismos moderados largos con movimientos irregulares; el contenido frecuencial de este grupo de terremotos es muy amplio y puede estimarse entre 0,05 y 6 o mas segundos, con una distribución de frecuencias muy uniforme, por lo cual se ha tenido a asimilarlos al llamado "ruido blanco"

- **Categoría III:** Corresponde a sismos de larga duración que muestran periodos predominantes bastante marcados. La interpretación de estos registros se debe hacer con mucho cuidado, pues se puede estar resaltando la respuesta local y no el acelerograma mismo en su conjunto. Este tipo de sismos se nota claramente una tendencia a amplificar los periodos alrededor de dos segundos.

- **Categoría IV:** Sismos que inducen grandes deformaciones en el suelo, a pesar de la magnitud moderada que pueda tener.

## **METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA RESPUESTA BAJO SISMOS DE ENTRADA**

Para hallar la respuesta dinámica de los suelos bajo sismos de entrada, se ha utilizado el programa PCSHAKE, el cual calcula las respuestas de un sistema de estratos homogéneos y viscoelásticos, de extensión horizontal infinita, sujetos al viaje vertical de las ondas de corte.

Este programa evalúa la respuesta sísmica suelo-roca horizontalmente estratificado e infinito, sujeto al paso transitorio y hacia arriba de las ondas de corte provenientes de una formación rocosa subyacente. El método está basado en la solución de la onda de Kanai y en el algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier. El movimiento usado como base para el análisis puede ser aplicado en cualquier estrato del sistema.

La no linealidad del módulo de corte y del amortiguamiento es tomada en cuenta para usar propiedades lineales equivalentes del suelo (Idriss y See, 1968, 1970) usando un procedimiento iterativo para obtener valores del módulo y amortiguamiento compatibles con las deformaciones efectivas en cada estrato.

Las suposiciones para el análisis con el PCSHAKE:

1. Extensión infinita del suelo en la dirección horizontal.
2. Cada estrato está definido completamente por su modulo de corte, amortiguamiento crítico, densidad del suelo y su espesor.
3. La respuesta en el sistema son causadas por la propagación vertical de las ondas de corte provenientes de la formación rocosa subyacente.
4. Las ondas de corte están dadas como valores de aceleración a intervalos igualmente espaciados en el tiempo. La repetición cíclica del tiempo-historia de aceleraciones esta implícito en la solución.
5. La dependencia de la deformación del módulo y del amortiguamiento está tomada en cuenta por un procedimiento lineal equivalente basado en un nivel de deformación promedio efectivo calculado para cada estrato.

## EVALUACIÓN DE ESPECTROS DE LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

### Registros utilizados y selección de sismos

Los movimientos seleccionados para estimar la respuesta sísmica, son los acelerogramas de los sismos ocurridos en Lima y uno en Estados Unidos, que por sus características de la categoría 2, de la clasificación de Newmark (1971), vienen a ser sismos largos con movimientos irregulares por lo que se ha asimilado al llamado ruido blanco. El cuadro 3.14, nos muestra la fecha de ocurrencia y la componente empleada.

**Tabla 3.14** Movimientos sísmicos usados para evaluar la respuesta sísmica en la Ciudad de Trujillo.

| SISMO                  | FECHA          | COMPONENTE |
|------------------------|----------------|------------|
| LIMA                   | 17 DE OCT 1996 | N82W       |
| LIMA                   | 31 MAY 1970    | T          |
| LIMA                   | 03 OCT 1974    | N08E       |
| EL CENTRO-ILLINOIS-USA | 18 MAY 1940    | HORZ. N-S  |

**Fuente : Defensa Civil**

### Características de Sitio

En base a la información geotectónica recopilada, la cual como se dijo anteriormente es incompleta y la información geológica-geomorfológica se trato de modelar el subsuelo de la mejor manera posible.

Para determinar la posición de la roca base, se uso el criterio expuesto por Colindres (1983), según el cual cualquier estrato de suelo que presenta una velocidad de las ondas de corte superior a 700 m/s puede considerarse como un estrato duro.

El tipo de material encontrado en las zonas de la Esperanza, Florencia de Mora y El Porvenir se trata casi siempre de arena suelta a semicompacta de origen eólico sobre arena compacta de potencia variable.

En la zona centro de Trujillo se tiene arena con diferente grado de compacidad y de espesor que varía entre 8 y 10 m sobre el material conglomerado (lecho de río).

En la franja que bordea el río Moche tenemos una capa variable de material arcilloso con espesor promedio variables entre 5 y 8 m de espesor, debajo del cual encontramos material conglomerado, con lentes de limo.

En la zona del distrito de Víctor Larco Herrera, tenemos capa de arena en estado semisuelto con nivel freático entre 0 y 5 m conforme se avance al Este. Los estratos subyacentes se tratan también de arena en estado compacto.

Respecto a la densidad se ha considerado un incremento de este valor con la profundidad, en base al origen de los depósitos.

Una lista de las características mecánicas y dinámicas de los modelos que se han utilizado, para obtener la respuesta sísmica en los estratos de suelo en Trujillo, se resume en el Anexo 4.2.

### Resultados

El resultado del análisis de la respuesta sísmica de los depósitos de la ciudad de Trujillo, con las características dinámicas y mecánicas que se han utilizado, se muestra en el Anexo 4.2.

Las cuatro zonas citadas son Buenos Aires, Monserrate, Trujillo y La Esperanza, Florencia de Mora, y El Porvenir.

Los sismos fueron escalados a un valor de aceleración máxima de 0,412g. El número mínimo de valores de aceleraciones utilizadas fue de 1024 (condición del PCSHAKE), para un intervalo de tiempo igual a 0,02 segundos.

**Tabla 3.15** Características del Acelerograma

| SISMO            | Máx. Acel. | Frecuencia<br>Media de Mov.<br>(c/s) | Tiempo de<br>Ocurrencia<br>(t en min.) | Acel. Nueva<br>En la Base<br>(g) |
|------------------|------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| EL CENTRO<br>USA | 0,31254    | 3.18                                 | 2.02                                   | 0.412                            |
| LIMA 1966        | 0,18059    | 7.54                                 | 21.28                                  | 0.412                            |
| LIMA 1970        | 0,09775    | 5.97                                 | 4.88                                   | 0.412                            |
| LIMA 1974        | 0,17879    | 5.56                                 | 18.42                                  | 0.412                            |

Para los depósitos de suelo modelados se obtuvieron valores del periodo fundamental del suelo en reposo y los periodos fundamentales modificados

por efecto de la convolución del sismo para cada uno de los estratos modelados, como podemos observar en la Tabla 3.8, esto se debe a que las propiedades dinámicas cambian con respecto a las inicialmente ingresadas (ver Tabla 3.8).

El proceso es iterativo y convergente. Acaba cuando la diferencia de las propiedades dinámicas entre dos lazos consecutivos es menor del 5%.

El movimiento convolucionado del sismo inicialmente ingresado se ve afectado, conforme avanza hacia la superficie, por las condiciones locales del sitio, por esta razón entre el estrato base y el horizonte superficial, se produce una amplificación, incrementándose desde una aceleración máxima de 0,412g en la base hasta valores de aceleración en la superficie como se muestra en la Tabla 4.9.

Los espectros de respuesta para la superficie del terreno, se hizo para 5% de amortiguamiento estructural. Los resultados muestran la ocurrencia de valores pico de aceleración, en periodos estructurales cercanos a 0,3y 0,6 segundos tal como se aprecia en las Fig. 3.25, 3.26, 3.27, 3.28 y 3.29.

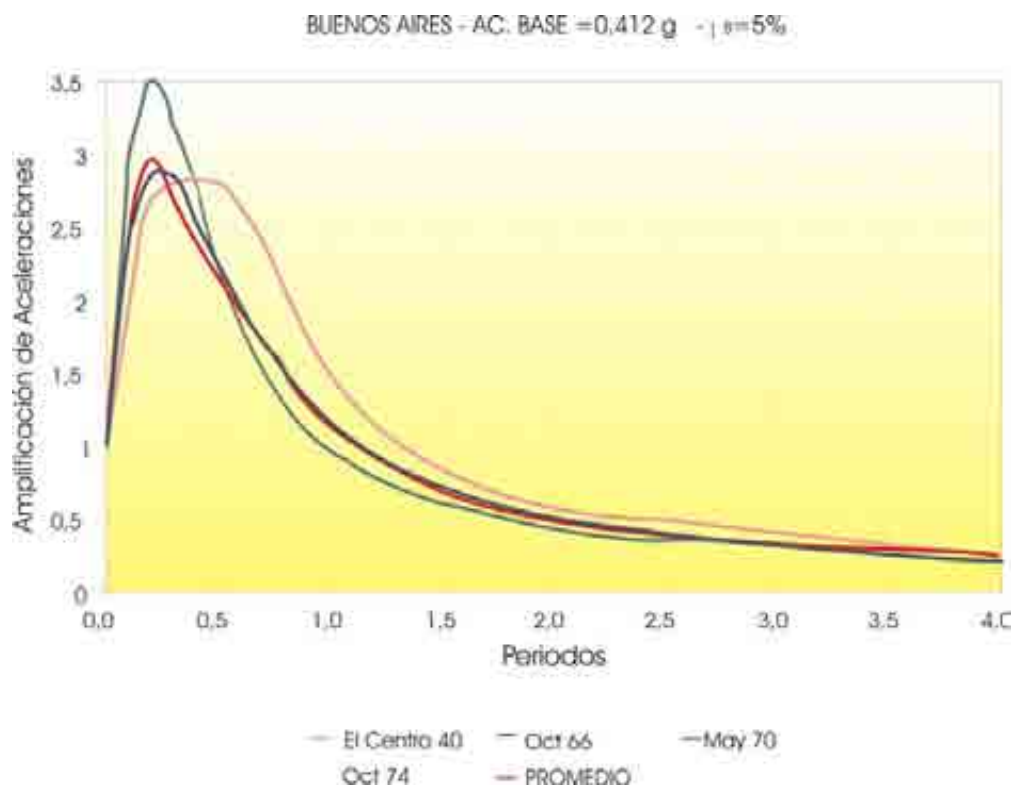
**Tabla 3.16** Periodo Fundamental del Suelo

|                |              | <b>SUELO EN REPOSO</b>     |                           | <b>EFECTO DE LA CONVOLUCION DEL SISMO</b> |                           |
|----------------|--------------|----------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| <b>ESTRATO</b> | <b>SISMO</b> | <b>Período Fundamental</b> | <b>Velocidad Promedio</b> | <b>Período Fundamental</b>                | <b>Velocidad Promedio</b> |
| B              | C-1940       | 0,30                       | 1224                      | 0,42                                      | 870                       |
|                | L-1966       |                            |                           | 0,42                                      | 879                       |
|                | L-1970       |                            |                           | 0,42                                      | 872                       |
|                | L-1974       |                            |                           | 0,41                                      | 892                       |
| M              | C-1940       | 0,17                       | 2181                      | 0,52                                      | 704                       |
|                | L-1966       |                            |                           | 0,50                                      | 737                       |
|                | L-1970       |                            |                           | 0,48                                      | 758                       |
|                | L-1974       |                            |                           | 0,48                                      | 764                       |
| T              | C-1940       | 0,23                       | 1506                      | 0,48                                      | 756                       |
|                | L-1966       |                            |                           | 0,45                                      | 750                       |
|                | L-1970       |                            |                           | 0,44                                      | 773                       |
|                | L-1974       |                            |                           | 0,45                                      | 764                       |
| E4             | C-1940       | 0,20                       | 1582                      | 0,43                                      | 738                       |
|                | L-1966       |                            |                           | 0,40                                      | 782                       |
|                | L-1970       |                            |                           | 0,40                                      | 794                       |
|                | L-1974       |                            |                           | 0,40                                      | 784                       |
| E8             | C-1940       | 0,25                       | 1461                      | 0,53                                      | 688                       |
|                | L-1966       |                            |                           | 0,50                                      | 728                       |
|                | L-1970       |                            |                           | 0,49                                      | 755                       |
|                | L-1974       |                            |                           | 0,49                                      | 751                       |

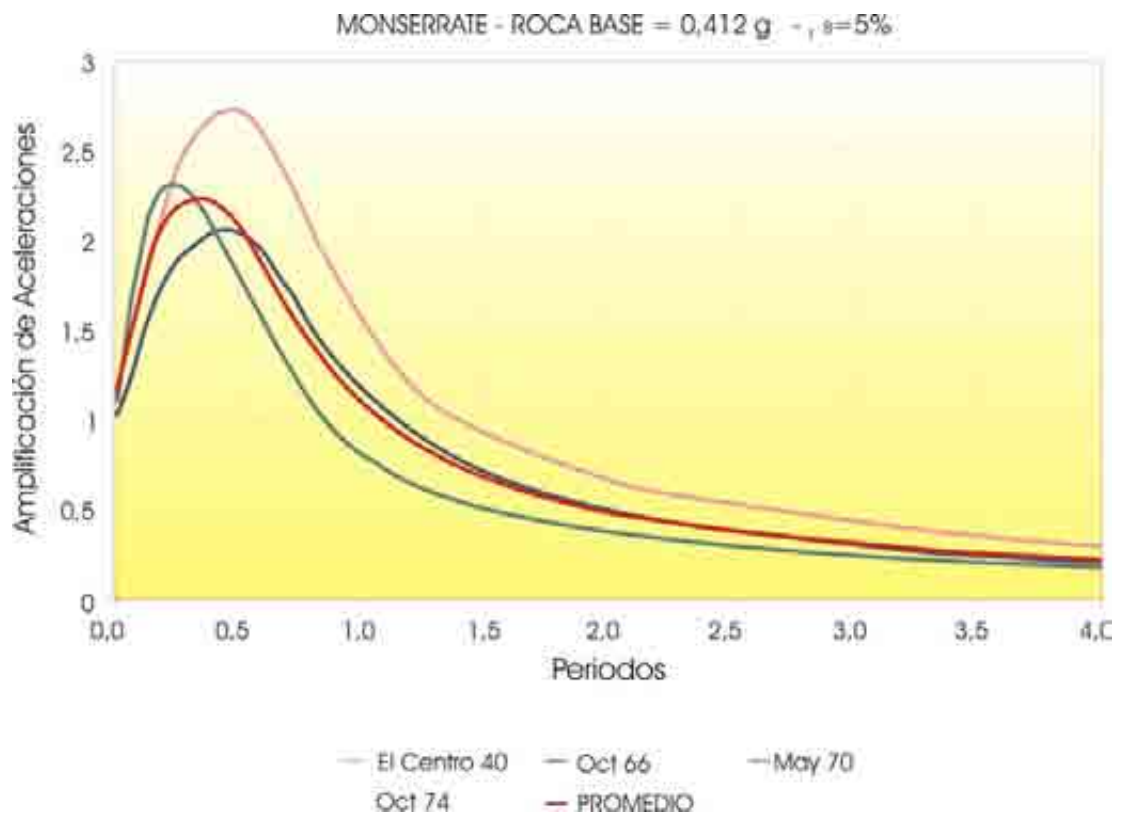


**Tabla 3.17** Amplificación de la Aceleración

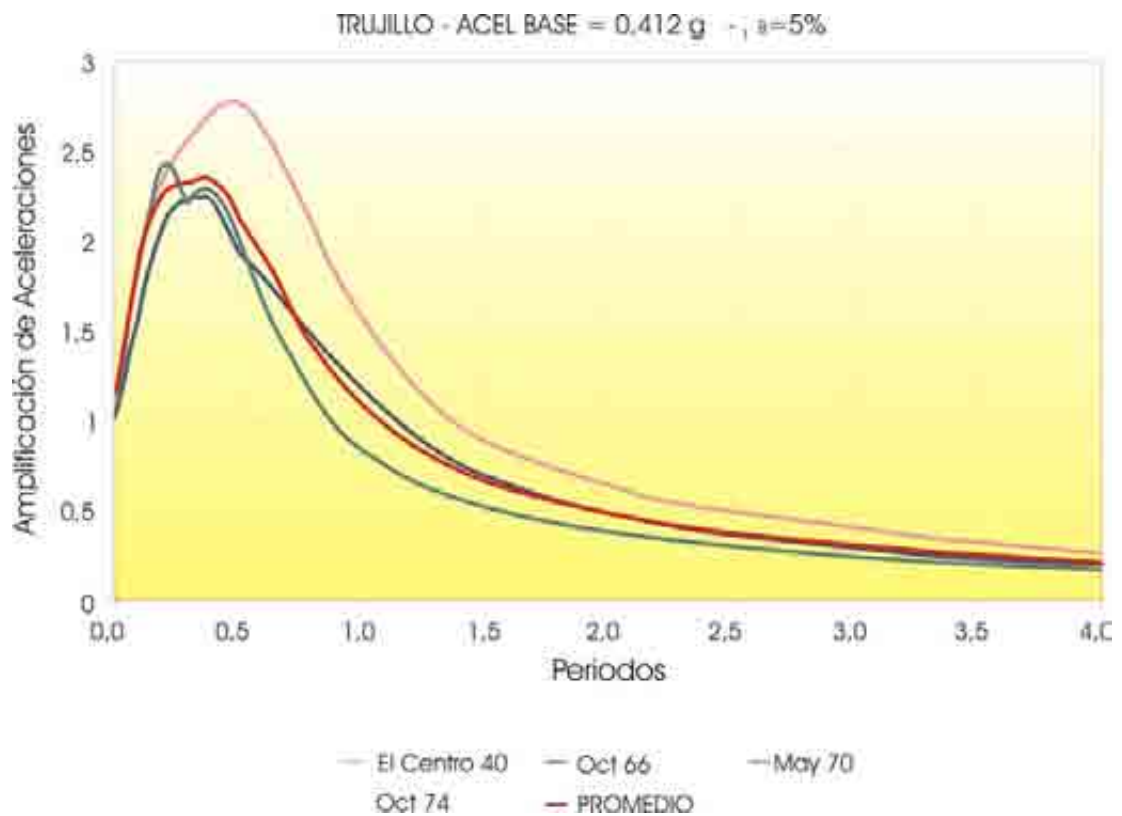
| ESTRATO | SISMO  | EN LA BASE        |               | EN LA SUPERFICIE  |               |                   |
|---------|--------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
|         |        | Acel. Max.<br>(g) | Tiempo<br>(s) | Acel. Máx.<br>(g) | Tiempo<br>(s) | Frecuencia<br>c/s |
| B       | C-1940 | 0,412             | 2,02          | 0,94704           | 2,18          | 2,59              |
|         | L-1966 |                   | 21,28         | 0,98509           | 21,44         | 3,77              |
|         | L-1970 |                   | 4,88          | 1,08626           | 6,72          | 3,64              |
|         | L-1974 |                   | 18,42         | 0,85464           | 18,70         | 3,53              |
| M       | C-1940 | 0,412             | “             | 0,88360           | 2,20          | 1,93              |
|         | L-1966 |                   | 0,66965       | 20,48             | 4,15          |                   |
|         | L-1970 |                   | 0,74310       | 5,74              | 3,91          |                   |
|         | L-1974 |                   | 0,80200       | 18,60             | 3,95          |                   |
| T       | C-1940 | 0,412             | “             | 0,89543           | 2,18          | 2,03              |
|         | L-1966 |                   | 0,72040       | 21,42             | 4,39          |                   |
|         | L-1970 |                   | 0,75903       | 6,96              | 3,97          |                   |
|         | L-1974 |                   | 0,82254       | 18,58             | 3,56          |                   |
| E4      | C-1940 | 0,412             | “             | 0,87301           | 2,16          | 2,22              |
|         | L-1966 |                   | 0,71011       | 20,04             | 4,90          |                   |
|         | L-1970 |                   | 0,73370       | 6,94              | 4,22          |                   |
|         | L-1974 |                   | 0,85196       | 18,58             | 3,87          |                   |
| E8      | C-1940 | 0,412             | “             | 0,84988           | 2,20          | 1,91              |
|         | L-1966 |                   | 0,59941       | 20,48             | 4,08          |                   |
|         | L-1970 |                   | 0,72859       | 6,70              | 3,86          |                   |
|         | L-1974 |                   | 0,77721       | 18,58             | 3,40          |                   |



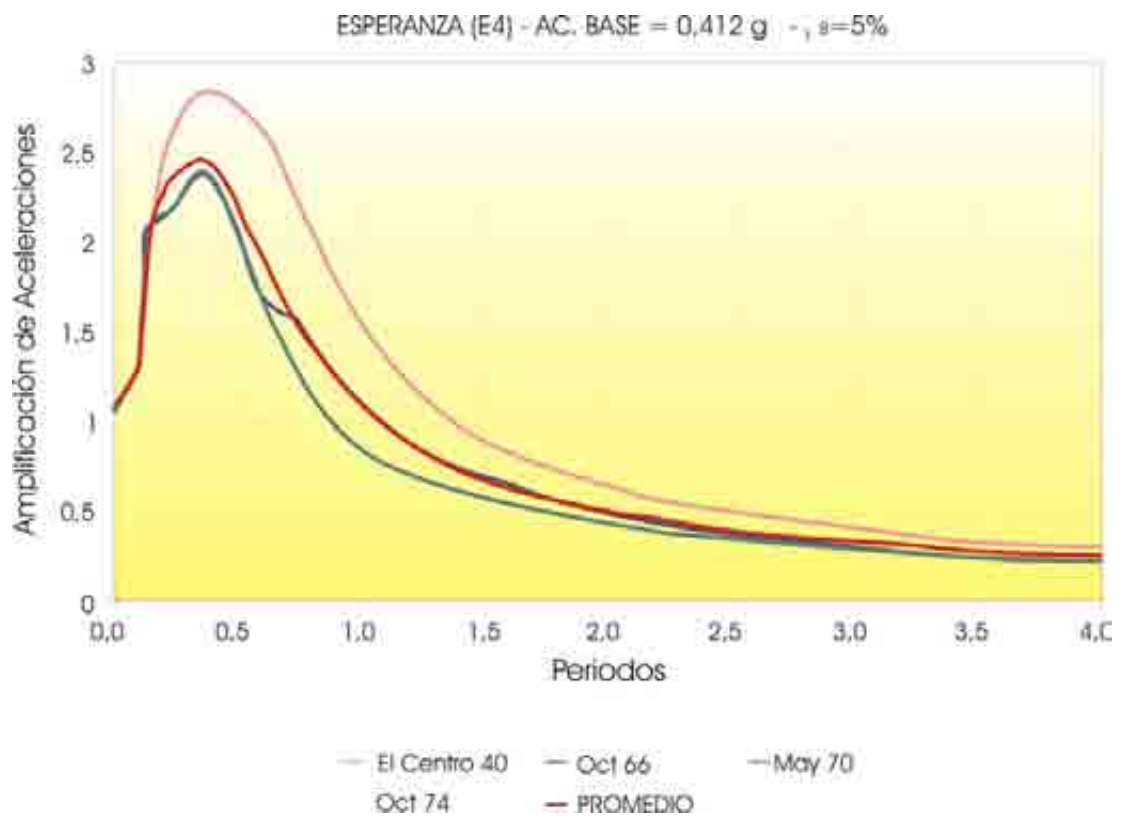
**Fig.3.25.**Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de Buenos Aires.



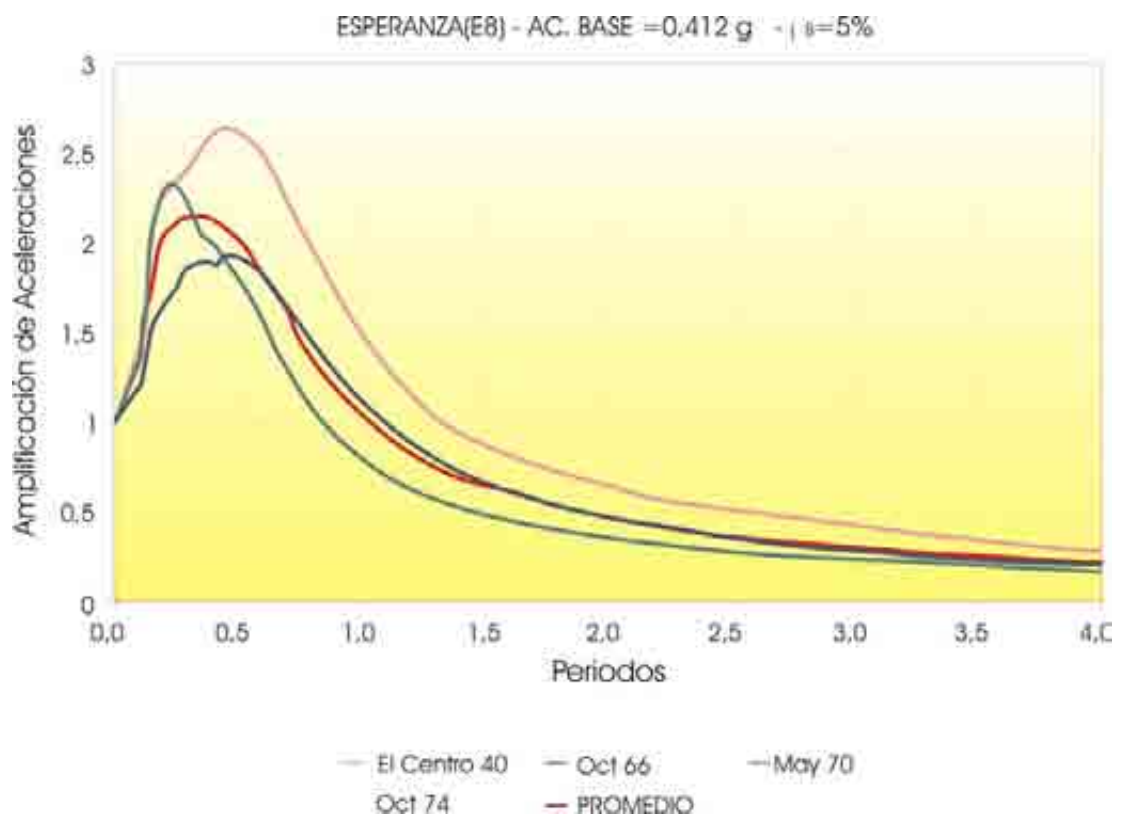
**Fig.3.26.** Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de Monserrate.



**Fig.3.27.** Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de Trujillo Histórico.



**Fig.3.28.**Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de La Esperanza.



**Fig.3.29.**Espectro Normalizado de Aceleraciones de la zona de La Esperanza.

### **CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DURANTE EVENTOS SISMICOS**

La capacidad portante muchas veces se ve reducida por efectos de sismos. Se puede deducir que depósitos de suelos relativamente compactos a muy compactos, las pérdidas de resistencia o deformaciones locales son poco significativos, originando efectos sobre las estructuras, pero sin alcanzar daños directos en su cimentación. En este caso las condiciones de resistencia del suelo pueden considerarse como estables.

Para el caso de depósitos de suelos en estado suelto a muy suelto, total o parcialmente saturados de agua, puede suceder que por efectos de las vibraciones sísmicas se origine una pérdida de resistencia al cortante parcial o total del suelo de cimentación o se susciten importantes densificaciones del suelo, manifestándose a través de asentamientos diferenciales, grandes asentamientos totales, fisuramientos, surgencias de agua, licuación (se verá más adelante), etc. En este caso la condición del terreno será inestable para la cimentación.

#### **3.6.12. NIVEL FREÁTICO**

La ciudad de Trujillo es abastecida de agua potable a través de la explotación del agua del subsuelo por medio de pozos.

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa SEDALIB sobre la evaluación de la extracción de agua a noviembre de 1992, se pudo determinar el nivel freático de la napa freática. Reflejada dicha información en el Mapa M-3.14 se zonificó la ciudad de la siguiente manera:

**Tabla 3.18.** Nivel freático de la ciudad de Trujillo

| <b>ZONA</b>                                   | <b>PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)</b> |
|---|---------------------------------------|
| Distritos La Esperanza y Florencia de Mora    | <b>55 a 65 m</b>                      |
| Distrito El Porvenir                          | <b>30 a 50 m</b>                      |
| Central Antigua                               | <b>25 a 35 m</b>                      |
| Urb. Residenciales al Norte del Centro Cívico | <b>30 a 40 m</b>                      |
| Urb. Residenciales al Sur del Centro Cívico   | <b>15 a 25 m</b>                      |
| Distrito de Víctor Larco                      | <b>0,5 a 3 m</b>                      |
| Balneario de Buenos Aires                     | <b>0,26 a 0,47 m</b>                  |

Se concluye asimismo:

- El nivel freático se encuentra a pocos metros de la superficie en la zona Oeste (Distrito de Víctor Larco) y Sur (Cerca al río Moche) de la ciudad de Trujillo)
- El acuífero es recargado por la filtración de agua del río Moche, especialmente en los meses de verano.

### 3.6.13. ANTECEDENTES DE DESASTRES

#### Antecedentes de Sismos

El relato histórico de los sismos que han ocurrido en el área data desde la época colonial, con el sismo de 1619. El registro de los sismos que de alguna manera tienen influencia en nuestra zona de estudio, como se verá mas adelante en la evaluación del Peligro Sísmico se presenta en el Anexo 4.3. A continuación se describen los más destructivos.

#### SISMO DEL 19 DE FEBRERO DE 1619

Hora: 11:30 horas Magnitud: 7,0  
Intensidad: IX en el epicentro cerca de Trujillo

Fue sentido en Zaña, Chiclayo, Chimbote y Santa con una intensidad de VIII. Tuvo un radio de percepción de 400 km a partir del epicentro ver la reconstrucción de las isosistas en la Figura 3.30. Sus replicas se sintieron por un lapso de 15 días. Causo la destrucción total de la ciudad de Trujillo, las villas de Zaña y Santa fueron fuertemente afectadas, hubo un total de 350 muertos. Se produjo un denso agrietamiento en la zona epicentral, parece que la licuación de suelos saturados fue un fenómeno común, este fenómeno fue acompañado por expulsiones de agua gredosa, viscosa y pestilente.

#### SISMO DEL 06 DE ENERO DE 1725

Hora: 23:25 horas Magnitud: 6,5  
Intensidad: VII en el epicentro Callejón de Huaylas  
VII en la Zona de Trujillo

Diversos daños en la ciudad de Trujillo. Causo deslizamientos de la Cordillera Blanca, arrasó en pueblo cerca de Yungay. Murieron cerca de 1500 personas.

#### SISMO DEL 02 DE SETIEMBRE DE 1759

Hora: 23:15 horas Magnitud: 6,5  
Intensidad: VII entre Trujillo y Huamachuco, ver Figura 3.31

Tuvo un radio de percepción de 250 km, fue sentido hasta Lambayeque por el Norte y Santa por el Sur. Causo 5 victimas en Trujillo donde muchas construcciones fueron dañadas.

#### SISMO DEL 28 DE SETIEMBRE DE 1906

Hora: 12:25 horas Magnitud: 7,0  
Intensidad: Estimado entre VIII y IX epicentro entre Trujillo y Cajamarca Ver Figura 3.32.

Fué percibido en Chachapoyas, Huancabamba, Ayabaca, Sullana, Piura, Morropón, Tumbes, y Santa. Tuvo un radio de percepción de 600 km causó mucha destrucción en muchas ciudades. Según comentario de muchos investigadores parece que este sismo ha sido el mayor ocurrido en el área de Zaña.



**Fig.3.30.** Mapa de Isosistas del terremoto del Norte de 19 de Febrero de 1619



**Fig.3.31.** Mapa de Isosistas del sismo de la Libertad del 2 de setiembre de 1759



**Fig.4.32.** Mapa de Isosistas del Sismo de Trujillo del 28 de Setiembre de 1906



**SISMO DEL 20 DE JUNIO DE 1907**

Hora: 06:23 horas Magnitud: 6,75  
 Intensidad: Estimado entre VIII en el epicentro ubicado en las coordenadas 7°S y 81°W

Se sintió en Trujillo con una intensidad de IV. Su radio de percepción fué de 600 km.

**SISMO DEL 20 DE MAYO DE 1917**

Hora: 23:45 horas Magnitud: 7,0  
 Intensidad: VIII-VI en el epicentro, zona de Trujillo, ver Figura 3.33.

Se sintió en Zaña, Chiclayo, Chimbote, y Casma. Causo danos en la ciudad, hubo agrietamientos de algunas casas y muchos edificios públicos como la Prefectura, Hospital, Beneficiencia, Iglesias, Monasterios, y en muchas viviendas, etc.

**SISMO DEL 21 DE JUNIO DE 1937**

Hora: 10:45 horas Magnitud: 6,75  
 Epicentro: 8,5°S y 80°W  
 Profundidad Focal: 60 km  
 Intensidad: VIII-VI en el epicentro, VII-VI zona de Trujillo, ver Figura 3.34

Se sintió en Lambayeque, Puerto Salaverry, Chimbote, Casma, Cajamarca, Cutervo, en el Callejón de Huaylas, etc. Su radio de percepción de estima en 600 km en el diámetro de la elipse paralela a la costa y de 180 km en el semi diámetro perpendicular. Hubo fuertes danos en Trujillo, ocasiono caída de cornizas y rajadura de paredes, derrumbamiento parcial de las torres de los templos en Salaverry y Lambayeque, y ligeros danos en Cajamarca.

**SISMO DEL 23 DE JUNIO DE 1951**

Hora: 20:44:26 horas Magnitud: 5,5  
 Epicentro: 8,30°S y 79,80°W  
 Intensidad: V, epicentro entre Trujillo y Pacasmayo.

Sismo originado en el océano, se sintió en Cajamarca y Callejón de Huaylas.

**SISMO DEL 19 DE AGOSTO DE 1955**

Hora: 19:51 horas  
 Intensidad: VII sentido en Piura, Lima  
 Efectos: Ligera destrucción en la Hacienda Cartavio (Trujillo) y en Chimbote.



**Fig.3.33.** Mapa de Isosistas del Sismo del 20 de Mayo de 1917



**Fig.3.34.** Mapa de Isosistas del Sismo del 21 de Junio de 1937

**SISMO DEL 17 DE OCTUBRE DE 1966**

Sismo de Lima. La distribución de isosistas en la Figura 3.35.

**SISMO DEL 03 DE FEBRERO DE 1969**

|                    |                |           |     |
|--------------------|----------------|-----------|-----|
| Hora:              | 23:10:13 horas | Magnitud: | 6,0 |
| Epicentro:         | 8°S y 80,13°W. |           |     |
| Profundidad Focal: | 43 km          |           |     |
| Intensidad:        | VII            |           |     |

Causó gran alarma en Trujillo y Chiclayo

**SISMO DEL 31 DE MAYO DE 1970**

|                    |  |           |     |
|--------------------|--|-----------|-----|
| Hora:              | 15:23:27.3 horas   | Magnitud: | 6,0 |
| Epicentro:         | 10,21°S y 78,5°W   |           |     |
| Profundidad Focal: | 54 km  |           |     |
| Intensidad:        | Se sintió con una intensidad VII en la zona del epicentro y con VII en Trujillo. |           |     |

Trujillo sufrió pocos daños, sin embargo cabe mencionar, que las estructuras que mayor sufrieron fueron las construcciones edificadas con el tradicional adobe, y tal parece que la principal falla fué el desplome de los muros por la facilidad de éstos para vibrar en sus planos perpendicular a su eje, por la sencilla razón que no estuvieron suficientemente confinadas por una viga collarín, que por cierto no se acostumbra usar en la zona (Moche). De techo solamente se usaba una torta de barro, con apoyos simples sobre los muros. Cabe mencionar que la cúpula de la vieja Catedral, construida hace aproximadamente 350 años, se derrumbó perforando el altar y el piso bajo el mismo.

Respecto a las construcciones de albañilería y concreto armado, los daños fueron menores, hubieron daños estructurales, pero fueron puntuales de cuidado, y las fallas comunes fueron columnas chatas, falta de arriostramiento o por falla debida a asentamientos diferenciales de la cimentación. La distribución de isosistas se presenta en la Figura 3.36.



**Fig.3.35.** Mapa de Isosistas del Sismo del 17 de Octubre de 1966



**Fig.3.36.** Mapa de Isosistas del Sismo del 31 de Mayo de 1970

## Antecedentes de Tsunamis

Desde hace mas de 400 en nuestras costas se han presentado 210 tsunamis, generados por terremotos submarinos cercanos o lejanos, siendo los primeros los que han ocasionado mayores daños.

La Costa Sur y Centro presentan un mayor registro de tsunamis, debido a que se encuentran más próximas a la fosa que se extiende entre Callao (Perú) y Valdivia (Chile), esta fosa se halla presente a lo largo de toda la costa peruana y chilena, tomando por ello la denominación de Fosa Perú Chile, delineando el contacto entre la litosfera oceánica de la Placa de Nazca y la litosfera continental de la Placa Sudamericana, donde se han producido la mayoría de sismos.

**Tabla 3.19.Sismos y Tsunamis en la Costa Peruana 1555-2001**

| <b>COSTA</b> | <b>SISMOS Y TSUNAMIS</b> |
|--------------|--------------------------|
| NORTE        | 53                       |
| CENTRO       | 62                       |
| SUR          | 98                       |

El último evento de tsunami fue registrado el 23 de Junio del 2001, en Camaná, originado por un sismo con epicentro en el mar al NW de Ocoña, 6.9 escala de Richter. Se generaron tres grandes olas, la mayor alcanzo una altura de 8.14 m., causando 23 muertos, 63 desaparecidos y dejando cuantiosos daños materiales.

La ciudad de Trujillo fue alertado para 5 eventos de Tsunamis en los dos últimos siglos, de las cuales se tienen solo registrado tres. Actualmente en la ciudad de Trujillo y aledaños las edificaciones ribereñas han crecido bastante, tal como el balneario de Buenos aires en el distrito de Víctor Larco, en la zona de las Delicias en el distrito de Moche, Salaverry y Huanchaco. Siendo estos centros poblados lugares de potencial peligro ante tsunamis.

A continuación el detalle de los tres tsunamis registrados que afectaron la ciudad de Trujillo.

### TSUNAMI DE 1868

Origen : Al norte de Chile, Cerca del Puerto de Arica.

Fecha : 13 de agosto de 1868

Zona de Reporte : Trujillo

Fue causado por un terremoto de grado XI

### TSUNAMI DE 1877

Origen : Al norte de Chile.

Fecha : 10 de mayo de 1877

Run-up: 0,8

Zona de reporte : Salaverry

### TSUNAMI DE 1966

Origen : Perú

Fecha : 17 de octubre de 1866

Run-up : 3,0

Zona de Reporte : Trujillo

### INUNDACIONES

Se tiene conocimiento de desastres ocasionados por inundaciones desde 1 925, cuyos efectos pueden ser comparados a los ocurridos durante la presencia del Fenómeno El Niño de 1 997 – 1 998.

El evento ocurrido en 1 983 causó daños en la sierra y también provocó el desborde de las aguas del río Moche en la parte alta (Poroto), interrumpiendo el tránsito a ese distrito.

Durante la ocurrencia de las lluvias de 1 997 y 1 998, se vio afectada la infraestructura urbana, vial, agrícola, educativa, etc., teniéndose el siguiente reporte al mes de Abril de 1 998:

|                               |        |          |
|-------------------------------|--------|----------|
| - Viviendas Afectadas         | 2 682  | Unidades |
| - Población Damnificada       | 14 651 | Hab.     |
| - Canales, Drenes destruidos  | 2 594  | MI       |
| - Canales, Drenes colmatados  | 6 543  | MI       |
| - Centros Educativo Afectados | 04     | CCEE     |

Parte del daño producido se debió al colapso del dique de Mampuesto, debido al incremento inusual de las precipitaciones pluviales, lo cual ocasionó la inundación de la ciudad de Trujillo.



## CAPITULO IV

### EVALUACION DE PELIGROS

#### 4.1. GEODINAMICA EXTERNA

Es la evaluación de los efectos de las fuerzas naturales generadas por la transformación de la superficie terrestre a causa de la acción pluvial, acción marítima y acción eólica. Dichas fuerzas naturales pueden causar desastres en ciudades como Trujillo que han crecido desmesuradamente sobre zonas peligrosas e inadecuadas.

En la Geodinámica Externa de la ciudad de Trujillo, la acción pluvial es el principal elemento que condiciona los peligros, e indirectamente condiciona parte de la geodinámica interna. Cabe mencionar que en menor grado de incidencia en los peligros se da la acción marítima y nula en la acción eólica.

##### 4.1.1.-IMPACTO DE LA ACCIÓN PLUVIAL

Diferentes estudios han demostrado que existe una relación significativa entre El Niño - Corriente del Sur (ENSO) y los caudales de los ríos de países que se encuentran en la cuenca del Pacífico, esta relación es importante ya que ella puede ser usada para predecir caudales, los cuales pueden ser utilizados en la implementación de políticas de operación de embalses, para evitar pérdidas debido a inundaciones, etc.

##### A) ACTIVACIÓN DE LAS QUEBRADAS.-

A lo largo de la cuenca del río Moche, debido a la variación de los caudales, principalmente durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño, el cauce se hace errático ya que, por el proceso de colmatación, principalmente en los tramos de poca pendiente, se aprecia la elevación del fondo del nivel del cauce, lo que ocasiona que las aguas discurran buscando las partes bajas, orientándose generalmente hacia los costados del eje y generando la erosión de las riberas que, ante una próxima avenida extraordinaria permitirá el desborde, poniendo en peligro a las poblaciones que se ubican en las zonas aguas abajo del río.

Por el motivo anterior, se hace necesario ubicar esos puntos, que se hacen vulnerables a los desbordes, a los cuales llamamos “puntos críticos”; los cuales se deberán establecer para VARIAS CUENCAS (Ver Mapa M-4.1).

##### CUENCA DEL RIO MOCHE

Considerando que, la zona donde se ubica el puente Moche ha sido la que más ha sufrido por los desbordes del río en períodos de avenidas extraordinarias, hemos considerado en primer lugar, identificar los puntos críticos en dicha zona, a los que adicionaremos de las otras zonas, tanto aguas arriba como aguas abajo del puente.

**Zona Crítica 1:** Se localiza aguas arriba del puente Moche, en la margen derecha, hacia donde las aguas están orientadas, poniendo en peligro el drén 15.2 como se indica en el croquis correspondiente.

**Zona Crítica 2:** Se ubica, aguas arriba del punto anterior, en la misma margen; en esta parte, el dique existente se ha debilitado por la colmatación del cauce, el desborde. Al igual que del punto crítico 1, dañaría el drén 15.2, originando la inundación del Parque Industrial Sur de Trujillo, así como la estructura del puente Moche.

**Zona Crítica 3:** Se ubica en la margen izquierda, aguas debajo de la Bocatoma Santa Lucía, donde los terrenos de cultivo, en avenidas ordinarias, pueden sufrir erosión con el consiguiente desborde de las aguas y la consecuente inundación del sector Curva de Sun del distrito de Moche.

**Zona Crítica 4:** Ubicado en la margen derecha, aguas arriba del puente Moche, en la zona donde el drén 15.2 tiene la estructura de entrega al río. El desborde del drén originaría la inundación de la zona industrial y de las estructuras del puente.

Referente a las otras zonas, podemos identificar los siguientes puntos críticos:

1. **Cerro Blanco**, localizado en el puente de Fierro, donde se tiene el peligro de desborde e inundación de la población asentada en ese sector.
2. **Toma Jesús María II**, localizada en la margen izquierda, en el distrito de Laredo, donde se tiene el cauce colmatado y las riberas desprotegidas, por lo cual se tiene el peligro de inundación del caserío de Jesús María.
3. **Espino Limón**, ubicado en el Km 13.00 de la carretera de penetración a la Sierra; la margen derecha tiene la ribera debilitada, estando en riesgo la población asentada en ese sector.
4. **Puente Conache**, que requiere reforzar las bases y la ribera, aguas arriba a 2 Km; la destrucción de la estructura del puente aislaría a las poblaciones de Santo Domingo y Conache y el desborde pondría en peligro a las poblaciones de San Hilarión, Santa Victoria, Chanchamayo, entre otras.
5. **Santa Rosa**, ubicado al frente de la toma Santa Lucía, donde se tiene un tramo estimado de 1.00 Km que requiere protección, ya que un desborde comprometería al Parque Industrial Sur y a la población asentada en el lugar.
6. **La Bocana**, ubicada en la margen derecha, aguas abajo del puente Moche, donde se tiene colmatación del cauce y riberas sin protección. Un eventual desborde compromete a la población de la Urbanizaciones El Golf y California.

## **QUEBRADA SAN IDELFONSO**

### **1. GENERALIDADES**

La quebrada de San Idelfonso desciende desde los cerros El Alto y San Idelfonso situados al Nor Este de la ciudad de Trujillo; en su curso alto presenta cauce rocoso y estrecho. Atraviesa luego depósitos aluviales potentes y erosionables en una distancia de 2.5 Km hasta llegar a la zona urbana del El Porvenir donde el cauce natural de la quebrada se encuentra urbanizado.

La mayor contingencia de riesgo que producirá la reactivación de la quebrada es lógicamente la zona descrita, donde el curso preferencial que tomará el escurrimiento será a través de las calles Hipólito Unanue y Riva Agüero, que descienden contiguas al cauce natural, al término de los cuales el flujo de aguas se orientará hacia el Cementerio de Mampuesto. Este cementerio ocupa una depresión originada por un dique artificial de tierra de unos 650 m de longitud y altura variable entre 4 y 6 m, el mismo que colapsó durante el Fenómeno El Niño de 1997 – 1998

El escurrimiento que inicialmente se detenía en dicha depresión, ha sido orientado hacia el canal tapado La Mochica, a través de una tubería cuya capacidad es de 3.0 m<sup>3</sup>/s; todo adicional se canalizaría a través de la Avenida Miraflores hacia la zona antigua de la ciudad.

### **2. CARACTERISTICAS DE LA QUEBRADA**

La quebrada San Idelfonso tiene un área aproximada de 23.7 Km<sup>2</sup>, de forma aproximada semicircular, la pendiente del cauce principal es de 6.3%; geomorfológicamente, se espera también una respuesta rápida a las precipitaciones, en forma de descargas bruscas.

La sección transversal en sus cursos medio e inferior es bastante amplia, con anchos de base que varían entre 40 a 60 m y con alturas variables de hasta 10 m; en la parte alta de la quebrada la sección se angosta hasta presentar anchos en la base de 15 m.

Es importante mencionar que por acción de las constantes excavaciones para extraer materiales de construcción, la sección transversal se ha alterado completamente, presentando sin embargo condiciones más favorables para atenuar los efectos de una avenida extrema.

No se cuenta con datos exactos acerca de los caudales en la quebrada San Idelfonso durante las épocas de lluvias; por ese motivo, para determinar el Caudal Máximo Instantáneo durante el Fenómeno El Niño de 1983 se tomó como referencia una tormenta cuya intensidad es de 10 mm/h, de una duración correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca, de 60 minutos, con lo cual se tiene aproximadamente un caudal de 26 m<sup>3</sup>/s.

Con la misma metodología se ha podido estimar un Caudal Máximo Instantáneo para el Fenómeno El Niño de 1997 – 1998 de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  y que originó el colapso del dique de Mampuesto, produciendo daños a la propiedad e inundando la ciudad de Trujillo.

Considerando que en la quebrada de San Idelfonso no es caudal líquido lo que preocupa sino el gran arrastre de material sólido, se ha construido un dique de roca a una distancia estimada de 5 Km de la zona urbana, abarcando aguas arriba un área de  $7.6 \text{ Km}^2$ , de modo que permita retener el material sólido transportado de gran tamaño, para que así fluya el agua sólo con sedimentos con tamaños inferiores a los cantos rodados pequeños ( $\emptyset < 100\text{mm}$ ) y además, disipar la energía cinética de las aguas, consiguiendo el laminado de las mismas y reduciendo el peligro de desborde aguas abajo, en la zona urbana.

### **3. ZONAS INUNDABLES**

Considerando que una eventual presencia del Fenómeno El Niño active la quebrada de San Idelfonso y supere la capacidad de almacenamiento del dique rocoso, los sectores de probable inundación se localizan en el Sector Río Seco y en el recorrido aguas abajo del cementerio Mampuesto, conforme se indica en el plano adjunto.

## **QUEBRADA EL LEON (RIO SECO)**

### **1. GENERALIDADES**

La quebrada de El León, que en su parte baja se llama “Río Seco”, así como varias quebradas menores intermedias, tiene sus cauces de escurrimiento de Este – Oeste; casi la totalidad de estos cursos naturales confluyen finalmente hacia un cauce receptor que luego de atravesar el flanco sur del distrito de Huanchaco desemboca en el mar.

Otro punto de descarga al mar, pero de menor área de influencia es la quebrada de Valdivia cercana al área arqueológica de Chan Chan.

### **2. CARACTERISTICAS**

A raíz del denominado Fenómeno El Niño, que es un fenómeno recurrente se esperan intensas precipitaciones en nuestra localidad, donde el último evento ocurrió durante 1997 – 1998. Dichas precipitaciones producirán escurrimientos de agua importantes en la quebrada El León que representará un gran peligro de afectación, tanto por la amplitud de su cuenca colectora como por su proximidad a centros poblados.

El estudio hidrológico desarrollado para la evaluación de los caudales que pueden presentarse en esa quebrada señala descargas máximas instantáneas del orden de  $76 \text{ m}^3/\text{s}$  a su paso por la carretera Panamericana Norte. La

magnitud del caudal señalado indica que las medidas a tomar para prevención o mitigación de desastres que pueden ocasionar, suponen obras de cierta envergadura con diseños específicos.

La descarga antes indicada ha sido estimada mediante métodos indirectos, debido a la falta de información hidrométrica propia; las quebradas en estudio confluyen a un cono de deyección aluvial, muy amplio, en el cual éstas convergen en sus puntos de entrega, lo cual atenúa el efecto de la avenida.

De acuerdo con el plano adjunto, los cauces naturales que conforman la quebrada, y en general el escurrimiento superficial que podría producirse por lluvias intensas, se encuentran interceptadas por la carretera Panamericana, la vía de evitamiento y la carretera a Huanchaco.

Un elemento interceptor del escurrimiento, es la muralla Mochica que atraviesa toda la planicie aluvial situada entre los cerros Las Cabras y Campana. Dicha muralla está conformada por un muro central construido con piedras grandes y barro, de 1.50 m de ancho y altura de 3.00 m o más sobre el terreno natural; el muro está recubierto enteramente con enrocado liviano, con taludes de 1.5:1 o más tendidos. En la actualidad la muralla se encuentra destruida en varios tramos, justamente donde atraviesa cauces naturales. La muralla sigue pendientes descendentes hacia el cauce de la quebrada de El León de manera que el escurrimiento interceptado por la muralla es derivado hacia dicha quebrada.

Por efecto del Fenómeno El Niño se han producido severas erosiones que han ampliado y socavado su cauce notándose terrazas altas y huellas recientes de sus niveles de agua de escurrimiento.

### **3. AREAS INUNDABLES**

La quebrada El León (Río Seco) durante las avenidas generadas por las fuertes lluvias que ocasiona el Fenómeno El Niño, afecta a zonas urbanas, estando en primer lugar la Asociación Agropecuaria Santa Rosa que se ubica hacia el Oeste de la carretera Panamericana Norte, a la altura del Km 570; hacia el Este de la misma carretera y aguas abajo, se tiene los sectores Sol Naciente y Virgen del Socorro (adyacentes al Parque Industrial); aguas abajo y antes de la entrega al mar, las zonas inundables se ubican en la localidad de Huanchaco y el sector Huanchaquito.

En Huanchaco, en la faja marginal estimada del cauce a unos 100-150 m. de confluencia con el mar se encuentra una construcción de aproximadamente 300 m de longitud que tiene estructuras de concreto en sus bases que pueden originar el desvío de las aguas hacia la ribera opuesta.

HOJA EN BLANCO PARA EL MAPAM-4.1

### **DRENES EXISTENTES EN TRUJILLO Y ZONAS ALEDAÑAS**

A continuación se muestra una relación de los drenes construidos, tanto abiertos como entubados, habiéndose ejecutado 26 172.80 m de drenes abiertos y 14 721 m entubados.

La nominación es similar al plano adjunto. (**VER PLANO P-1.01**)

**Tabla 4.1. Drenes construidos tantos abiertos como entubados.**

| DREN         |             | LONGITUD (ML)    |                  | LONGITUD (ML)    |
|--------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| PRINCIPAL    | SECUNDARIO  | ABIERTO          | ENTUBADO         |                  |
| DM – 1.0     |             | 580.00           | 971.00           | 1,551.00         |
|              | DM – 1.1    | 740.00           |                  | 740.00           |
| DM – 2.0     |             | 160.00           | 260.00           | 420.00           |
| DM – 3.0     |             | 455.00           | 1,245.00         | 1,700.00         |
|              | DM – 3.1    | 920.00           | 280.00           | 1,200.00         |
|              | DM – 3.1.1  | 160.00           | 393.00           | 553.00           |
|              | DM – 3.3    |                  | 642.00           | 642.00           |
|              | DM – 3.4    |                  | 447.00           | 447.00           |
|              | DM – 3.5    |                  | 250.00           | 250.00           |
|              | DM – 3.7    |                  | 220.00           | 220.00           |
|              | DM – 3.8    |                  | 219.00           | 219.00           |
| DM – 4.0     |             | 980.00           | 445.00           | 1,425.00         |
|              | DM – 4.1    |                  | 258.00           | 258.00           |
| DM – 5.0     |             | 400.00           | 584.00           | 984.00           |
| DM – 6.0     |             | 260.00           | 1,078.00         | 1,338.00         |
| DM – 7.0     |             | 1,274.00         |                  | 1,274.00         |
|              | DM – 7.1    | 715.00           | 825.00           | 1,540.00         |
| DM – 8.0     |             | 760.80           |                  | 760.80           |
|              | DM – 8.1    | 340.00           |                  | 340.00           |
|              | DM – 8.2    | 425.00           |                  | 425.00           |
|              | DM – 8.3    |                  | 910.00           | 910.00           |
|              | DM – 8.4    |                  | 1,022.00         | 1,022.00         |
| DM – 9.0     |             | 1,640.00         |                  | 1,640.00         |
| DM – 10.0    |             | 1,000.00         | 680.00           | 1,680.00         |
| DM – 11.0    |             | 831.00           | 579.00           | 1,410.00         |
| DM – 12.0    |             | 692.00           |                  | 692.00           |
| DM – 13.0    |             | 631.00           |                  | 631.00           |
| DM – 14.0    |             | 540.00           |                  | 540.00           |
| DM – 15.0    |             | 4,360.00         |                  | 4,360.00         |
|              | DM – 15.1   | 2,300.00         |                  | 2,300.00         |
| DM – 16.0    |             | 2,504.00         | 1,226.00         | 3,730.00         |
| DM – 19.0    |             | 1,035.00         | 1,865.00         | 2,900.00         |
|              | DM – 19.1   | 800.00           |                  | 800.00           |
|              | DM – 19.1.1 | 1,670.00         |                  | 1,670.00         |
|              | DM – 19.1.2 |                  | 322.00           | 322.00           |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>26,172.80</b> | <b>14,721.00</b> | <b>40,893.80</b> |

Fuente: Chavimochic

## ESTADO SITUACIONAL DE LOS DRENES

De acuerdo a las normas actuales, quienes deben ejecutar el mantenimiento a dichos drenes son las juntas de usuarios, quienes descuidan dichas tareas por lo cual muchas de las estructuras se encuentran colmatadas y en una eventual ocurrencia de fuertes lluvias no podrían trabajar de acuerdo a diseño, según se detalla en el cuadro adjunto. La limpieza de los drenes que se han programado y se vienen ejecutando, de acuerdo con la Junta de Usuarios de Moche, consiste en el desbroce y limpieza de vegetación; los drenes que desembocan en el mar se encuentran arenados por lo que se ha procedido hacer sangrías que permitan evacuar las aguas.

La relación de drenes cuya limpieza manual se encuentra en ejecución, son los siguientes:

**Tabla 4.2. Estado situacional de los drenes.**

| DREN          |             | LONG.<br>(M) | PROG.<br>LIMP. | ESTADO SITUACIONAL           |
|---------------|-------------|--------------|----------------|------------------------------|
| PRINCIPAL     | SECUNDARIO  |              |                |                              |
| DM – 1.0      |             | 580.00       | 580.00         | Limpieza manual en ejecución |
|               | DM – 1.1    | 740.00       | 740.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 2.0      |             | 160.00       |                | Colmatado                    |
| DM – 3.0      |             | 455.00       | 455.00         | Limpieza manual en ejecución |
|               | DM – 3.1    | 920.00       | 920.00         | Limpieza manual en ejecución |
|               | DM – 3.1.1  | 160.00       | 160.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 4.0 (*)  |             | 980.00       | 980.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 5.0      |             | 400.00       | 400.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 6.0      |             | 260.00       |                | Colmatado                    |
| DM – 7.0      |             | 1,274.00     | 1,274.00       | Limpieza manual en ejecución |
|               | DM – 7.1    | 715.00       |                | Colmatado                    |
| DM – 8.0 (**) |             | 760.80       |                | Colmatado                    |
|               | DM – 8.1    | 340.00       |                | Colmatado                    |
|               | DM – 8.2    | 425.00       |                | Colmatado                    |
| DM – 9.0      |             | 1,640.00     |                | Colmatado                    |
| DM – 10.0     |             | 1,000.00     |                | Colmatado                    |
| DM – 11.0     |             | 831.00       | 831.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 12.0     |             | 692.00       | 692.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 13.0     |             | 631.00       | 631.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 14.0     |             | 540.00       | 540.00         | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 15.0     |             | 4,360.00     | 3,750.00       | Limpieza manual en ejecución |
|               | DM – 15.1   | 2,300.00     | 1,085.00       | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 16.0     |             | 2,504.00     | 2,504.00       | Limpieza manual en ejecución |
| DM – 19.0     |             | 1,035.00     |                | Colmatado                    |
|               | DM – 19.1   | 800.00       | 800.00         | Limpieza manual en ejecución |
|               | DM – 19.1.1 | 1,670.00     | 1,670.00       | Limpieza manual en ejecución |

Fuente: Chavimochic

(\*) Este dren desemboca en una laguna, por lo que requiere alargarse en unos 400 m. a fin de alcanzar el río Moche.

(\*\*) Este dren que se ubica por la Urb. El Golf no ha podido ser limpiado debido a la presencia de aguas servidas en su cauce.



El desborde en el río Moche no produjo la inundación de Trujillo; lo que la produjo a través de la acequia La Mochica, fue la rotura de la Bocatoma Morovinchazao, que permitió discurrir enorme cantidad de agua por esa toma, provocando el pánico entre los regantes quienes destruyeron la acequia y botaron el agua hacia La Mochica. Esto rebalsó el cauce de ésta y el agua llegó a inundar la ciudad de Trujillo.

Teniendo en cuenta, que en el canal La Mochica es la única infraestructura que permite dar regadío a las áreas agrícolas de Huanchaco, se concluye que este canal permanecerá por muchos años.

Estos eventos naturales de mayor ocurrencia en el Norte están asociadas al fenómeno del Niño (1983 y 1998), produciendo grandes daños a la infraestructura y economía de la ciudad.

Asimismo, por el material que predominan en los componentes arquitectónicos y estructurales de las edificaciones de estudio (muros de adobe, techos con torta de barro, etc) el agua se considera como la mayor causa potencial que afecta su estabilidad y acelera su deterioro.

Estos eventos tienen necesariamente que estar relacionados con ciertos aspectos topográficos y de geomorfología del terreno para reunir las condiciones que favorezcan su ocurrencia.

En general, los sectores de riesgo en el Centro Urbano ante la ocurrencia de una inundación se ubican al noreste, zona de fuerte pendiente que favorece el discurrimiento de las aguas de lluvia (peor aun si son asfaltados). En el entorno de esta zona se ubican los canales La Mochica Alta y Baja, este ultimo sin revestimiento, que pueden ocasionar rebalse por falta de capacidad de conducción.

En este caso, los riesgos previstos son:

En la Infraestructura:

- Daños en el sistema de desagüe debido al ingreso de agua con lodo a las redes, lo que provocaría su represamiento y que los colectores trabajen a presión (normalmente deben trabajar como canal) deteriorándolos rápidamente, dado que las  $\frac{3}{4}$  partes de las actuales redes tienen mas de 40 años de antigüedad.
- Daños en los sistemas de energía eléctrica y telefonía, por el ingreso de agua con lodo en los buzones de inspección, lo cual podría ocasionar fallas y por lo tanto restricciones en los servicios, además del riesgo de la caída de los postes por erosión de sus bases.
- Daños en edificios antiguos construidos básicamente con materiales térreos. El impacto se daría básicamente en los cimientos produciendo riesgos de estabilidad estructural.
- Deterioro del asfaltado de las calles y avenidas.
- Deterioro de la infraestructura de los principales comercios ubicados en el Centro Cívico.

En el Aspecto Ambiental.

- Acumulación de material arcillosos en las principales calles afectadas, ello deteriora el entorno ambiental, y producto del tránsito vehicular ocasionaría la suspensión de material particulado en el aire que se depositara en las avenidas.
- Riesgo de debilitar las bases del Monumento de la Plaza Mayor por el hecho de que se ubica en una hondonada, lugar donde se represaría el agua.

Se indica como antecedente, la ocurrencia del fenómeno del Niño de 1998 que produjo el desborde de la Quebrada de San Idelfonso y la presencia de lluvias durante los meses de enero a marzo. Dicha amenaza estuvo identificada como una inundación debido a fuertes precipitaciones, cuyos registros para la ciudad de Trujillo fueron de 48 mm (cantidad acumulada durante el mes). Las características de la inundación estuvo referida a:

Deterioro de la infraestructura sanitaria.

- Severidad por desborde de la quebrada San Idelfonso, Río seco y el León.
- Deterioro de equipos e interrupción de energía eléctrica.
- Antigüedad de las instalaciones de servicio (mayor de 50 años).
- Diámetro de instalaciones (12 pulgadas).

Asimismo el estimado de daños fueron: derrumbes, deslizamientos, arenamiento, rotura de tuberías de desagüe, deterioro de buzones y tuberías, colapso de redes, interrupción del servicio de energía eléctrica, colmatación de los sistemas de alcantarillado por ingreso de lodo en las aguas de lluvias, impacto en el servicio de agua y alcantarillado así como inundación de cales y viviendas de la ciudad.

**Hoja en blanco para el mapa M-4.2**

## B) ELEVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

Hasta el año 1997, considerando el escaso recurso hídrico del río Moche, se optó por extraer el agua del subsuelo para uso agrícola, especialmente para el cultivo de caña de azúcar en la actual Empresa Agroindustrial de Laredo extrayendo 5 000 000.00 m<sup>3</sup>/año. Asimismo la actual Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad Sociedad Anónima (SEDALIB) continuaba con la explotación del agua del subsuelo a través de 58 pozos tubulares que producían 34 101 648 m<sup>3</sup>/año, esta explotación de agua subterránea ejerce paralelamente un drenaje vertical que contribuye a abatir los elevados niveles freáticos.<sup>1</sup>

Con la ejecución del Proyecto Especial Chavimochic, que comprende la derivación de las aguas del río Santa se tiene que la eficiencia de riego alcanzaría el 50%, se observa que el otro 50% del caudal de agua se constituirá en flujo subterráneo que irían a alimentar las napas acuíferas existentes elevando el nivel freático<sup>2</sup>; por lo que se llevó a cabo el estudio "Planeamiento del Sistema de Drenaje principal valle Moche" permitiendo la ejecución de 45 Km de drenes principales. En este estudio se recomendó que SEDALIB y la Empresa Agroindustrial de Laredo continuaran con la explotación del agua subterránea, asimismo se recomendó la entrega de agua a partir del Canal Madre Chavimochic a la planta de tratamiento de agua potable de Trujillo para uso poblacional; de 0,56 m<sup>3</sup>/s del año 1995 a 0,84 m<sup>3</sup>/s para el año 2000.

Al contar con las aguas provenientes del río Santa a través del proyecto Chavimochic, Sedalib, la Empresa Agroindustrial de Laredo y algunos regantes han dejado de explotar las aguas subterráneas tal como lo venían realizando en años anteriores; ante esta situación se llevó a cabo el monitoreo del nivel freático de la zona arqueológica de Chan Chan en los meses de noviembre de 1998, febrero, abril y junio de 1999, apreciándose el aumento progresivo del nivel freático y de las áreas con problema de drenaje<sup>3</sup>.

El nivel del agua del subsuelo en varias partes de la propiedad de Laredo es alto y se exige bombear o drenar para disminuir el impacto de las altas láminas de agua en el crecimiento de la caña de azúcar. La empresa está examinando la oportunidad de extraer el agua del subsuelo para atender las demandas del molino y ampliar los requerimientos de irrigación<sup>4</sup>. (Ver mapa M-4.3, M-4.4 y M-4.5)

---

<sup>1</sup> Succlh, J. 1995 *Planeamiento del Sistema de Drenaje, Proyecto Valle de moche*. Ministerio de la Presidencia ,

<sup>2</sup> Iglesias, W, F. Vásquez y R. Turkowsky. 1989. *Simulación Numérica de la napa Freática del Valle de virú con fines de drenaje en Perú*. FAO. Santiago – Chile. 28p

<sup>3</sup> Ministerio de la Presidencia 1999. *Monitoreo del Nivel Freático de la Zona Arqueológica de Chan Chan*. Ministerio de la Presidencia, Trujillo.

<sup>4</sup> Corporación Financiera Internacional. 1999. *Resumen de la Revisión Medioambiental*. Empresa Agroindustrial Laredo.

Hoja para el mapa M-3.3

Hoja para m-4.4

Hoja en blanco para el M-4.5

### **C) IMPACTO DE ACCIÓN MARÍTIMA**

Para que exista el impacto las aguas marítimas en su desplazamiento deben formar corrientes marinas locales, las que tienen diversas orientaciones de acuerdo a la atracción de la gravedad de la luna o el sol. Así en su desplazamiento causan erosión, depositando los materiales finos en las áreas aledañas causando avenamiento.

Esto no se observa, sin embargo en épocas del año existe un ligero desplazamiento del mar hacia la playa de Buenos Aires.

Además no existe erosión de ante playa, así lo demuestra en la desembocadura del río Moche, Huanchaco y Salaverry donde sus infraestructura no corre peligro de colapso por el avance de aguas marítimas tierra adentro.

### **D) IMPACTO DE LA ACCIÓN EÓLICA**

No existe formación de dunas, que son causadas por fuertes vientos, sin embargo hay depósitos de material eólico en una parte de la ciudad de Trujillo cuya cubierta de arena eólica es de 5-6 m de espesor de promedio, que se hace muy gruesa en la zona de La Esperanza y El Porvenir donde alcanzarían hasta 34 m.

### **D) ARENAMIENTO DE SUPERFICIE**

Es el traslado de arenas sueltas sobre las superficies de sectores determinados sin producir grandes acumulaciones o dunas. Esta afecta a las áreas no ocupadas depositando arenas en suelos a cimentar en el futuro, que en caso de no limpiarse producirá densificación en la construcción.

Este tipo de arenamiento se ubica en la zona norte de Huanchaco, a lo largo de la carretera Huanchaco – Trujillo (Chan –Chan), Sector de Salaverry, Las Delicias, C° Cabras –C°Prieto.



## **4.2. GEODINAMICA INTERNA**

Corresponde a la evaluación de los efectos de las fuerzas naturales generados por la evolución de la corteza terrestre. Estas fuerzas son las acciones sísmica, tsunamigénica y volcánica, no dándose este último en el caso de la ciudades de Trujillo, Huanchaco y Salaverry.

### **4.1.1.-IMPACTO DE LA ACCIÓN SÍSMICA**

Generalmente el movimiento del suelo y la falla de la estructura debido a un sismo es especialmente gobernada por la magnitud y la distancia epicentral. Pero cuando se tiene un área local determinada, tomar en cuenta las condiciones locales de topografía y condiciones de suelo es muy importante.

El subsuelo en Trujillo consiste básicamente de depósitos de arena suelta a medio densa. Los espesores de las capas en general aumentan en la dirección al mar. El nivel freático varía con la topografía.

La respuesta de las estructuras durante sismos es afectadamente principalmente por el espesor de las capas, las propiedades mecánicas y la profundidad del nivel freático.

#### **Intensidades Sísmicas Probables en Trujillo**

Los valores probables de intensidades sísmicas para diversos sectores de la ciudad para un sismo de determinada magnitud, tomando como base la información geotectónica del suelo y tomando como base los daños producidos según los registros de anteriores sismos, se concluye que la Ciudad de Trujillo como ya se dijo anteriormente se espera intensidades muy altas.

En la Tabla 4.3 se presenta el resumen de la tabla de intensidades MM, no obstante esta escala adolece de subjetividad para los evaluadores, pues muy probablemente, diferentes personas asignarían diferente grado de intensidad a un temblor en el mismo sitio, en la actualidad esta escala de intensidades es la más usada.

Es indudable que las intensidades sísmicas mas altas se registraran en los suelos en estado mas sueltos y de capacidades portantes bajas. A continuación se describen las zonas y su probable intensidad sísmica máxima.

Tabla 4.3 Resumen De Intensidades Mercalli Modificada

| Grado de Intensidades | Calificación          | Descripción de los efectos   |
|-----------------------|-----------------------|--|
| I                     | Despreciable          | Solo detectado por instrumentos  |
| II                    | Sensible              | Sentido por gente muy sensible. Objetos colgando oscilan   |
| III                   | Ligero                | Pequeñas vibraciones   |
| IV                    | Moderado              | Sentido en interiores. Ruidos por adornos que se mueven  |
| V                     | Algo fuerte           | La mayoría lo siente. Algo de pánico. Daños menores.   |
| VI                    | Fuerte                | Daños en estructuras sin construcción, sismoresistente.  |
| VII                   | Muy fuerte            | La gente corre. Se presentan daños en construcciones de calidad y graves daños en casas de adobe y tierra. |
| VIII                  | Destructor            | Graves daños en las construcciones   |
| IX                    | Ruinoso               | Graves daños en las construcciones de calidad.<br>Destrucción casi total de obras no sismorresistentes.    |
| X                     | Desastroso            | Solo construcciones con diseño sismorresistente sobreviven.  |
| XI                    | Desastroso en Extremo | Pánico general. Destrucción casi total<br>Grietas en el terreno  |
| XII                   | Catastrófico          | Destrucción total.   |

**a) INTENSIDADES DE IX Mercalli Modificada**

La intensidad de IX en la escala de Mercalli Modificada es muy probable que estos valores se alcancen en depósitos de suelos en estado suelto a muy suelto (SP) parcial o totalmente saturado de agua. Estas condiciones se presentan en el distrito de Víctor Larco, donde el nivel freático es muy alto, su suelo es arena en estado semi-compacto. También esta intensidad se presentaría en los distritos de la Esperanza el distrito de Florencia de Mora y el distrito El Porvenir, donde se tiene un estrato de arena eólica de gran potencia en estado suelto.

**b) INTENSIDADES DE VIII<sup>+</sup> Mercalli Modificada**

Las intensidades de mayores a VIII, se alcanzan en depósitos de mediana a baja densidad, con niveles freáticos debajo de los 10 m. Este comportamiento se podría alcanzar en la zona comprendida entre la Av. Huamán y la Av. América Sur, parte del segundo anillo de la ciudad.

**a) INTENSIDADES DE VIII Mercalli Modificada**

Estas intensidades se alcanzarían desde la Av. América Sur hasta la zona de Mampuesto, abarcando la zona central de Trujillo, donde se tienen la mayoría de servicios de la ciudad.

**b) INTENSIDADES DE VII Mercalli Modificada**

Estos suelos se caracterizan por ser relativamente compactos y están integrados por areniscas, conglomerados en matriz arenosa, con carbonatos de calcio, porcentaje de sales, sulfatos que actúan como cementantes. Esto se presentaría en la margen Norte del río Moche.

**4.1.2.-IMPACTO DE LA ACCIÓN TSUNAMIGÉNICA**

El Perú se encuentra en una zona de subducción donde la generación de sismos tectónicos es frecuente (teniendo en consideración la teoría de tectónica de placas). De todos los sismos tectónicos los mayores y más destructivos ocurren en el área oceánica costera y son los que generan los tsunamis. Con mayor frecuencia estos se dan en la costa central y sur del Perú (en donde la placa de Nazca se desliza por debajo y hacia el interior de la placa Sudamericana, denominada zona de subducción).

A pesar del enorme número de terremotos de magnitudes menores, solo algunos de ellos han sido asociados a Tsunamis. Por eso se sospecha que esto en pocos y probablemente algunos de los otros, se iniciaron por desplome o deslizamiento de sedimentos a gran escala, los mismos que generarían corrientes de turbidez, ocasionados y desencadenados por los movimientos súbitos de poca magnitud.

**EVALUACIÓN DE POTENCIALES TSUNAMIS EN LAS COSTAS DE LA ZONA DE ESTUDIO (Ver Mapas M-4.6 y M-4.7)****a. Tiempo de llegada de la Primera Ola.**

Teniendo en consideración que la línea costera de Trujillo es casi paralela al eje de generación de los Tsunamis y asumiendo una magnitud  $M_s = 7,0$ , de características de un supuesto sismo tsunamigénico originado dentro de los límites de la fuente de subducción 2, frente a la costa de Trujillo y dibujando una envolvente con el modelo de propagación que consiste en el trazado de las curvas de refracción: se obtuvo el plano de tiempo de llegada de la primera ola a la zona ribereña de Trujillo (Buenos Aires, y las Delicias).

El sismo tsunamigénico se toma teniendo en consideración que no se tiene un foco preciso en el eje tsunamigénico que pasa aproximadamente a 50 km de la costa y que podría estar ubicado en cualquier punto. Sin embargo el punto más crítico es la distancia mas corta entre la ciudad puntual y el eje, dada por su distancia perpendicular.

Según los criterios de Iida y Hotari el área de concentración de Tsunamis esta formada por una elipse, si consideramos un sismo cuya magnitud  $M_s =$

7,0, la elipse de generación tendría los parámetros siguientes: Eje mayor  $S = 54$  Km y Eje menor  $b = 44$  Km.

El tiempo de llegada para la primera ola a Trujillo fue de 27 minutos, la cual presentamos gráficamente en el plano, sin embargo podríamos considerar que para sismos de mayor magnitud el tiempo de llegada sería menor, pues el área de generación del Tsunami sería mayor.

Para considerar la posibilidad de ocurrencia de sismos mayores de 7, ya sea 7,5 ó 8 Ms es conveniente considerar como 20 minutos el tiempo de llegada de la primera ola para fines de evacuación.

#### b. Altura de la ola en la costa.

Empleando el criterio de Yamaguchi, Silgado y Katsuyuki Abe y teniendo en consideración la batimetría del lecho marino frente a la ciudad de Trujillo y la magnitud de los sismos tsunamigénicos, se ha obtenido las alturas probables de ola.

**Tabla 4.4**      **Altura de la ola según Yamaguchi**

| D(km) | H(m) |
|-------|------|
| 50    | 0,43 |
| 30    | 1,65 |
| 25    | 2,30 |
| 20    | 3,22 |

**Tabla 4.5**      **Altura de la ola según Silgado**

| Ms  | H(m) |
|-----|------|
| 7   | 0,68 |
| 7,5 | 1,68 |
| 8   | 4,17 |

**Tabla 4.6**      **Altura de la ola según Katsuyuki Abe**

| Mw  | H(m) |
|-----|------|
| 6,8 | 1,25 |
| 7,5 | 2,81 |
| 8,4 | 7,94 |

De los cuadros anteriores concluimos que la altura de la ola probable estaría entre 1,5 y 4 m.

Hoja en blanco para el mapa M-4.6

Hoja para M-4.7

### 4.3. DESASTRES ANTROPOGENICOS O TECNOLOGICOS

#### A) INCENDIOS EN ZONAS TUGURIZADAS

Los incendios son identificados como una amenaza que causa grandes daños a la infraestructura y a la vida de la población, al producir altas temperaturas, humos y gases tóxicos e irritantes, considerando que en la mayoría de los casos las edificaciones en el Centro Histórico utilizan coberturas con materiales combustibles, como la madera y la caña, es posible identificar a dichas edificaciones como altamente vulnerables ante incendios, teniendo en cuenta también que el fuego se propaga en espacios cerrados y en forma horizontal al ras del techo.

Asimismo cabe anotar que ante la ocurrencia de sismos se identifican también a los incendios como eventos que generalmente se suscitan ante la ocurrencia del primero, e incrementan su impacto en edificaciones con instalaciones eléctricas en mal estado o expuesto, así como ante la ausencia de equipos y brigada de seguridad, tales como extintores, gabinetes con mangueras de agua, principalmente en casa donde la tugurización es frecuente en la ciudad de Trujillo y alrededores. (**Ver mapa M-4.8**)

**Mapa M-4.8**



## **B) CONFLAGRACIÓN POR GLP (GAS LICUADO DE PETRÓLEO)**

En esta parte del estudio se tratará el problema de la conflagración, tomando en cuenta su origen y consecuencias. (**Ver mapas M-4.9, M-4.10 y M-4.11**)

Lo esencial para determinar las fuentes potenciales de una conflagración y los daños que puedan causar, es la metodología a seguir. La cual deviene básicamente de parámetros estadísticos y de antecedentes.

Los parámetros estadísticos nos mostrarán las condiciones iniciales, la magnitud, los alcances destructivos y otras características de eventos ocurridos en el mundo como consecuencia del fenómeno BLEVE.

### **CRITERIOS GENERALES PARA LA DETERMINACION DEL PELIGRO.**

De estos almacenes dependen muchas zonas de Trujillo como fuente de suministro de combustible, así el criterio en el estudio se determinará la magnitud del peligro en base a experiencias ya ocurridas, y principalmente por presentar, la zona crítica, condiciones similares a las azotadas por el fenómeno BLEVE. Por lo tanto las fuentes potenciales más importantes de la conflagración en esta zona son:

- Depósitos de LLAMA GAS S.A.
- Depósitos de ZETA GAS ANDINO S.A.
- Depósitos de LIMA GAS S.A.
- Depósitos de NOR GAS S.R.L.

Cualquiera que sea la fuente del fenómeno, este puede ser originado en la zona crítica por:

- Desastre natural
- deficiente mantenimiento de los depósitos de almacenamiento
- Problemas operacionales
- Otros (atentados, accidentes, etc).

Una vez iniciado el fenómeno, de las fuentes de conflagración se origina bolas de fuego que irradian grandes temperaturas que causan una destrucción local inmediata, cuya magnitud depende de la cantidad de combustible almacenado.

Posteriormente el combustible pulverizado frío o incandescente es expulsado a grandes distancias que junto con el aumento de la temperatura que causa incendios secundarios en una radio máximo que depende de varias condiciones, que las podemos dividir en:

**CLIMATICAS:** Vientos, temperatura y humedad relativa

**LOCALES:** Materiales de construcción, productos químicos y combustibles.

**HUMANOS Y DE RECURSOS:** Facilidad y rapidez en el combate contra incendios.

Al problema del incendio, habrá que añadir el originado por los fragmentos de diferentes tamaños despedidos al momento de la explosión, los cuales pueden abarcar centenares de metros.

A continuación se muestran los datos necesarios que se usaran en la estimación de la magnitud de los fenómenos en cuestión y así evaluar los incidentes y daños respectivos.

### **PARAMETROS ESTADISTICOS PARA LA EVALUACION DE DAÑOS**

El Gas Licuado de Petróleo comúnmente conocido como GLP, es básicamente una mezcla de hidrocarburos (propano, butano, isobutano y algunos hidrocarburos insaturados) que son gases a temperatura ambiente, pero que debajo de su punto de ebullición se producen gases de petróleo en cantidades considerables lo cual permite almacenarlo, transportarlo y distribuirlo. El área susceptible a afectación, al ambiente o a las personas, en caso de fuga y/o explosión de gas, es proporcional a la cantidad liberada. Para el caso de las tuberías, el área dañada es paralela a esta.

### **ESTIMACION DE LA MAGNITUD DEL INCIDENTE POR BLEVE EN TRUJILLO**

#### **\* Fuentes Potenciales de Trujillo**

De lo analizado anteriormente y de lo existente en la zona en estudio se concluye que las principales fuentes que pueden originar BLEVE, son:

1. Planta “LLAMA GAS S.A.”

Esta planta almacena en su interior gas licuado de petróleo en la zona de El Milagro (GLP1), distrito de Huanchaco.

2. Planta “ZETA GAS ANDINO S.A.”

Esta planta almacena en su interior gas licuado de petróleo en Calle Real, Ovalo La Marina (GLP2), distrito de Trujillo.

3. Planta “LIMA GAS S.A.”

Esta planta almacena en su interior gas licuado de petróleo en la zona del Parque Industrial (GLP3), distrito de Trujillo.

4. Planta “NORGAS S.R.L.”

Esta planta almacena en su interior gas licuado de petróleo en LA CARRETERA Industrial hacia Laredo (GLP4), distrito de Trujillo.

5. Planta “REPSOL YPF”

**\* Desarrollo de los incidentes**

En base a los acontecimientos de incendios producidos por BLEVE en plantas de gas licuado podemos seguir la siguiente secuencia de hechos. Se produce una fuga de gas por problemas de mantenimiento y/o deficiencia de operación, desastre natural u otra causa, si a esto se agregan falta de equipos modernos de detección de fugas, falta de planes de prevención y control, tendremos que esta alcanzará tal magnitud que se formaran en pocos minutos una gran nube de gas.

Se debe tener en cuenta que por la brisa o viento de la zona, la nube podría concentrarse en una sola dirección, pudiendo encontrar una fuente de ignición en su recorrido y que puede estar fuera de los límites de la planta.

Cuando la nube de gas se enciende con gran estruendo, el gas del ambiente se consumirá y el fuego solo se concentrara en el lugar de fuga como si fuera “un gran mechero”; la destrucción, en ese momento, solo se limitara al área que ocupo la nube de gas al prenderse.

Aproximadamente transcurridos entre 10 y 15 minutos del inicio del fuego en el tanque se producirá el primer BLEVE, dando lugar a una gran bola de fuego con llamas a cientos de metros de distancias causando destrucción debido a la onda de calor, a la onda expansiva de la explosión y a los otros fragmentos expulsados. También explosionaran y prenderán otros tanques; la lluvia de gotas prendidas y frías de gas licuado caerá en los alrededores de cientos de metros de distancia dando lugar a incendios diseminados en forma radial.

La onda de calor y las gotas de gas podrían originar otros incendios de gran magnitud convirtiéndose este a su vez, en focos de propagación del incendio.

En caso que el siniestro se origine por sismos severos, la situación descrita anteriormente se hará aún más crítica, por los equipos, recursos y personal aun mas restringida.

**ESTIMACION DE LA ZONA DE PELIGRO**

Según los antecedentes históricos y debido a las características que presenta la zona en estudio podemos decir que los efectos del BLEVE alcanzarán cuatro áreas o zonas.

**ZONA A:**

Esta área esta comprendida en un círculo de radio específico y centro en el contenedor (esfera o tanque). En esta zona se generara la bola de fuego con temperaturas en promedio de 1 200 °C, ocasionando por consiguiente la calcinación casi instantánea de cualquier objeto que se encuentre dentro de estos linderos.

**ZONA B:**

Esta área comprende un anillo que rodea la Zona A, en la cual la temperatura promedio estaría por los 500 °C, pero los incendios siguen siendo principales y

la incidencia de daños elevada. Se considera que en esta zona impactarán la mayoría de esquirlas y la onda expansiva de la explosión será intensa.

#### **ZONA C:**

Esta zona que comprende un segundo anillo que rodea al anterior. Se estima que la temperatura promedio puede llegar a los 200 °C, en promedio por lo que la incidencia de daños se va mitigando. Asimismo se prevé que a esta zona lleguen algunas esquirlas de tamaño importante que pueden dañar algunos locales.

La lluvia de combustible frío o en llamas originará incendios con probabilidades de propagación.

#### **ZONA D:**

Esta zona no tiene una delimitación específica ya que en ella es esta considerando que los incendios se propagaran dependiendo de ciertas condiciones locales mencionados anteriormente. Como son los materiales inflamables, humedad, viento, etc., los que puedan influir haciendo que el incendio asuma una dirección.

También existe la probabilidad de que las esquirlas superen la zona C, como ocurrieron en el desastre de San Juanico y donde esquirlas cayeron a varios kilómetros del punto de explosión.

En el caso de tanques horizontales ocurre un fenómeno particular y es que cuando presentan BLEVE, algunos de estos, salen despedidos en la dirección de su parte mas alargada, logrando alcanzar grandes distancias. En el desastre de San Juanico algunos tanques horizontales de 20 Ton alcanzaron distancias de 1200 metros.

Es importante mencionar que se ha asumido una relación entre los radios de las diferentes zonas, es decir, en la zona A se considerara un radio  $R_a$  y que depende la capacidad del tanque, los demás radios se asumen con la siguiente relación:

$R_b = 3R_a$  aprox.

$R_c = 6R_a$  aprox.

$R_d =$  No definido

Estos valores se eligieron tomando en cuenta los radios de los principales efectos en los desastres de San Juanico, East Montreal y Feyzin, en los cuales las zonas de los diferentes efectos tomaron aproximadamente estos radios.

De lo anterior se puede establece para las fuentes conflagratorias en Trujillo, las siguientes características:

#### **GLP1. FUENTE: LLAMA GAS S.A.**

ORIGEN: Tanques de GLP (Gas licuado de Petróleo) capacidad máxima 20 000 galones.

##### Zona A

- Radio: 250 m aprox.
- Temperatura Promedio: 1 200 °C aprox.

- Observaciones : Daños principales, bola de fuego, otras explosiones, calcinación total, fragmentos impulsados

**Zona B**

- Entre Radios: 250 y 750 m aprox.
- Temperatura promedio: 500 °C aprox.
- Observaciones: Incendios principales, gran onda expansiva, impacto importante de esquirlas, onda calorífica, lluvia de combustible y gran calcinación.

**Zona C**

- Entre Radios: 750 y 1500 m aprox.
- Temperatura promedio: 200 °C aprox.
- Observaciones: Lluvias de combustible origina nuevos incendios, algunas esquirlas impactan, onda calorífica importante.

**Zona D**

- Sobre pasa Radio: 1500 m aprox.
- Temperaturas : menores a 200 °C
- Observaciones : Propagación de incendios ,congestión vehicular y de curiosos, área de ayuda inmediata

**GLP2. FUENTE: ZETA GAS ANDINO S.A.**

ORIGEN: Tanques de GLP (Gas licuado de Petróleo) capacidad máxima 21 591 gal.

**Zona A**

- Radio: 270 m aprox.
- Temperatura Promedio: 1 250 °C aprox.
- Observaciones: Daños principales, bola de fuego, otras explosiones, calcinación total, fragmentos impulsados

**Zona B**

- Entre Radios: 270 y 810 m aprox.
- Temperatura promedio: 600 °C aprox.
- Observaciones: Incendios principales, gran onda expansiva, impacto importante de esquirlas, onda calorífica, lluvia de combustible y gran calcinación.

**Zona C**

- Entre Radios: 810 y 1620 m aprox.
- Temperatura promedio: 200 °C aprox.
- Observaciones: Lluvias de combustible origina nuevos incendios, algunas esquirlas impactan, onda calorífica importante.

**Zona D**

- Sobrepasa Radio: 1620 m aprox.
- Temperaturas : menores a 200 °C
- Observaciones : Propagación de incendios, congestión vehicular y de curiosos, área de ayuda inmediata

**GLP3. FUENTE: LIMA GAS S.A.**

ORIGEN: Tanques de GLP (Gas licuado de Petróleo) capacidad máxima 20 000 gal.

**Zona A**

- Radio: 250 m aprox.
- Temperatura Promedio: 1 200 °C aprox.
- Observaciones: Daños principales, bola de fuego, otras explosiones, calcinación total, fragmentos impulsados

**Zona B**

- Entre Radios: 250 y 750 m aprox.
- Temperatura promedio: 500 °C aprox.
- Observaciones: Incendios principales, gran onda expansiva, impacto importante de esquirlas, onda calorífica, lluvia de combustible y gran calcinación.

**Zona C**

- Entre Radios: 750 y 1500 m aprox.
- Temperatura promedio: 200 °C aprox.
- Observaciones: Lluvias de combustible origina nuevos incendios, algunas esquirlas impactan, onda calorífica importante.

**Zona D**

- Sobre pasa Radio: 1500 m aprox.
- Temperaturas: menores a 200 °C
- Observaciones: Propagación de incendios, congestión vehicular y de curiosos, área de ayuda inmediata

**GLP4. FUENTE: NORGAS S.R.L.**

ORIGEN: Tanques de GLP (Gas licuado de Petroleo) capacidad máxima 19 000 gal.

**Zona A**

- Radio: 240 m aprox.
- Temperatura Promedio: 1 200 °C aprox.
- Observaciones: Daños principales, bola de fuego, otras explosiones, calcinación total, fragmentos impulsados

**Zona B**

- Entre Radios: 240 y 720 m aprox.
- Temperatura promedio: 500 °C aprox.
- Observaciones: Incendios principales, gran onda expansiva, impacto importante de esquirlas, onda calorífica, lluvia de combustible y gran calcinación.

**Zona C**

- Entre Radios: 720 y 1440 m aprox.
- Temperatura promedio: 200 °C aprox.
- Observaciones: Lluvias de combustible origina nuevos incendios, algunas esquirlas impactan, onda calorífica importante.

**Zona D**

- Sobre pasa Radio: 1440 m aprox.
- Temperaturas: menores a 200 °C
- Observaciones: Propagación de incendios, congestión vehicular y de curiosos, área de ayuda inmediata

**Hoja para M-4.9**

**Hoja para M-4.10**



**Hoja para M-4.11**

## C.-CONTAMINACION AMBIENTAL

Las áreas urbanas del Mundo están en continuo crecimiento. La concentración de servicios, las facilidades de acceso a la información, educación y las mejores oportunidades de promoción social atraen a las ciudades una multitud de personas procedentes de zonas rurales (Oceano, 2000).

El hombre ha realizado desde su aparición actividades que han influenciado sobre bosques, el aire, el agua y el suelo. Ultimamente llamó mucho la atención por la contaminación de estos recursos, un tema que a todos debe de importarnos pues a todos nos afecta. (Ondarza, R. 1993).

El potencial de inundaciones se incrementa debido a la creciente tendencia a depositar desechos sólidos en los lechos de los ríos, lo que bloquea muchas de las veces los canales y conduce al peligro de inundaciones violentas y rápidas (Lavell, A. 1949).

Las actividades principales que realiza el hombre sobre el medio natural y los recursos que utiliza para su bienestar y desarrollo, dentro del área de estudio son: actividades agrícolas, pecuarias, agroindustriales y construcción entre otras. Estas actividades traen consigo la contaminación del ambiente, afectando la calidad de vida de los pobladores. Así mismo, la gran densidad de población de las ciudades, agudiza los problemas ocasionados por la contaminación.

Por lo tanto este proyecto se trazo como uno de sus objetivos determinar las amenazas antropogénicas o antrópicas, con la finalidad de evitar accidentes tecnológicos a nivel local que podrían ser dañinos para la salud y el medio ambiente.

### C:!) CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Se han realizado varios estudios respecto a la determinación y concentración cuantitativa de: NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Pb, PM<sub>10</sub> y Cu entre otros, que si bien es cierto no han pasado los máximos permisibles de la OMS, EPA y DIGESA; se pudo encontrar plomo en sangre de niños, el estudio fue realizado por la Dirección Regional de Salud en el año 1999, en Trujillo, Porvenir, Laredo, La Esperanza y Salaverry llegando a la conclusión que en Salaverry se registraron los niveles más altos de plomo en sangre, seguido del Porvenir y luego Trujillo.

Una de las causas de la contaminación del aire es el transporte público y privado, por la combustión incompleta de la gasolina, el petróleo, desprendiendo SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Pb y NO.

En la actualidad (hasta Enero de 2002), la Dirección regional de Transporte, Comunicación y Vivienda, determinó que hay un total de **831** unidades interprovinciales registradas que circulan dentro de las 24 horas del día. También se estimó que alrededor **2001** vehículos promedio por hora, se

encuentran en circulación al mismo tiempo en un momento dado por el Centro Histórico de Trujillo (Hernández, O. 2001).

Otra de las causas es el aumento excesivo de grifos y estaciones de servicio, que en la actualidad hasta el mes de Abril de 2002, llegan a un total de 78 registrados y existe un 30% de establecimientos que funcionan en forma irregular. Estas instalaciones desprenden gases de compuestos orgánicos volátiles (COV), que estarían contaminando el aire (Fig. 4.1).

La cercanía con que se encuentran estos establecimientos, es una de las preocupaciones de los pobladores que se quejan por las facilidades que se les ha dado para sus licencias y la forma como burlan otras las normas. Para la licencia de funcionamiento se requiere una serie de documentación, dentro de las cuales tienen que tener un Plan de Contingencias para enfrentar cualquier peligro natural o antropogénico, pero también es cierto, que falta fiscalización por parte de las autoridades responsables y ejecutar las normas.



**Figura 4.1 Grifo de la Panamericana Sur**

La fabricación de ladrillos (Figura 4.2.), es una de las actividades que aparte de empobrecer el suelo agrícola del valle Moche, utiliza petróleo, llantas viejas, aceite quemado, hulla, en la quema del ladrillo de arcilla, contaminando la atmósfera con gases como:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ , hidrocarburos y partículas; cubriendo muchos cultivos con hollín.

Los desechos sólidos del distrito de Trujillo y zonas aledañas no cuentan con un relleno sanitario, se tiene un botadero a campo abierto que a partir de las 6 p.m. empiezan quemar el papel impregnado en las latas para poder ser vendidas posteriormente (Fig.4.3), observe la gran cantidad de humo que desprenden estos actos.

Otra de las fuentes de contaminación atmosférica es el incinerador del cementerio que contamina con partículas, gases de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ .

La lista se puede ver incrementada con la actividad que realizan las pollerías y churrasquerías que se encuentran ubicadas por todo Trujillo y alrededores, usan briquetas de carbón para preparar sus diversos potajes, en lugares muy pequeños y no cumplen la normatividad por ejemplo sobre la longitud de sus chimeneas. Incluso se ha producido un accidente últimamente con 02 víctimas como resultado.

Las briqueteras de carbón de piedra (Fig.4.4.) es otra fuente de contaminación del aire, las familias que vive alrededor de estas empresas tienen sobre sus casas y rostros una capa fina de carbón.



**Figura 4.2** briquetera del Cerro Pesqueda



**Figura 4.3 Ladrillera de la Campiña de Moche**



**Figura 4.4. Quema de latas y llantas viejas en el “botadero El Milagro de Trujillo”.**

## C.2) CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Las aguas superficiales se ven contaminadas a nivel del tramo bajo en el valle Moche, con descargas de efluentes de industrias como la Molinera Inca, de la tenería “La Rivera”, fábricas metal-mecánicas, desechos sólidos y desmontes. Debemos mencionar que aguas arriba se contamina con los efluentes de las industrias mineras que arrojan sus efluentes generados en los procesos metalúrgicos.

Se tiene que dar importancia a los provenientes de la tenería o curtiembre, por la concentración de  $\text{Cr}^{+6}$  que tienen esos efluentes.

En Trujillo el curtido de los cueros es una de las industrias más importantes, pero que presentan problemas ambientales con sus efluentes, ya que son arrojados unos al río Moche y otros al desagüe municipal, impidiendo la efectividad de las pozas de oxidación al 100%. Trujillo segundo productor de cueros y pieles después de Lima, cuenta con 122 curtiembres formales, distribuidas de la siguiente manera: en el distrito de Trujillo 17%, en el Porvenir 25%, Florencia de Mora el 8%, La Esperanza el 47%, Laredo 1% y Moche el 2%. (López, 2002) (Fig.4.5).

Como puede verse en la Fig.4.6 los efluentes de la curtiembre “La Rivera” desembocan en las aguas del río Moche contaminando de esta manera el agua superficial, que por infiltración conllevan a contaminar el agua subterránea y que de una u otra manera ingresan a la cadena alimenticia, ocasionando efectos adversos en los seres humanos, animales o vegetales muchas de las veces irreversibles. También ocasiona que los suelos agrícolas se contaminen y queden inutilizados.



Figura 4.5 Curtiembre “La Rivera” ubicada en la Panamericana Sur





Figura 4.6 Efluentes de la curtiembre “La Rivera” desembocando en uno de los canales del río Moche, observe el color del efluente (más oscuro).

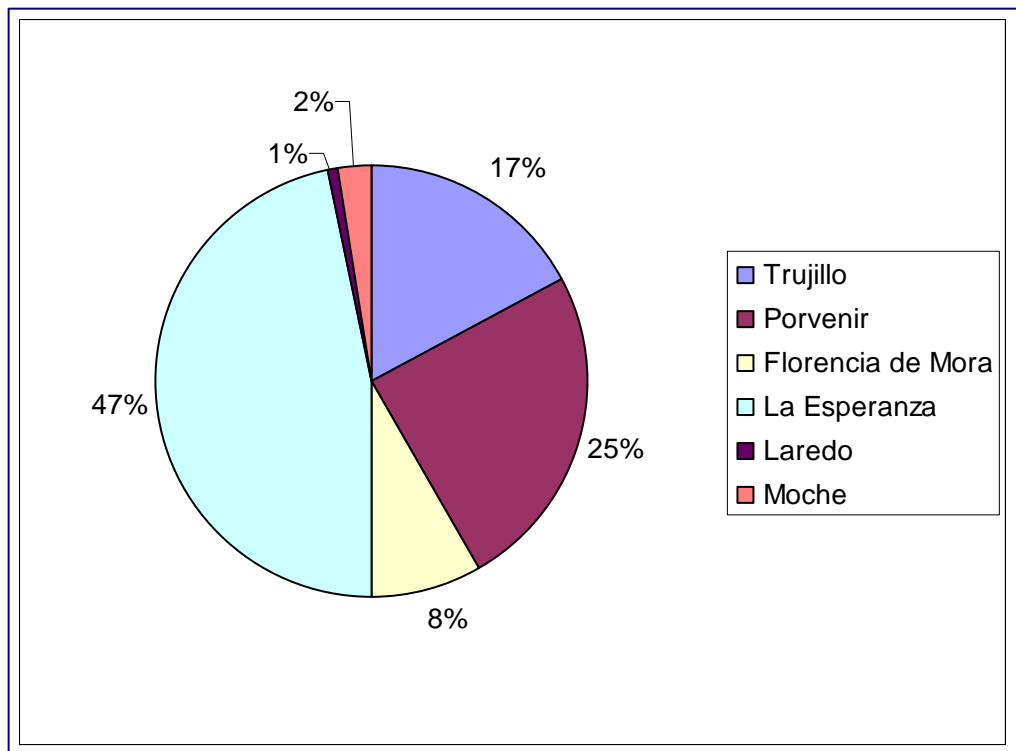


Figura 4.7 Distribución porcentual de las 122 curtiembres. 2002.

Venegas, 1998 realizó la caracterización de los efluentes finales de las curtiembres y respecto a los niveles de cromo  $^{+3}$  en las curtiembres de Trujillo y zonas aledañas, se encuentran por encima de los límites máximos permisibles (LMP), entre 1 905 ppm y 2 457 ppm siendo los LMP según las normas internacionales de descarga de efluentes de curtiembres en aguas superficiales, entre 1 y 5 ppm (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1995)

No se han realizado análisis respecto al  $Cr^{+6}$ , que como residuo de las industrias químicas, de cromado, cerámica, curtiembre etc. Puede contaminar las aguas, pudiendo pasar también a las aguas subterráneas. Es un agente cancerígeno de las vías respiratorias. El LMP es de 0,05 ppm (Instituto de Investigaciones Ecológicas, 2000).

El uso indiscriminado de los plaguicidas pone en riesgo la vida del hombre, animales y vegetales, debido a la contaminación de agua, aire y suelo, los cuales al entrar en la cadena alimenticia se bioacumulan, ocasionando en algunos años, diversos cánceres, numerosas mutaciones etc.

Los pesticidas y fertilizantes, son peligrosos por su mal manejo. Son pocos los estudios que se han realizado. Se determinó que es el Metamidofos uno de los insecticidas más usados en el valle Moche y que los agricultores hacen caso omiso de los “plazos de seguridad” que deben de tener ciertos insecticidas, cosechando antes que pase este tiempo. También se encontró que en el Sector Mochica hubo contaminación por el insecticida Monocrotofos, sobrepasando los LMP (0,5 ppm) según el Vademécum Agrario 95/96 (Cabrera, 1997).

Amaya, 1995 menciona que los cultivos que mayor número de plaguicidas utilizaron fueron: la fresa (32), el tomate (31), zapallo (30) y repollo (29) (Fig.4.8), ocasionando una mayor contaminación por insecticidas. También se está presentando problemas en la calidad del agua subterránea por la presencia de nitritos, que tiene su origen en los fertilizantes y que no existe un asesoramiento técnico en el campo sobre uso y manejo de los plaguicidas, lo cual trae consigo un desconocimiento sobre los riesgos que conllevan el uso indiscriminado de los plaguicidas, tanto para la salud como para el medio ambiente.

La actividad industrial que tenemos en el distrito de Trujillo, como la fábrica de cerveza Backus, las fábricas de gaseosas, curtiembres, grifos, estaciones de servicios etc. arrojan sus efluentes al desagüe municipal, ocasionando muchas de las veces atoros, por la alta concentración de materia orgánica de los camales y curtiembres; las fábricas de gaseosas y cerveza sus efluentes tienen concentraciones altas de fosfatos, todo esto no permite un buen rendimiento al 100% de las pozas de oxidación de Trujillo (Fig.4.9), Huanchaco, Salaverry como se tenía planeado en el proyecto antes de construir las, incluso algunas no funcionan por la napa freática alta. De esta manera los cultivos de vegetales como maíz, rabanito, caigua, cebolla etc. llegan a nuestra mesa contaminados. Los alimentos se ven contaminados también porque los agricultores irresponsablemente rompen las tuberías de desagüe y riegan directamente con



aguas negras plantas de tallo corto como: lechuga, cebolla, zanahoria etc. y plantas de tallo largo como: caña de azúcar. Esta agua tiene bacterias y protozoarios que muchas de las veces produce fiebre tifoidea, cólera, disentería, enteritis etc. (Cabrera, 1999).

Las aguas freáticas se ven contaminadas por residuos de plaguicidas, debido al escurrimiento agrícola y filtración hacia las capas freáticas. Algunas bacterias y la mayoría de contaminantes sólidos en suspensión son removidos o eliminados usando el agua superficial contaminada y se infiltra a través del suelo a los acuíferos.

### C.3) CONTAMINACION DEL SUELO

El suelo ha sido desde siempre el vertedero por excelencia, de una buena parte de los residuos originados por el hombre, dada su fácil accesibilidad. El suelo se contamina por depositar dos tipos de agentes: los desechos sólidos y los residuos peligrosos.

Los desechos de una población pueden ser gases, líquidos y sólidos. Los desechos gaseosos se liberan a la atmósfera, los líquidos y algunos sólidos discurren hacia las aguas residuales y la mayor parte de desechos sólidos, tanto industrial como doméstico es uno de los problemas serios que enfrenta la sociedad, para desplazarlos de un lado a otro para poder eliminarlos.

Los riesgos por el manejo inadecuado de los desechos sólidos urbanos y hospitalarios, pueden ser directos con las personas: segregadores y recolectores de la “basura” e indirectos, porque afecta la salud de la población originando la proliferación de vectores de enfermedades, tales como insectos y roedores, que encuentran en la basura su alimento y las condiciones adecuadas para su reproducción. Además la basura actualmente lo están usando como alimento de cerdos y aves, práctica por supuesto no recomendada como disposición final, porque se corre el riesgo de deteriorar la salud pública, ya que el consumo de cerdos alimentados con basura causan enfermedades, como la cisticercosis y la triquinosis etc.



Figura 4.8 Pozas de oxidación de Covicorte del distrito de Trujillo.

Lo único que tenemos es un botadero llamado “relleno sanitario El Milagro”, el cual concentra los residuos sólidos de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas. Está ubicado en el centro poblado menor “El Milagro” al Noreste de la ciudad de Trujillo, a la altura del kilómetro 571 de la Panamericana Norte, con un trecho perpendicular hacia el Este 2 Km. Este relleno concentra los residuos sólidos generados por la ciudad de Trujillo y alrededores. Entre estos residuos tenemos a; los residuos domiciliarios, de mercados, de parques, de industrias, y de hospitales (Cabrera, 2000).

**Basura doméstica:** provenientes de todas las viviendas y normalmente se recolecta residuos de materia orgánica y desperdicios como, tierra, vidrios, latas, papel, cajas, fierros, etc.

**Basura industrial,** proveniente del proceso de transformación de la materia prima y sus productos.

**Basuras hospitalarias (Fig.4.10),** se caracterizan por su alto riesgo a la salud de la población que requiere un tratamiento en especial: como; fetos, restos de operaciones quirúrgicas, agujas, medicinas pasadas etc. Estos residuos se clasifican según categorías: los residuos biocontaminados, son aquellos de potencial riesgoso para la persona que entre en contacto con ellos; los residuos especiales, son aquellos residuos con características de potencial peligroso por ser corrosivos, inflamables, tóxicos, explosivos, reactivos y radioactivos y los residuos comunes, residuos domésticos generados por el personal administrativo.



**Figura 4.10 Basura de Hospitales**



**Figura 4.11:** La familia se sienta a descansar y se prepara para tomar sus alimentos. Muchos trabajadores son de la sierra, que vinieron en busca de una oportunidad de trabajo y esto es lo que encuentra.



**Figura 4.12:** Después de las 6p.m. aparecen los chanchos en busca de alimento. Días después aparecerán en diferentes centros de abastos de Trujillo.

Basuras de mercados y centros comerciales; así como de parques y jardines. Su composición es variable desde comida para el caso de los restaurantes, como hojarasca, pasto de los parques o jardines y desmontes provenientes de trabajos de demolición o de construcción civil. Ver Fig.4.11 y 4.12.

Cerca de 28 carros recolectores llegan todos los días desde diferentes lugares como; de Trujillo 15, de La Esperanza 06, de Víctor Larco 04, de Florencia de Mora 02, de El Porvenir 01, de curtiembres, granjas y fábricas. Los distritos Huanchaco, Laredo, Moche y Salaverry llevan su basura al botadero que está al pie del cerro La Rinconada. Estos vehículos tienen una capacidad entre 4 y 5 toneladas. Algunos carros hacen doble vuelta (Cabrera, 2000).

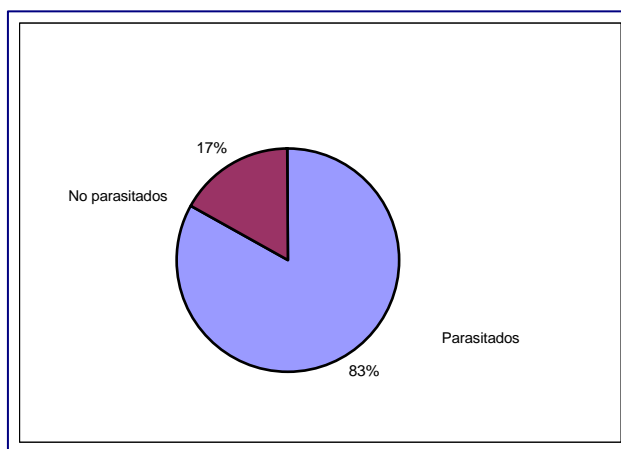
Trujillo tiene actualmente alrededor de 600,000 habitantes, los cuales generan cerca de 0,320 kg/hab/día (Dirección Técnica de Salud Ambiental y Ministerio de Salud, 1989), haciendo un total de 226 toneladas diarias, de las cuales 13 toneladas son residuos tóxicos y 100 m<sup>3</sup> de desmontes. Actualmente existe una cobertura del 95% (Rojas y Solís, 1999).

En el botadero “El Milagro” tenemos una población de alrededor de 200 familias expuestas a sustancias peligrosas por estar en contacto directo con los desechos.

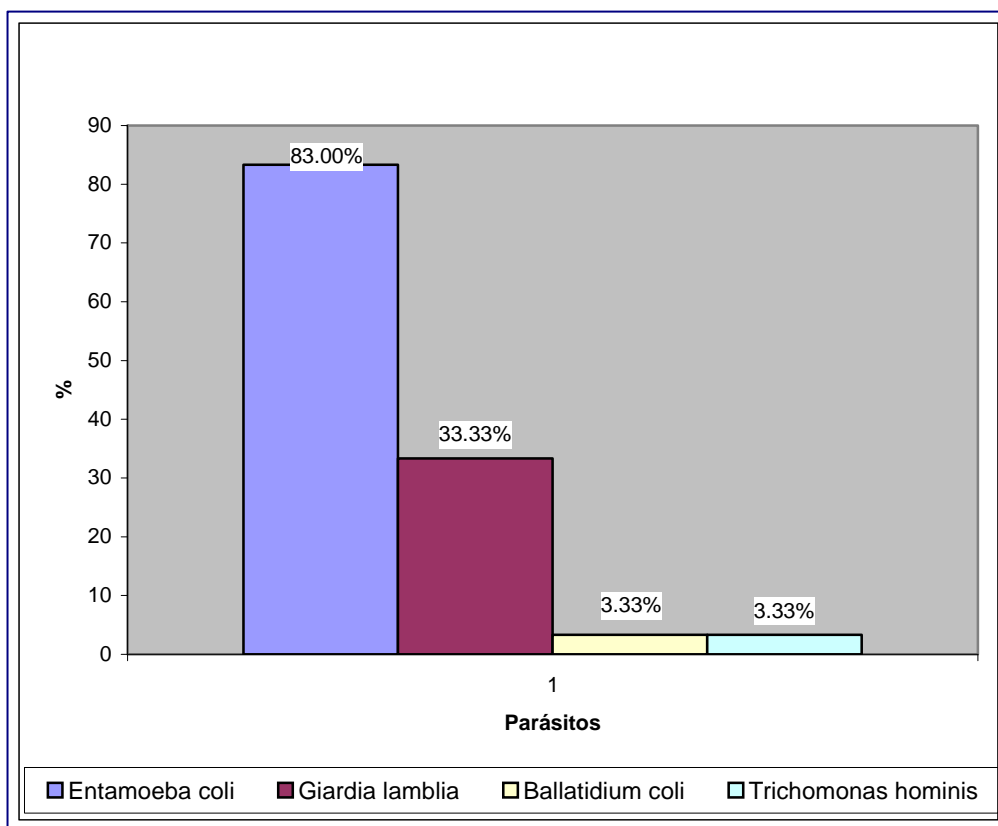
Esta población tiene un alto índice de infecciones parasitarias como: *Entamoeba coli* 83.3%, *Giardia lamblia* un 33.3%, *Ballatidium coli* 3.33% y *Trichomonas humanis* 3.33%. se encontró también asociaciones como de *Entamoeba coli* y *Giardia lamblia*; *Entamoeba coli* y *Trichomonas hominis* (Fig.4.13 y 4.14).

La población trabajadora del relleno sanitario “El Milagro” se encuentra en un ambiente favorable para la presencia de estas enfermedades y las condiciones socioeconómicas de esta población favorecen la transmisión de las parasitosis intestinales y otras enfermedades.

Debemos de mencionar también que está dentro del Proyecto de Chavimochic III que el canal estaría pasando por la parte de atrás del cal, lo que sería un peligro si el tramo del canal, frente a desastre natural (terremoto) se rompería.



**Figura 4.13. Porcentajes de Parásitos Intestinales presentes en trabajadores del relleno “El Milagro” .Trujillo 2000.**



**Figura 4.14. Porcentajes de Parásitos Intestinales presentes en trabajadores del relleno “El Milagro” .Trujillo 2000.**

#### 4.4. EPIDEMIOLOGIA DE LAS ENFERMEDADES TRANSMISIBLES

Las enfermedades transmisibles que se presentan endémicamente en la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, y que involucran peligro y riesgo de transmisión, son: las diarreas agudas incluyendo las acuosas y disentéricas, el cólera, la fiebre tifoidea, las parasitosis intestinales, las infecciones respiratorias agudas, la tuberculosis, el tétanos, la tos ferina, el sarampión, la parálisis flácida aguda, la rubéola, la malaria y el dengue; las cuales corresponden a aquellas que representan un riesgo de propagación ante la ocurrencia de un fenómeno natural, si no se aplican las medidas de prevención o de mitigación adecuadas. Estas enfermedades podrían afectar con diferente intensidad la salud y la vida de la población, dependiendo de su nivel de preparación y protección para enfrentar un desastre, sea natural o antropogénico, y de ellas, las que constituyen mayor peligro en las zonas de estudio incluyen principalmente a las enfermedades entéricas las cuales son transmitidas por contaminación fecal y aquellas transmitidas por vectores, las cuales podrían propagarse rápidamente si se presentan las condiciones ambientales favorables para la proliferación de los vectores específicos.

Las enfermedades transmisibles de riesgo en las zonas de estudio, se encuentran entre las principales enfermedades que se deben vigilar en situación de desastre, y en particular, en los albergues temporales y campamentos. Se ha descrito que en los refugios provisionales, se deben vigilar: las enfermedades diarreicas, cuyas causas principales son el hacinamiento, la contaminación del agua y de los alimentos; las enfermedades respiratorias debidas a vivienda insatisfactoria, escasez de mantas y de ropa; la tuberculosis, favorecida por el hacinamiento y la desnutrición; el sarampión, por el hacinamiento; la meningitis meningocócica, por el hacinamiento; el tétanos, transmitido por heridas en la población no vacunada, una intervención obstétrica mal practicada puede causar tétanos neonatal; las parasitosis intestinales, por hacinamiento y saneamiento deficiente; el paludismo y el dengue, debido a cambios ambientales que pueden generar criaderos de los zancudos vectores; la sarna, por hacinamiento y falta de higiene personal (OPS, 1989; Seaman *et al*, 1989; Western, 1982).

Según los indicadores de morbilidad presentados en años recientes en los distritos aledaños del distrito Trujillo, cada enfermedad transmisible presenta un nivel de riesgo variable según su etiología y el área geográfica, y puede ser alto, mediano o bajo, o sin riesgo. El nivel de riesgo y la vulnerabilidad de la población varía incluso dentro de los diferentes distritos, por estar asociado a diversos factores como son, al saneamiento ambiental, el hacinamiento, el nivel de pobreza, el estado nutricional, la conducta higiénica y los hábitos de la población. Ante un fenómeno natural estos niveles de riesgo podrían maximizarse y generalizarse a las diversas áreas si no se actúa adecuada y oportunamente. El estudio realizado mostró que la población de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas es vulnerable a las diversas enfermedades transmisibles existentes, y su susceptibilidad a ellas podría aumentar frente a los desastres naturales. A continuación se analizan aspectos epidemiológicos de las enfermedades transmisibles de peligro en el ámbito del estudio.

#### **4.4.1. Enfermedades entéricas**

Las enfermedades transmisibles entéricas endémicas en las zonas de estudio y de peligro para la salud, corresponden a las enfermedades diarreicas agudas (EDAs), el cólera, la fiebre tifoidea y las parasitosis intestinales, cuyas frecuencias varían según las áreas y las estaciones del año o las condiciones climáticas. En 1998, durante la época del fenómeno “El Niño”, las enfermedades diarreicas y los casos de cólera incrementaron considerablemente; el nuevo brote de cólera afectó las principales provincias de la costa peruana y entre éstas, Trujillo (DIRES LL, 2000<sup>a</sup>). En la transmisión de las enfermedades entéricas pueden influir los desplazamientos poblacionales, así como la interrupción y contaminación del abastecimiento de agua y de los servicios de saneamiento, con el riesgo de mayor exposición a los agentes infecciosos. Como estas enfermedades se transmiten debido a contaminación fecal y mediante la vía oral, existe riesgo de adquirirlas si ocurriese contaminación fecal del agua, de los alimentos o del

ambiente en que habita la población, a lo cual se podría adicionar el aumento de moscas, cucarachas y roedores por acumulación de basura, los cuales suelen ser vectores mecánicos de los agentes causales de enfermedades entéricas.

La enfermedad diarreica está entre las tres primeras causas de morbilidad y mortalidad en niños menores de un año en el Perú, y afecta mayormente a los menores de cinco de años. Esta enfermedad se caracteriza por la evacuación de heces sueltas en número de tres o más en 24 horas, denominándose diarrea aguda cuando el episodio tienen una duración menor de 14 días y diarrea persistente cuando la duración es igual o mayor a 14 días (MINSa, 1996). Los gérmenes más frecuentes que pueden causarla son: los rotavirus, las bacterias *Escherichia coli* enterotoxigénica, *E. coli* enteropatógena, *Vibrio cholerae*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella* sp., y los protozoarios *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* sp., *Entamoeba histolytica* (UNISAP, 1995 MINSa, 1996). La frecuencia de las diarreas suele aumentar en época de verano, y está asociada a factores socio-económicos, a las condiciones de saneamiento, al uso de agua segura, a la conducta higiénica y los hábitos alimenticios de la población, e incluso al incremento de la venta ambulatória de alimentos sin un control sanitario. En la vigilancia nacional de las enfermedades diarreicas se consideran las enfermedades diarreicas agudas (acuosas y disentericas) y el cólera por separado.

Las **enfermedades diarreicas agudas** se presentan continuamente en la población de las zonas de estudio y mayormente, en las áreas urbano-marginales. Los números de casos notificados y las tasas de incidencia de estas enfermedades en los distritos de la provincia Trujillo suelen ser elevados, como lo registrado desde el 2000 hasta la semana epidemiológica (SE) 27 del 2002 (Fig. 4.15). En el ámbito de estudio, según la estratificación del riesgo de transmisión establecida en base a la tasa de incidencia de EDAs (DIRES LL, 2001), los distritos Florencia de Mora, Trujillo y Moche presentan muy alto riesgo de transmisión, y los restantes, alto riesgo; como se expresa en el mapa de peligro elaborado (M-3.6.1), siendo de alto peligro para la salud de la población.

Las inspecciones realizadas a las zonas de estudio, mostraron la existencia de diversos factores de riesgo de transmisión de enfermedades entéricas, los cuales podrían maximizarse si no se adoptan medidas correctivas apropiadas. La población de las áreas urbano-marginales o de expansión estaría más expuesta a adquirir estas enfermedades; las informaciones en los centros de salud y de los pobladores del lugar expresaron una alta frecuencia de éstas. Los niños acostumbran jugar en el suelo, muchos pobladores carecen de letrinas sanitarias y defecan a campo abierto o aún teniéndolas eliminan excretas sobre el suelo, se usa agua almacenada en reservorios y de



seguridad dudosa, las condiciones ambientales e higiénicas son deficientes, las viviendas son inadecuadas, existe hacinamiento (Figuras 4.16, 4.17 y 4.18). Además, con alto riesgo de generar un desastre severo se tienen las lagunas de sedimentación ubicadas en el sector Valdivia Alta del distrito La Esperanza (Fig. 4.19) y El Tablazo del distrito Huanchaco (Fig. 4.20); las cuales podrían ser fuente de epidemia explosiva de enfermedades transmisibles entéricas si ocurriese desborde o ruptura de éstas, debido a su deficiencia, a un sismo, o inundación, peor aún considerando que a escasos metros de ellas existen viviendas y cultivos que son regados con el agua residual que éstas reciben.

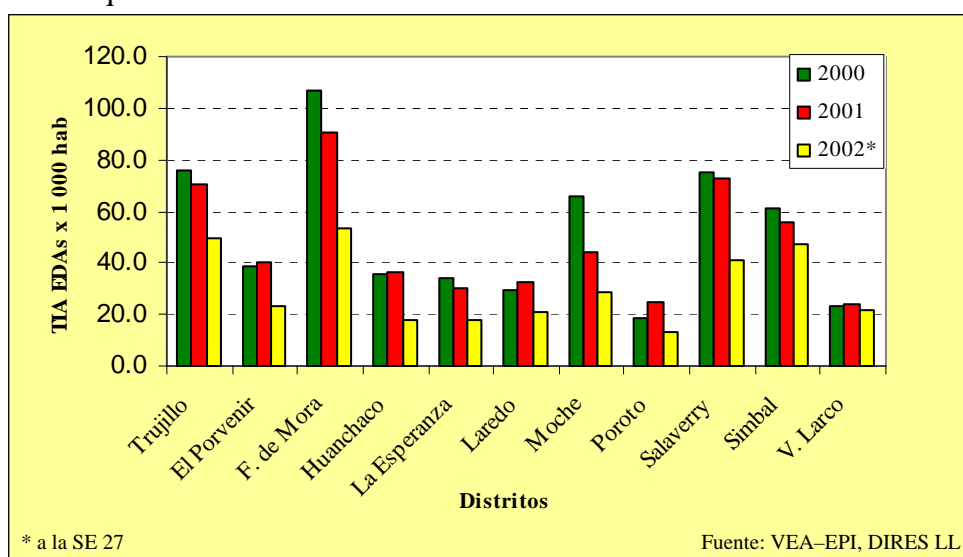


Figura 4.15. Incidencia de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) según distritos de Trujillo, en años 2000 a 2002.



Figura 4.16. Viviendas en el sector Alto Trujillo del distrito El Porvenir; se muestra reservorio de agua (a) y letrina sanitaria (b) en condiciones deficientes.





**Figura 4.17.** Panorama de las viviendas del sector Alto Trujillo del distrito El Porvenir; en primer plano se tiene área de recreación, de un centro educativo.



**Figura 4.18.** Viviendas reconstruidas en el sector Mampuesto del distrito El Porvenir; en área que fue inundada debido al desborde de la quebrada San Ildefonso, en 1998.



**Figura 4.19.** Lagunas de sedimentación del sector Valdivia Alta del distrito La Esperanza con taludes deteriorados; a escasos metros de éstas se encuentran viviendas y cultivos.



**Figura 4.20.** Lagunas de sedimentación del sector El Tablazo del distrito Huanchaco, con taludes sin revestimiento y gran deterioro; cerca a éstas se encuentran cultivos y viviendas, como las del poblado Nuevo Paraíso (al fondo).

El **cólera** es la enfermedad diarreica aguda más severa que se conoce, es causada por *V. cholerae* y rápidamente podría generar una epidemia. Esta enfermedad aparece en el Perú en enero de 1991, asolando casi simultáneamente zonas de Chancay, Chimbote, Piura y Callao, y luego se diseminó a casi todos los departamentos (Vargas, 1992). En la ciudad de Trujillo, el cólera apareció en la semana 5 de aquel año, y fue muy significativa en el área de Víctor Larco; se difundió explosivamente y causó alta morbilidad y mortalidad. Posteriormente, la incidencia fue descendiendo hasta 1997; aunque, en la SE 47 de este año empezó un brote de cólera con casos aislados en la provincia de Virú y de aquí se extendió a Trujillo, donde en la semana 53 se registró un nuevo brote colérico, con 29 casos reportados por el HRDT (DIRES LL, 1998), siendo el inicio de un aumento considerable de casos de cólera hasta las 20 primeras semanas de 1998, debido a una potenciación de los factores causales durante el fenómeno El Niño, y a partir del segundo semestre los casos descendieron hasta alcanzar cifras parecidas a las registradas en 1997 (DIRES LL, 2000<sup>a</sup>).

En 1999, en la provincia de Trujillo se tuvieron pocos casos de cólera, los cuales fueron mayormente sospechosos, sólo se informaron tres casos confirmados; dos en Trujillo y uno en Laredo (DIRES LL, 2000<sup>b</sup>), desde entonces hasta la SE 26 del 2002 se han notificado sólo casos sospechosos de cólera los cuales han sido descartados por el laboratorio (DIRES LL-MINSA, 2002). Aunque desde el 2000 a la fecha, en los distritos de Trujillo sólo se han tenido casos sospechosos de cólera con tasas de incidencia acumulada bajas (Fig. 4.21), sugieren el peligro potencial de esta enfermedad, más aún considerando sus antecedentes de ocurrencia en el ámbito de estudio. Según las notificaciones desde 1999 hasta la SE 26 del 2002, el peligro de cólera sería bajo (M-3.6.2); sin embargo, rápidamente podría elevarse ante factores de riesgo favorables, siendo los más significativos el consumo de agua no tratada y de alimentos sanitariamente deficientes (Mujica *et al*, 1995), además de los descritos para las enfermedades diarreicas en general. El hallazgo de *V. cholerae* en el 1% de mil hortalizas obtenidas en dos mercados de la ciudad de Trujillo (Chávez *et al*, 2001), muestra una de las fuentes de riesgo de infección. Siendo necesario estar preparado para intervenir ante un rebrote epidémico. En situación de desastre, el cólera podría propagarse rápidamente, debido al carácter explosivo de su diseminación, y en especial en los refugios provisionales (OPS, 1989). Es importante añadir que los casos de cólera tienen un comportamiento estacional y aumentan con el incremento de calor en época de verano (Fig. 4.22), al igual que las EDAs.

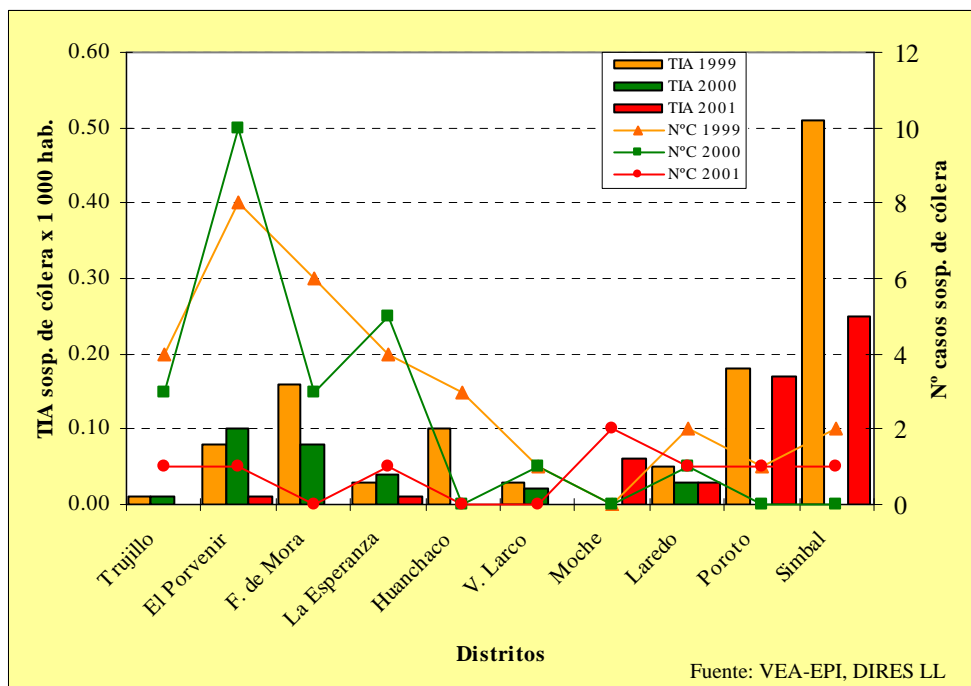


Figura 4.21. Incidencia y casos sospechosos de cólera según distritos de Trujillo, en años 1999 a 2001.

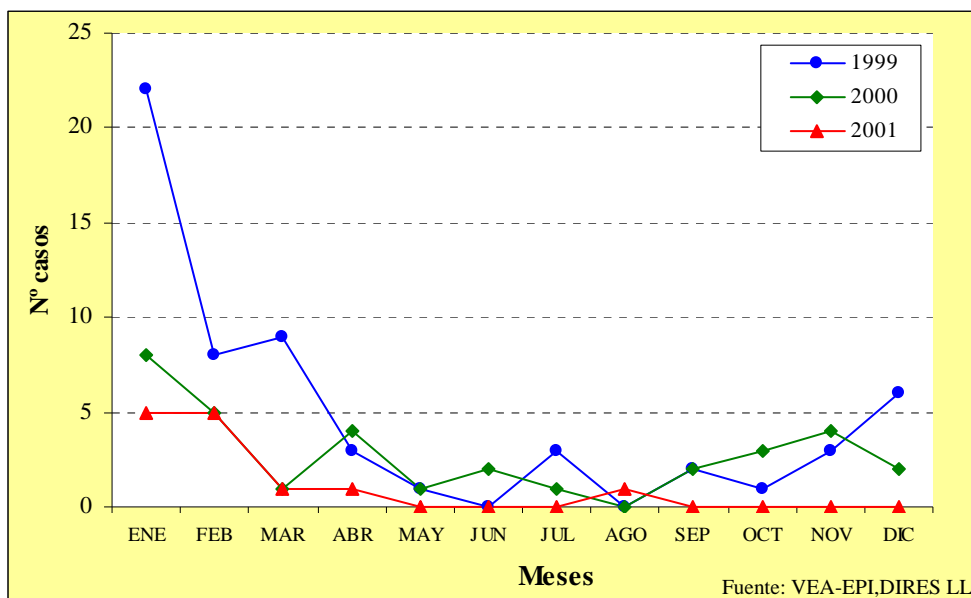


Figura 4.22. Casos sospechosos de cólera en La Libertad, según meses y años 1999 a 2001.

La **fiebre tifoidea** es causada por *Salmonella typhi* y es una enfermedad que también se presenta en las zonas de estudio; lamentablemente, debido a los costos, su diagnóstico etiológico específico no es común, por lo que no se tiene sus frecuencias reales, siendo aparentemente escasas. La ocurrencia de esta enfermedad en la población, es mostrada por algunos diagnósticos específicos realizados en laboratorios clínicos privados, y estatales (Castillo, 2002, Saavedra, 2002). Las bacterias causales de la tifoidea pueden ser transportadas por agua contaminada y podrían propagarse en caso de inundaciones o roturas de redes de agua; aunque, el riesgo posiblemente es bajo por la enorme dilución en las fuentes contaminantes, causadas por el gran volumen del derrame de agua. Además, el riesgo de brotes de tifoidea debido a esta contaminación sería pequeño, porque las salmonelas no se multiplican en el agua, y porque a veces las personas se abstienen de beber agua visiblemente contaminada o aquella, que podría estarlo, y prefieren procurarse abastos más seguros de dicho líquido (Seaman *et al*, 1989); el riesgo de infección estaría relacionado a la carga bacteriana en el agua contaminada. Sin embargo, el peligro existe y se debe estar preparado para enfrentarlo.

Las **parasitosis intestinales**, causadas por protozoarios y por helmintos, también son muy frecuentes en la población de las zonas de estudio y mayormente de las áreas urbano-marginales, como lo muestran algunos estudios específicos realizados en diversas zonas de Trujillo y alrededores. En el 2001, se encontró que el 45,1% de 51 niños menores de cinco años de edad con enfermedad diarreica aguda, del sector Alto Trujillo del distrito El Porvenir, presentaron parásitos intestinales y los parásitos patógenos hallados fueron *Blastocystis hominis* (31,4%), *Cryptosporidium* sp. (1,9%), *G. lamblia* (23,5%) e *Hymenolepis nana* (5,9%) (Murga, 2001). Estos protozoarios parásitos son los que comúnmente están causando infecciones intestinales en la población y a ellos se añaden los helmintos *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Enterobius vermicularis* entre los más frecuentes (Castillo, 2002). Los factores de riesgo que comúnmente están asociados a las parasitosis intestinales son muy similares a aquellos que favorecen las enfermedades infecciosas entéricas, como son: el consumo de agua no segura, la práctica de medidas higiénicas inadecuadas, el saneamiento ambiental inadecuado; la eliminación de excretas en el suelo; los hábitos y migraciones de la población. En situación de desastre natural estos factores podrían agravarse y el riesgo de infección puede aumentar.

#### 4.4.2. Infecciones respiratorias agudas

Las **infecciones respiratorias agudas** (IRAs) comprenden las no neumonías y las neumonías; estas últimas incluyen, la neumonía, la neumonía grave y la enfermedad muy grave (DIRES LL, 1998), y, los agentes causales más comunes son: el virus de la parinfluenza, el virus

respiratorio sincitial, el adenovirus y en un 85% las bacterias *Streptococcus* y *Haemophylus* (IPSS, 1998). En el Perú, las IRAs constituyen la primera causa de morbilidad, y en especial las neumonías son la segunda causa de mortalidad infantil (DIRES LL, 2000<sup>b</sup>). En el departamento La Libertad, éstas ocupan el primer lugar como causa de mortalidad en los grupos de edad más joven y el tercero, en los de mayor edad, siendo alta la morbilidad en estos grupos poblacionales, y, en la provincia de Trujillo, también constituyen la principal enfermedad de consulta en los establecimientos de salud (DIRES LL-MINSA, 2001<sup>a</sup>). La frecuencia de las IRAs tiene un comportamiento cíclico, variando según las estaciones climatológicas; los casos comúnmente aumentan en épocas de invierno y de otoño (DIRES LL, 2000<sup>b</sup>).

Las tasas de incidencia acumulada de IRAs en los menores de cinco años de los distritos de la provincia de Trujillo son altas, como lo expresan aquellas desde el 2000 hasta la SE 27 del 2002 (Fig. 4.23); las cuales sugieren un alto riesgo de transmisión (M-3.6.3), y un alto peligro para la salud y la vida de la población, en particular en las áreas urbano-marginales. En caso de desastre los factores que favorecen la IRA suelen potenciarse, como son: la exposición al frío y la humedad, el hacinamiento, la contaminación ambiental y la desnutrición (Rozas, 2000), esto fue mostrado con el incremento de la prevalencia de las IRAs durante la época del fenómeno El Niño en el Perú, en 1998. En situación de desastres y en particular en refugios provisionales, estos problemas de salud deben ser vigilados; la ocurrencia de IRA puede ser favorecida por la vivienda insatisfactoria, la escasez de mantas y de ropa (OPS, 1989; Seaman *et al*, 1989).

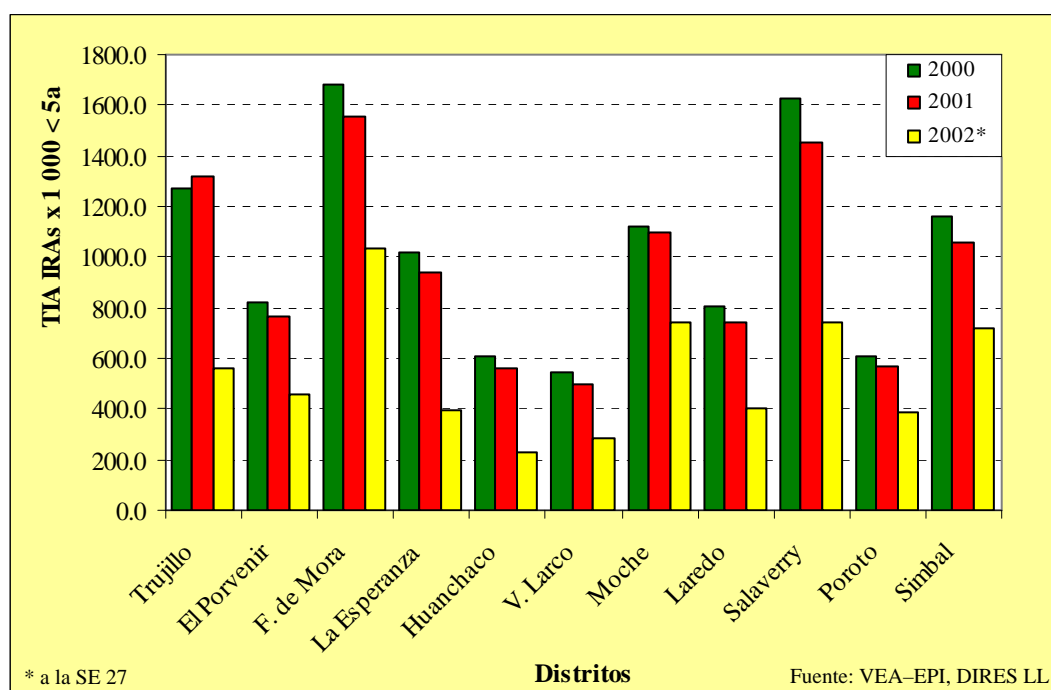


Figura 4.23. Incidencia de enfermedades respiratorias agudas (IRAs) en menores de 5 años, según distritos de Trujillo, en años 2000 a 2002.

### 4.4.3. Tuberculosis

La **tuberculosis** es causada por el bacilo *Mycobacterium tuberculosis* y se transmite principalmente por las gotitas suspendidas en el aire y procedentes del esputo de las personas enfermas, las que llegan a las vías aéreas; la exposición prolongada y cercana a un caso activo puede infectar a los contactos. Esta enfermedad se presenta con alta frecuencia en la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, como lo muestran sus incidencias en los tres últimos años y en el primer semestre del 2002 en los distritos de la provincia de Trujillo (Fig. 4.24). Según las tasas de incidencia acumulada anual de tuberculosis, todas las zonas de estudio presentan alto riesgo de transmisión (TIA: > 1,1/1000 hab.) y mayormente Florencia de Mora (M-3.6.4). La tuberculosis está incrementándose en los países desarrollados y en aquellos en vías de desarrollo, y es la principal causa de muerte de origen infeccioso en todo el mundo (MINSA, 2001). Aunque esta enfermedad es de tipo crónico, en situación de desastre la infección podría ser favorecida y podría aumentar el riesgo de enfermar, debido al hacinamiento como consecuencia de las reubicaciones o los desplazamientos poblacionales, más aún si se asocia con un mal estado nutricional existente endémicamente, y que podría agravarse en poblaciones damnificadas por limitaciones alimenticias e incluso por interrupción de los programas antituberculosos en la población ambulatoria. Esta enfermedad se encuentra entre las más importantes que afectan a las personas en los albergues temporales y campamentos (Western, 1982; Seaman, *et al*, 1989; OPS, 1989).

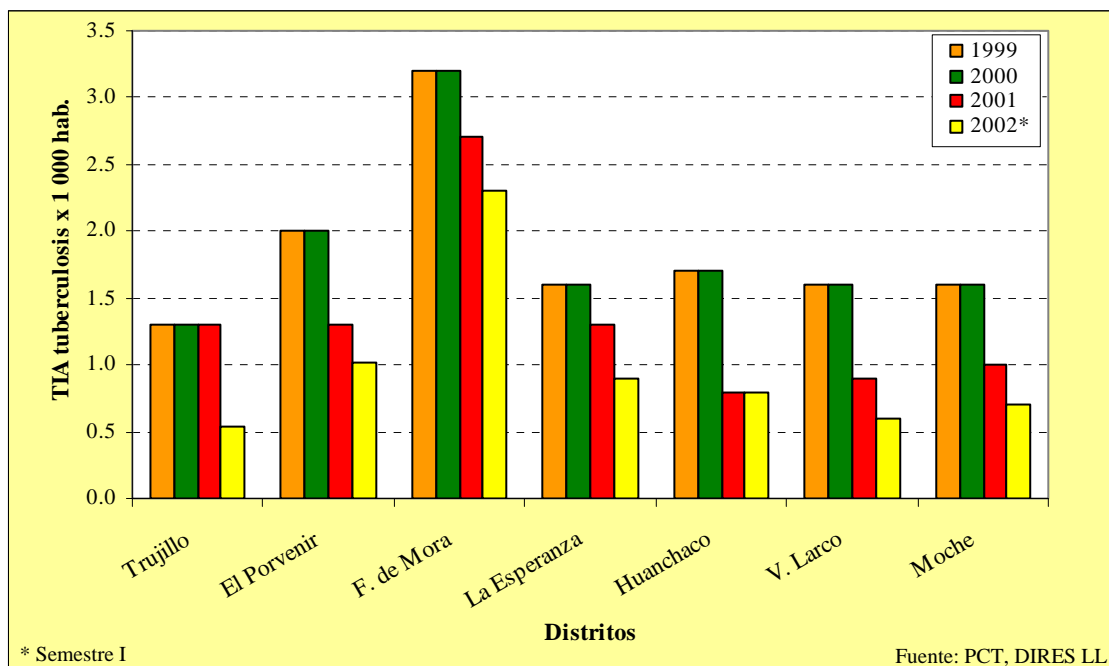


Figura 4.24. Incidencia de tuberculosis según distritos de Trujillo, en años 1999 a 2002.

#### 4.4.4. Enfermedades inmunoprevenibles

Las enfermedades inmunoprevenibles de peligro potencial en la población de Trujillo y zonas aledañas son: el tétanos, la tos ferina, el sarampión, la parálisis flácida aguda y la rubéola; de éstas, las tres primeras están incluidas en el Programa Nacional de Inmunizaciones. Estas enfermedades, en los últimos años se presentan con una incidencia baja, como lo registrado en el año anterior a éste (Tabla 4.7). La interrupción de los programas de vacunación afectaría perjudicialmente la salud y probablemente la vida de la población, en especial de los niños. Como consecuencia de desastres, en particular en países en desarrollo, la interrupción de ciertos servicios básicos de salud pública, como son los de vacunación podría aumentar la probabilidad de transmisión de enfermedades (Western, 1982).

Tabla 4.7. Incidencia acumulada y casos de enfermedades inmunoprevenibles en distritos de la provincia Trujillo, en el 2001.

| Enferm.<br>Distritos | Incidencia acumulada x 1 000 hab. y N° de casos |                  |            |           |                          |           |
|----------------------|---|------------------|------------|-----------|--------------------------|-----------|
|                      | Tétanos no neonatal                             | Tétanos neonatal | Tos ferina | Sarampión | Parálisis flácida aguda* | Rubéola   |
| Trujillo             | 0,003 (1)                                       | 0                | 0,01 (2)   | 0         | 0,02 (2)                 | 0,33 (97) |
| El Porvenir          | 0   | 0                | 0          | 0         | 0                        | 0,07 ( 8) |
| F. de Mora           | 0   | 0                | 0          | 0         | 0                        | 0,46 (18) |
| La Esperanza         | 0   | 0                | 0          | 0         | 0,02 (1)                 | 0,11 (14) |
| Huanchaco            | 0   | 0                | 0          | 0         | 0,10 (1)                 | 0,39 (12) |
| V. Larco             | 0   | 0                | 0,02 (1)   | 0         | 0                        | 0,19 (11) |
| Moche                | 0,03 (1)  | 0                | 0,03 (1)   | 0         | 0                        | 0,16 ( 5) |
| Laredo               | 0,02 (1)  | 0                | 0,05 (2)   | 0         | 0                        | 0,10 ( 4) |
| Salaverry            | 0   | 0                | 0          | 0         | 0                        | 0,10 ( 1) |

\* en < 15 años

Fuente: VEA-EPI, DIRES

LL

El **tétano** es una enfermedad aguda causada por *Clostridium tetani*, el cual ingresa al cuerpo a través de una herida incluso insignificante, generalmente ocasionada por un instrumento punzante o cortante contaminado con tierra, heces de animales o humanos, y también, por laceraciones y quemaduras (OPS, 1983). El tétanos neonatal es el más grave y ocurre por infección del ombligo durante su corte o por tratamiento con agentes contaminados. La población no vacunada es la más vulnerable a ser afectada por esta enfermedad y peor aún si habita en zonas con antecedentes de tétanos. En la ciudad de Trujillo y zonas aledañas los casos de tétanos son escasos, como ha sido registrado desde 1997 a la fecha (Tabla 4.8), y serían zonas geográficas de “bajo riesgo”, en particular para el tétanos neonatal, por presentar una incidencia < 1/1 000 nacidos vivos (OPS, 2000<sup>a</sup>); sin embargo, un sólo caso en un área definida indica peligro de esta enfermedad.



**Tabla 4.8. Casos de tétanos no neonatal y neonatal en distritos de Trujillo, 1997-2002.**

| Años<br>Distritos              | N° casos |      |      |      |      |       |
|--------------------------------|----------|------|------|------|------|-------|
|                                | 1997     | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002* |
| <b>Con tétanos no neonatal</b> |          |      |      |      |      |       |
| Trujillo                       |          |      |      |      | 1    |       |
| El Porvenir                    |          | 2    |      |      |      |       |
| La Esperanza                   | 1        |      | 1    |      |      |       |
| Moche                          |          | 1    | 1    |      | 1    |       |
| Laredo                         |          |      |      |      | 1    |       |
| <b>Con tétanos neonatal</b>    |          |      |      |      |      |       |
| El Porvenir                    | 1        |      |      |      |      |       |
| La Esperanza                   |          | 1    |      |      |      |       |
| Huanchaco                      |          |      |      | 1    |      |       |

\* a la S.E. 27.

Fuente: VEA-EPI, DIRES LL

LL

La **tos ferina** (pertusis) es una enfermedad aguda causada por la bacteria *Bordetella pertussis*, y afecta el árbol traqueo-bronquial, su reservorio es el hombre y se transmite por contacto directo con las secreciones de la mucosa de las vías respiratorias de las personas infectadas, probablemente por las gotitas que se diseminan (OPS, 1983). La susceptibilidad es general; la vacuna antipertúsica no confiere inmunidad completa y permanente, y, comúnmente, se aplica junto con los toxoides diftérico y tetánico en forma de vacuna triple denominada DPT. En la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, los casos de tos ferina son pocos, aunque hubo un incremento de ellos reportándose brotes epidémicos en los años 1999 y 2000 (DIRES LL, 2001<sup>a</sup>), y, desde el 2001, los casos nuevamente disminuyeron (Tabla 4.9); estos antecedentes sugieren peligro y riesgo transmisión de esta enfermedad. En los albergues temporales, y comúnmente, por aumento de la densidad poblacional, la tos ferina y el sarampión, entre otras enfermedades contagiosas, son las que más afectan, principalmente a los menores de cinco años, quienes pueden sufrir alta mortalidad (Seaman *et al*, 1989).

**Tabla 4.9. Casos de tos ferina en los distritos de Trujillo, 2000 - 2002.**

| Años<br>Distritos | N° casos |      |       |
|-------------------|----------|------|-------|
|                   | 2000     | 2001 | 2002* |
| Trujillo          | 18       | 2    | 1     |
| El Porvenir       | 5        |      | 1     |
| F. de Mora        | 3        |      |       |
| La Esperanza      | 4        |      |       |
| Huanchaco         | 2        |      | 1     |
| V. Larco          | 7        | 1    |       |
| Moche             | 2        | 1    |       |
| Laredo            | 3        | 2    |       |

\* a la S.E. 27.

Fuente: VEA-EPI, DIRES LL

Nota: El total de casos no incluye casos negativos por laboratorio

El **sarampión** es una enfermedad viral aguda y muy contagiosa, su reservorio es el hombre y se transmite por diseminación de gotitas emitidas por las personas infectadas o por contacto directo con sus secreciones nasales y faríngeas, con menos frecuencia por el aire y por contacto con objetos recién contaminados con estas secreciones (OPS, 1983). Su transmisión es fácil, y es favorecida por el hacinamiento; las personas que no han sido inmunizadas son vulnerables a esta enfermedad. Desde 1997 a la fecha, en las zonas de estudio no se han presentado casos confirmados de sarampión (Tabla 4.10), según la información de VEA, DIRES LL. En el Perú, esta enfermedad se encuentra en proceso de eliminación y en los últimos años su incidencia ha disminuido en todo el país (DIRES LL-MINSA, 2001<sup>a</sup>); aunque aún existe peligro de esta enfermedad y las inmunizaciones deben continuar.

**Tabla 4.10. Casos de sarampión en distritos de Trujillo, 1997-2002.**

| Años<br>Distritos | Nº casos |      |      |      |      |       |
|-------------------|----------|------|------|------|------|-------|
|                   | 1997     | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002* |
| Trujillo          | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| El Porvenir       | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| F. de Mora        | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| La Esperanza      | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| Huanchaco         | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| V. Larco          | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| Moche             | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| Laredo            | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |

\* a la S.E. 27.

Fuente: VEA-EPI, DIRES LL

La **parálisis flácida aguda** (PFA) es una enfermedad que en todo niño menor de 15 años de edad debe ser considerado como un caso posible o sospechoso de **poliomielitis**, hasta su confirmación por un laboratorio acreditado de la Organización Mundial de la Salud. La poliomielitis es una enfermedad viral aguda que puede conducir a una parálisis e incluso la muerte; y la inmunización activa, sistemática y adecuada, es necesaria para proteger contra esta enfermedad. Con el objetivo final de erradicar la poliomielitis, la vigilancia de la PFA es muy importante (WHO, 1997). En 1991, se presentó en el Perú el último caso confirmado de poliomielitis de las Américas. En las zonas de estudio, tampoco se han tenido casos de poliomielitis desde hace varios años, habiéndose notificado sólo algunos casos de PFA, como los registrados desde 1997 a la fecha (Tabla 4.11).

**Tabla 4.11. Casos de parálisis flácida aguda en menores de 15 años de edad, de los distritos de Trujillo, 1997-2002.**

| Años<br>Distritos | N° casos |      |      |      |      |       |
|-------------------|----------|------|------|------|------|-------|
|                   | 1997     | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002* |
| Trujillo          |          | 1    |      | 2    | 2    |       |
| El Porvenir       | 1        |      | 1    |      |      |       |
| F. de Mora        | 2        |      |      |      |      | 1     |
| La Esperanza      |          | 1    | 2    |      | 1    |       |
| Huanchaco         |          | 1    |      |      | 1    | 1     |
| V. Larco          | 1        |      |      |      |      |       |
| Moche             |          | 1    | 2    |      |      |       |
| Laredo            |          | 1    |      |      |      |       |

\* a la S.E. 27.

Fuente: VEA-EPI, DIRES LL

La **rubéola** es una enfermedad viral benigna, aunque puede causar abortos, mortinatos o defectos congénitos en los nacidos de madres infectadas durante los primeros meses del embarazo. Se caracteriza por una erupción difusa constituida por máculas pequeñas y puntiformes, que a veces se asemeja a la del sarampión; el reservorio es el hombre y se transmite por contacto directo con las secreciones nasofaríngeas de personas infectadas, o posiblemente por artículos recién contaminados con éstas (OPS, 1983). La susceptibilidad es general, y se puede utilizar la vacuna; la cual, no ésta incluida en el Programa Nacional de Inmunizaciones. Según los registros de casos de rubéola desde 1997 a la fecha, en las zonas de estudio, hubo un brote epidémico en el 2000 (Tabla 4.12), siendo de peligro por existir riesgo de transmisión.

**Tabla 4.12. Casos de rubéola en distritos de Trujillo, 1997-2002.**

| Años<br>Distritos | N° casos |      |      |      |      |       |
|-------------------|----------|------|------|------|------|-------|
|                   | 1997     | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002* |
| Trujillo          | 75       | 6    | 5    | 324  | 97   | 9     |
| El Porvenir       | 3        |      | 1    | 98   | 8    |       |
| F. de Mora        | 8        |      |      | 53   | 18   |       |
| La Esperanza      | 10       | 1    | 1    | 68   | 14   |       |
| Huanchaco         | 1        |      |      | 20   | 12   |       |
| V. Larco          | 8        |      | 1    | 25   | 12   | 4     |
| Moche             |          |      |      | 16   | 5    |       |
| Laredo            | 6        |      | 1    | 6    | 4    |       |
| Salaverry         |          |      | 1    | 1    | 1    |       |
| Poroto            |          |      |      | 1    |      |       |
| Timbal            |          | 1    |      |      |      |       |

\* a la S.E. 27.

Fuente: VEA-EPI, DIRES LL

Nota: Esta tabla sólo presenta la suma de casos probables + confirmados.

#### 4.4.5. Enfermedades transmitidas por vectores

En la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, las enfermedades transmitidas por vectores que serían un peligro para la salud de la población expuesta a desastres naturales, son la malaria y el dengue. Los distritos de la provincia de Trujillo en los cuales se han registrado casos de malaria autóctonos, hasta la fecha, son Laredo y Moche, y, aquellos en los cuales se presentaron casos de dengue clásico en los años 2000 y 2001 son Trujillo, La Esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Huanchaco y Laredo; los cuales corresponden a zonas involucradas en el ámbito de estudio. La frecuencia de malaria podría aumentar y el dengue podría reaparecer, ante un mayor número de criaderos de sus vectores o por una mayor exposición de los pobladores a estos vectores, al quedar a la intemperie por pérdida de sus viviendas con posterioridad a un desastre (Seaman *et al.*, 1989), estos riesgos pueden aumentar con los desplazamientos poblacionales.

La **malaria** humana es causada por protozoos hemoparásitos de las especies *Plasmodium vivax*, *P. falciparum*, *P. malariae* y *P. ovale*; en el Perú es ocasionada sólo por las tres primeras, siendo *P. vivax* la más frecuente. Esta enfermedad comúnmente se transmite por la picadura de la hembra infectante de varias especies del zancudo *Anopheles* (Fig. 4.25); la cual es hematófaga y generalmente, se alimenta durante la noche y en las horas del crepúsculo. En la provincia de Trujillo, las obras de irrigación del Proyecto Chavimochic también han ocasionado cambios ecológicos que han favorecido la proliferación del vector de la malaria. En sectores de Laredo, y últimamente, en Moche (Fig. 4.26), vienen presentándose casos de esta enfermedad, la cual es debida a la especie *P. vivax*, e incluso se han informado ocurrencia de casos en áreas colindantes con el lado sur de la ciudad de Trujillo; según su comportamiento, esta enfermedad tiene un patrón expansivo y tiende a ser endémica. Un área de riesgo de malaria, es aquella donde existe el vector y donde existe evidencia de transmisión de la enfermedad, y el nivel de riesgo se determina según el índice parasitario anual (IPA) o tasa de incidencia, el cual expresa el número de casos confirmados de malaria por mil habitantes (MINSA, 1994); siendo denominado IVA cuando la malaria es por *P. vivax*. Según estos criterios, Laredo es una zona de mediano riesgo de transmisión de malaria y Moche es de bajo riesgo (M-3.6.5). En la provincia de Trujillo no se han presentado casos nativos de malaria por *P. falciparum*, aunque se han tenido casos importados que han sido controlados; este tipo de malaria es la más grave y es de tendencia epidémica. El ingreso de casos importados de malaria por *P. falciparum* a áreas con el vector es de alto riesgo, siendo importantes los desplazamientos poblacionales, como son las movilizaciones de miembros del servicio militar de zonas con este tipo de malaria.

En el sector sur de Trujillo existe un ambiente eco-epidemiológico favorable para la proliferación de *Anopheles* y la transmisión de malaria. Este sector es atravesado por el río Moche, a lo largo del límite sur del distrito Trujillo y el norte del distrito Moche, y por él circula agua todo el año aunque con diferente caudal según el tiempo, generándose estancamientos de agua en los márgenes del lecho. De este río también se conduce agua para los cultivos de la zona, la cual es principalmente agrícola. En los canales de conducción de agua, ésta es estancada temporalmente luego de los riegos, generando el riesgo de formación de criaderos del vector, como se ha observado en canales de regadío para los sembríos de caña de azúcar (Fig. 4.27), cultivo común en la zona. Además, en áreas vecinas a aquellas donde existe el vector y donde se han presentado casos maláricos, se observaron parcelas de sembríos de arroz en pozas con agua estancada, canales de drenaje colmatados o semicolmatados con agua detenida (Fig. 4.28), y pozos de agua subterráneos; los cuales podrían ser criaderos del vector. Como el área de riesgo de malaria es agrícola, son los agricultores quienes tienen una mayor exposición al vector y un mayor riesgo de adquirir la enfermedad (Fig. 4.29).

La dirección y la velocidad del viento, así como, la vegetación adyacente a los domicilios favorecen el avance continuo o por etapas de los zancudos anofelinos; por lo que, estos factores influyen en el radio de su vuelo, el cual varía en amplitud según la especie. *A. pseudopunctipennis* alcanza casi 6 km (Calderón *et al*, 1995), *A. albimanus* y *A. calderoni* alcanzan hasta unos 2 km; estas especies existen en la zona de estudio, predominando la primera. La movilización de vector hacia zonas alejadas donde quizás no había, o tal vez no existe malaria es también de riesgo, particularmente si éstos están infectados. Las migraciones poblacionales comunes o los desplazamientos de damnificados pueden llevar una enfermedad o vector hacia áreas libres de estos peligros y con ello llegar a constituir un problema para los grupos de evacuados. Aunque, también puede ocurrir, que un grupo humano se desplace de una zona sin malaria a otra donde esta enfermedad sea endémica, situación que tuvo lugar durante el transporte de refugiados por la frontera de Thai/Kampuchean en 1979 (Glass *et al*, 1980).

La malaria es una de las enfermedades que puede aumentar su frecuencia endémica debido a una mayor proliferación del vector y a una mayor exposición de las personas a los vectores. Las lluvias no habituales, con o sin inundaciones, la formación de charcos con agua estancada probablemente aumente la población de vectores, por suponer un aumento de criaderos. Las diversas situaciones susceptibles de surgir con posterioridad a un desastre y la gran variación en los patrones de multiplicación y picadura de las especies de *Anopheles* que pueden transmitir la malaria presentan características tales que es imposible formular generalizaciones respecto de ellos (Seaman *et al*,

1989). Se detectaron incrementos en la población de mosquitos con posterioridad al huracán Beulah que asoló Texas en 1967 y luego del ciclón y la marejada que azotaron Andhra Pradesh, en la región meridional de la India, en 1976 (Dharmaraju, 1978; Peavy, 1970).



Figura 4.25. *Anopheles* hembra, vector de malaria.

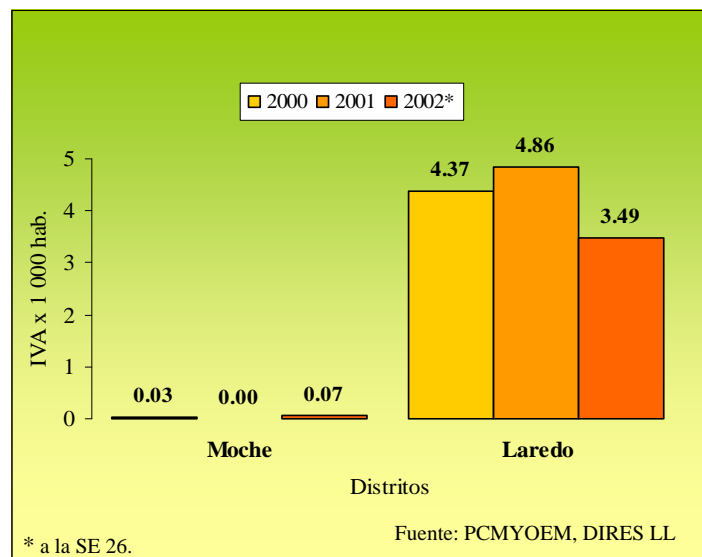


Figura 4.26. Incidencia de malaria por *Plasmodium vivax* (IVA) en distritos Moche y Laredo, en años 2000 a 2002.



**Figura 4.27. Canal de riego de caña de azúcar con agua estancada, en Moche; criadero potencial del vector de malaria**



**Figura 4.28. Canal de drenaje con agua estancada, ubicado en sector Santa Rosa cerca al río Moche; criadero potencial del vector de malaria.**



**Figura 4.29.** Agricultores en Moche, con riesgo de mayor exposición a las picaduras por el vector de malaria, uno de ellos presentó malaria este año 2002.

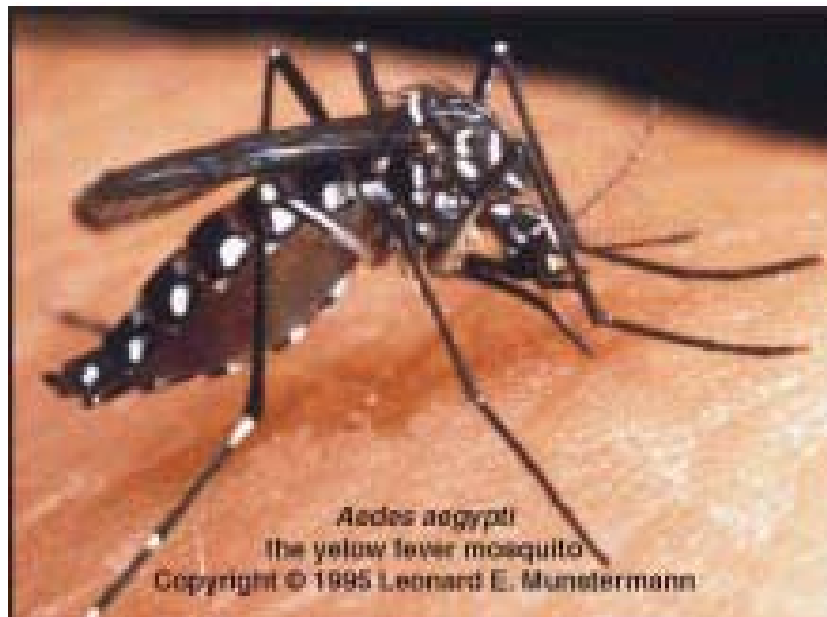
El **dengue** es causado por un virus ARN de la familia Flaviviridae y se transmite por la picadura de la hembra del zancudo *Aedes*, la cual constituye el vector de importancia epidemiológica por alimentarse de sangre humana o de animales. La especie *A. aegypti* (Fig. 4.30) es el vector más importante y más adaptado al ambiente urbano, habita en áreas de clima tropical y subtropical, y para el desarrollo de su fase larvaria necesita agua limpia y tranquila (DIRES LL-MINSA, 2001<sup>b</sup>). Aunque es mayormente encontrado en zonas urbanas, también puede encontrarse en zonas rurales pobladas, a las que podría llegar en estado de huevo o de larva en recipientes con agua transportados a estos lugares. En la provincia de Trujillo su presencia se ha reportado desde 1994.

El dengue (clásico) apareció en la provincia de Trujillo en forma de epidemia en el año 2000, afectando a los distritos Trujillo, La Esperanza, Florencia de Mora y El Porvenir, presentándose 1349 casos. En el 2001, los casos aumentaron y además de los distritos mencionados, afectó a los distritos Huanchaco y Laredo, presentándose 5572 casos (Figuras 4.31, 4.32 y 4.33). Estos distritos fueron considerados como zonas de alto riesgo en los años mencionados. En lo que va del 2002, en la provincia no se ha presentado caso alguno de dengue, aunque se tiene el vector *A. aegypti*, en los distritos que fueron afectados por el dengue, estando en escenario II (con vector y sin

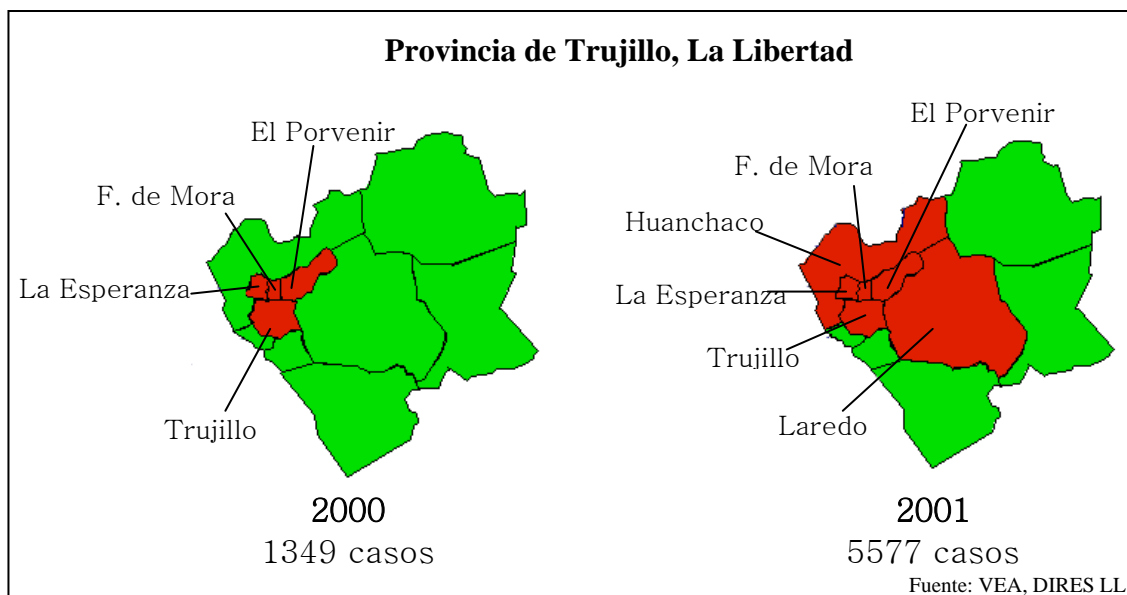


casos), y en Víctor Larco y Moche, como no se ha encontrado el vector, se tiene escenario I (sin vector y sin casos), según las áreas estratificadas de dengue definidas a nivel nacional, las cuales se identifican con un color determinado (DIRES LL-MINSA, 2001<sup>b</sup>). Para valorar el riesgo de transmisión de dengue se utilizan los índices de infestación aérea (IIA), los cuales expresan el porcentaje de viviendas infestadas.

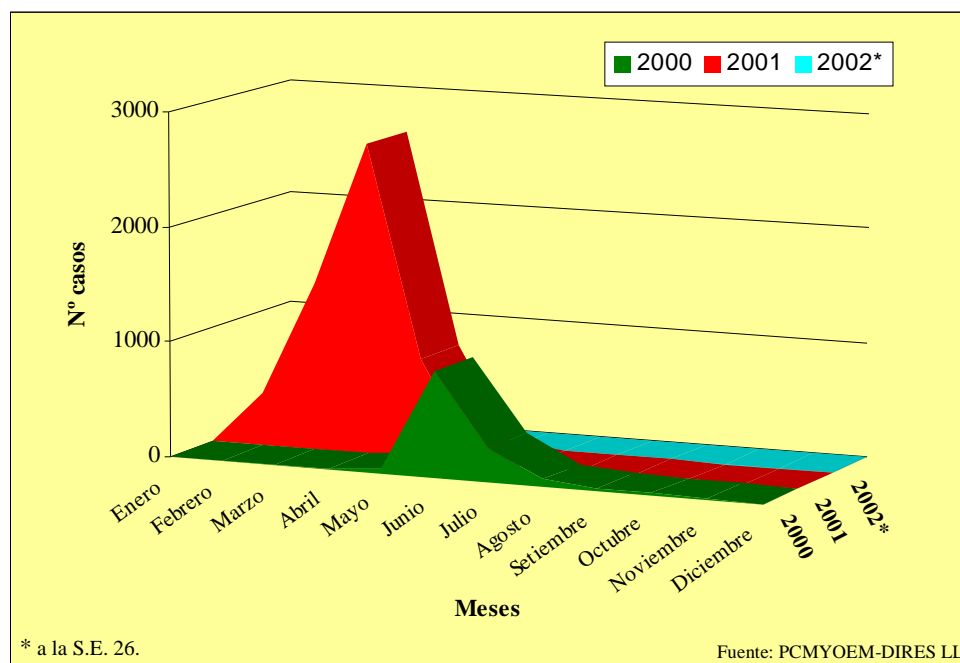
Los IIA varían según las condiciones ambientales y la conducta de la población sobre el almacenamiento de objetos o recipientes que podrían contener agua, los cuales podrían servir para la proliferación de *A. aegypti*. Los IIA encontrados en las zonas de estudio, excepto en Víctor Larco y Moche, en el primer semestre del 2002 variaron según las zonas y los meses, y mostraron la presencia del vector en ellas (Tabla 4.13). Esto sugiere el riesgo de transmisión o el peligro inminente de reaparición de dengue en estas zonas; más aún, considerando que se tuvo la enfermedad y que en el Perú se siguen presentando casos, principalmente en la zona amazónica del país, los cuales podrían movilizar la enfermedad debido a los desplazamientos poblacionales. En el mapa de peligro de dengue elaborado (M-3.6.5.), se expresan los escenarios epidemiológicos actuales y el riesgo de transmisión potencial, según el más alto IIA obtenido en cada zona de estudio en el primer semestre del 2002 y utilizando la clasificación correspondiente (DIRES LL-MINSA, 2001<sup>b</sup>). Los índices de infestación aérea son de mayor importancia cuando superan el 2% (Casapia y Valencia, 2000).



**Fig. 4.30** *Aedes aegypti* hembra, vector de dengue.



**Fig.4.31. Distritos de la provincia de Trujillo con dengue clásico, en el 2000 y el 2001.**



**Fig. 4.32. Casos de dengue en la provincia de Trujillo, según meses en los años 2000 a 2002.**

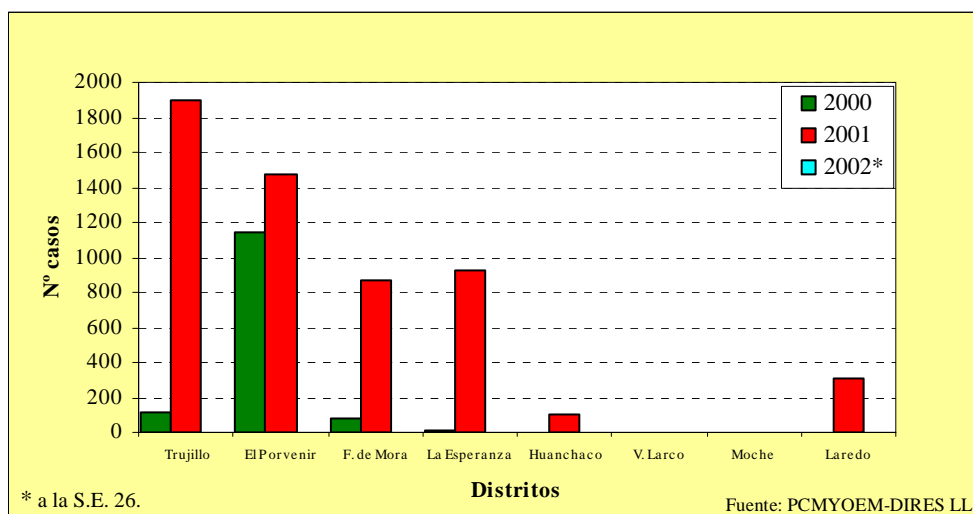


Fig. 4.33. Casos de dengue en distritos de Trujillo, según años 2000 a 2002.

Tabla 4.13. Índices de infestación aéctica en distritos de Trujillo, según meses del primer semestre del 2002.

| Meses / Distritos | Índices de infestación aéctica (%) |         |       |       |      |       |
|-------------------|------------------------------------|---------|-------|-------|------|-------|
|                   | Enero                              | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
| Trujillo          | 0,15                               | 0,19    | 0,26  | 0,20  | 0,14 | 1,29  |
| El Porvenir       | 2,23                               | 7,54    | 4,67  | 0,05  | 1,09 | 0,93  |
| F. de Mora        | 0,02                               | 0,12    | 0,30  | 2,55  | 1,18 | 1,54  |
| La Esperanza      | 0,13                               | 0,46    | 0,59  | 4,95  | 2,68 | 0,91  |
| Huanchaco         | 0,00                               | 0,00    | 1,53  | 0,57  | 0,31 | 3,80  |
| V. Larco          | 0,00                               | 0,00    | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  |
| Moche             | 0,00                               | 0,00    | 0,00  | *     | 0,00 | 0,00  |
| Laredo            | 0,94                               | 1,62    | 3,76  | 3,84  | 1,58 | 2,22  |
| Salaverry         | 0,00                               | *       | *     | 0,00  | 1,72 | 0,54  |

\* No se evaluó.  
LL

Fuente: DIRES

Es evidente que la ocurrencia de fenómenos naturales y también algunas actividades humanas, pueden modificar las posibilidades de diseminación de las enfermedades existentes en un área, al alterar los factores del entorno ecológico, siendo más importantes para aquellas transmitidas por vectores, como los zancudos. Se podrían generar ambientes nuevos, por agua estancada; como puede ocurrir luego de inundaciones o lluvias copiosas, por roturas de redes de agua debido a sismos, por afloramientos superficiales según la magnitud de tsunamis o, debido a proyectos de irrigación planificados inadecuadamente. Estos estancamientos de agua podrían generar criaderos de vectores y si existen casos humanos específicos la frecuencia de la enfermedad se incrementaría; en la ciudad de Trujillo y zonas aledañas existe este peligro, pues se tiene al vector del dengue, y al vector de malaria incluso con casos maláricos en áreas colindantes con la ciudad.

#### 4.4.6. Otras enfermedades transmisibles

Entre otras enfermedades transmisibles que se presentan en las zonas de estudio, y principalmente en las urbano-marginales, están las infecciones de la piel y la escabiosis o sarna, y la conjuntivitis, las cuales también representan un peligro para la salud, aunque aparentemente el riesgo es reducido, éstas podrían ser de carácter epidémico en situación de hacinamiento generado por la ocurrencia de fenómenos naturales como los sismos e inundaciones. También se presentan infestaciones por piojos y pulgas, las cuales al igual que las antes descritas en este párrafo, son favorecidas por el hacinamiento y la falta de higiene personal. Aunque no se ha tenido rabia humana desde 1997 a la fecha (MINSA *et al*, 2000) se tienen perros callejeros; se ha descrito que luego de los temblores de tierra, las mordeduras de perros pueden aumentar y asociarse en muchas áreas a un mayor peligro de rabia porque los perros callejeros se ponen en contacto estrecho con las personas que viven en refugios temporales. Un caso de esta índole, se detectó con posterioridad al sismo de 1976 en Guatemala (Seaman *et al*, 1989).

Los brotes graves de enfermedades transmisibles surgen únicamente en áreas en las cuales la densidad poblacional ha aumentado sin aumento del aprovisionamiento de agua, las medidas sanitarias, la vacunación y otros servicios básicos, como se ha podido apreciar en muchos desplazamientos de refugiados en Africa y Asia, más que por causa de los desastres naturales (Simmonds y Gabaudan, 1982). Estos brotes ocurren particularmente después de desastres acaecidos en países en vías de desarrollo, y de alguna forma, están relacionados con la eficiencia de las medidas de salud pública adoptadas. La malnutrición hace más vulnerable a los ataques violentos de todas las enfermedades transmisibles (OPS, 1989). En las zonas de estudio, existe una elevada desnutrición crónica, principalmente en los niños menores de cinco años de las zonas urbano-marginales, siendo uno de los factores de riesgo alarmantes que aumentaría el peligro de las enfermedades transmisibles por la salud y la vida de la población.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye:

La población de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas es vulnerable a diversas enfermedades transmisibles endémicas, y su susceptibilidad a ellas podría aumentar ante un desastre natural, debido a la existencia de factores específicos de riesgo que pueden potenciarse ante un fenómeno natural determinado.

Las enfermedades transmisibles prioritarias y endémicas en la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, y de peligro para la población son: las diarreas agudas incluyendo las acuosas y disentéricas, el cólera, la fiebre tifoidea, las parasitosis intestinales, las infecciones respiratorias agudas, la tuberculosis, el tétanos, la tos ferina, el sarampión, la parálisis flácida aguda, la rubéola, la malaria y el dengue; cuyos niveles de peligro y de riesgo de transmisión varían según las áreas geográficas, y son mayormente altos. Las infecciones de la piel, la sarna y la conjuntivitis constituyen un peligro menor.

Se recomienda:

Proponer, planificar y efectivizar medidas o estrategias orientadas a la prevención, la previsión, y la mitigación de las enfermedades transmisibles endémicas en la ciudad de Trujillo y zonas aledañas.

Organizar eficientemente los servicios para el enfrentamiento de las enfermedades transmisibles, y capacitar oportunamente al personal responsable de intervenir en la prevención, la previsión y la mitigación de daños causados por las enfermedades transmisibles.

En el **mapa M-4.13** se puede observar las zonas con predisposición al peligro Por incidencia del DENGUE y en el **mapa M-4.14** se observa el peligro por MALARIA.

**Hoja para M-4.13**

**Hoja para M-4.14**

#### 4.5. POBREZA EN EL AREA DE ESTUDIO

La pobreza constituye un fenómeno social que está asociada al grado de bienestar alcanzado por una sociedad determinada, la percepción de la pobreza evoluciona en el tiempo e incluso entre sociedades, en razón de su desarrollo diferenciado.

Según el Diccionario Enciclopédico SALVAT<sup>(1)</sup>. Pobreza se define como: Necesidad, estrechez, carencia de lo necesario para el sustento de la vida.

La pobreza según El Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, puede definirse como una condición de privación para acceder a una canasta de bienes y servicios básicos con los cuales se puede vivir adecuadamente en términos de los estándares prevalecientes de necesidades y satisfactores, determinados por una sociedad de acuerdo a su nivel de desarrollo.

La pobreza se manifiesta como una situación de subconsumo, desnutrición, inadecuadas condiciones habitacionales, bajos niveles educativos, precaria inserción en el mercado laboral, insuficiencia de ingresos y hasta una combinación de ausencia de oportunidades de capacidades perdidas. INEI<sup>(2)</sup>.

Dentro de esta concepción existen dos enfoques de pobreza: Pobreza relativa y pobreza absoluta.

**Pobreza relativa:** El bienestar de un individuo o familia no depende de su nivel absoluto de consumo o gasto, sino del obtenido en relación con otros miembros de la sociedad. El punto de partida, consiste en buscar un referente que puede ser promedio social o grupo social determinado. De este modo, se define la pobreza como una situación de insatisfacción de necesidades básicas en relación al referente social.

**Pobreza absoluta:** El bienestar de un individuo o familia está en función de su nivel absoluto de consumo o gasto en relación a estándares Mínimos, que la sociedad determina como aceptable de acuerdo a su nivel de desarrollo. De esta manera, se identifica como pobres a quienes no satisfacen los estándares mínimos de consumo o gasto, o a quienes no acceden a lo establecido como aceptable para su nivel de desarrollo.

##### 4.5.1) METODOS DE MEDICION

Existen tres métodos para medir la pobreza: Método de necesidades básicas insatisfechas, de la línea de pobreza y el método integrado.



### **A) EL METODO DE NECESIDADES BASICAS INSATISFECHAS.**

Es un método directo de medición de la pobreza, en función de la satisfacción de las necesidades básicas, para ello es necesario definir las necesidades indispensables para un hogar o familiar, en los aspectos de educación, salud, condiciones de la vivienda, empleo adecuado, servicios de la vivienda, etc. Una vez definida las necesidades básicas, se establecen los límites mínimos de satisfacción. En base a la definición de las necesidades y los límites se procede a identificar los hogares y la población cuyo consumo efectivo se encuentra por debajo de los límites mínimos de satisfacción establecidos.

A partir de las orientaciones metodológicas dadas por la CEPAL, el método de las NBI es la más utilizada en Latinoamérica. Este método utilizado por el INEI, es también utilizada en el presente estudio para calcular el índice de la pobreza en la ciudad de Trujillo y distritos aledaños.

### **INDICADORES SELECCIONADOS**

1. Viviendas inadecuadas por sus materiales.
2. Hacinamiento crítico por habitación.
3. Falta de servicios para la eliminación de excretas.
4. Inasistencia de menores a escuelas primarias.
5. Hogares con alta dependencia económica, asociada al nivel educativo del jefe de hogar.

El índice de necesidades básicas insatisfechas reacciona ante deterioros constantes y persistentes del ingreso de los hogares y sus efectos en las condiciones de vida de la población.

### **ANTECEDENTES EN EL PERU EN MEDICION DE LA POBREZA**

Uno de los primeros estudios con perspectiva geográfica lo realizó Richard Webb, en su libro Política Gubernamental y distribución del Ingreso en el Perú 1 963 – 1 973. Se basa en una distribución del Ingreso Promedio Per-cápita provincial y departamental, con información del censo de 1 961.

Otro trabajo sobre el tema es el de Carlos Amat y León, en la Desigualdad Interior en el Perú, en este utilizó, además la información del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1 972, las estadísticas de educación y salud del Instituto Nacional de estadística y las de empleo del Ministerio de Trabajo, para el mismo año de estudio. Definía indicadores socioeconómicos relacionados con la satisfacción de necesidades básicas como salud, educación, vivienda, ocupación y urbanización, incorporando la variable ingreso. A través de un análisis multivariable calculó el peso relativo de cada indicador, para obtener finalmente un índice general del nivel de las provincias. Este índice busca medir el grado de alejamiento de las provincias con respecto al nivel de desarrollo de la provincia de Lima.

El Mapa de Pobreza del banco central de Reserva del Perú, publicado en 1982, se realizó en base a los resultados de los Censos Nacionales de Población y Vivienda de 1972, esta investigación estableció un ranking de pobreza y definió cinco estratos de pobreza a nivel provincial.

En base a la información del Censo de 1981 se realizaron nuevos estudio sobre la pobreza, destacando los trabajos ejecutados por el BCR y el Instituto Nacional de Planificación.

### **METODOLOGÍA USADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATICA.**

Para la elaboración del mapa de Pobreza el INEI, utiliza el método de las necesidades básicas Insatisfechas, más conocido como NBI, estudiando el fenómeno a partir de la información de los Censos de Población y Vivienda de 1993 y arribar a una focalización a nivel de distritos.

El enfoque desarrollado es el de pobreza absoluta, en la perspectiva de que el bienestar de un individuo o familia está en relación a estándares mínimos socialmente aceptables.

Las necesidades básicas se definieron con sus respectivos componentes. A partir de este se diseñó un conjunto de indicadores que expresan el nivel de satisfacción de cada necesidad. Para la identificación de los hogares con necesidades básicas satisfechas e insatisfechas, se determinó un nivel mínimo para cada indicador.

De la aplicación de estos indicadores se generaron tres grupos por condición de pobreza y Necesidad Básicas Insatisfechas.

- a. Hogares con Necesidades Básicas Satisfechas (NBS), los que se consideran como no pobres. Comprende al estrato que no presenta ninguna Necesidad Básica Insatisfecha.
- b. Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), los cuales se identifican como pobres. En este estrato se encuentran todos aquellos hogares, que presentan al menos una necesidad Básica Insatisfecha.
- c. Hogares con dos o más necesidades básicas insatisfechas.

Este Método ha sido desarrollado por la CEPAL para ser aplicado esencialmente con la información proveniente de los Censos de Población y Vivienda, ya que a partir de estos se obtiene una mayor aproximación por la cobertura de los diferentes niveles geográficos, que no es posible lograr con las encuestas de hogares u otras producciones estadísticas de carácter muestral.

A través de NBI podemos identificar el núcleo representativo de la pobreza, así como jerarquizar geográficamente el territorio en estudio para la focalización de las políticas y programas de inversión en vivienda, salud,

educación, servicios públicos y otros aspectos que caen dentro de la políticas sociales.

## **INDICADORES SELECCIONADOS**

Se seleccionaron dos grupos de indicadores, uno para la medición de NBI y otros llamados complementarios, que sirvió de base para el diagnóstico global del fenómeno en estudio.

A continuación se describen estos indicadores:

### **1. Hogares en Viviendas con Características Físicas Inadecuadas.**

El acceso a la vivienda es una necesidad básica que debe guardar condiciones estándar, en cuanto a la habitabilidad, la privacidad y un confort mínimo, en la cual los miembros del hogar pueden desarrollar sus actividades individuales y sociales sin privaciones.

El indicador Hogares en Viviendas con características físicas inadecuadas alude al material predominante en las paredes y pisos, así como el tipo de vivienda.

No cumplen con los requisitos mínimos aquellas viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores fuera de estera, y aquellas que tuvieran piso de tierra y paredes exteriores de quincha, piedra con barro, madera u otros materiales improvisados (de cartón, lata, ladrillos y adobe superpuesto, etc.)

### **2. Hogares en Viviendas con Hacinamiento**

Se refiere a la existencia o no de hacinamiento es decir de la densidad de la ocupación de los espacios de la vivienda.

El hacinamiento resulta de relacionar el número de personas con el número total de habitaciones que tiene la vivienda, sin contar el baño, cocina ni pasadizo. Existe hacinamiento cuando residen más de tres personas por cuarto.

### **3. Hogares en Viviendas sin Desagüe de ningún tipo**

La disponibilidad de servicio higiénico es esencial, para la deposición de excretas, esto asegura la posibilidad de evitar riesgos de contaminación y la presencia de factores que atenten contra la salud.

Existe una estrecha relación entre la mortalidad infantil y el acceso a un medio adecuado de eliminación de excretas, basada en la carencia del mismo, como a la ausencia de condiciones de saneamiento básico.

El indicador hogares en vivienda sin desagüe de ningún tipo, considera que el mínimo necesario está asociado con la disponibilidad de un sanitario; comprende a los hogares que no disponen de servicio higiénico por red de tubería o pozo ciego.

#### **4. Hogares con Niños que no asisten a la Escuela**

La educación que se adquiere en la escuela desde los primeros años constituye el vínculo inicial de integración del niño a la sociedad.

La inasistencia a la escuela de niños en edad escolar, representa una privación, se adoptó el criterio de que aquellos hogares con presencia de al menos de un niño de 6 a 12 años que no asiste a un centro educativo, no tienen capacidad de acceso a los servicios educativos.

#### **5. Hogares con Alta Dependencia Económica**

Los indicadores expresados anteriormente no cubren aspectos relacionados con la satisfacción de necesidades que tienen que ver con el consumo de alimentación, salud, vestuario, transporte, etc., el censo al no incorporar la variable ingreso, bajo el método de NBI es de uso común en América Latina construir un indicador indirecto con el propósito de identificar a aquellos hogares que no disponen de los recursos financieros suficientes, para alcanzar niveles mínimos de consumo.

El indicador representa una probabilidad de insuficiencia de ingresos para cubrir las necesidades, en este rubro se dan dos determinantes: El nivel educativo del Jefe del Hogar y la carga económica determinada por el tamaño de familia. Se considera que un hogar tiene alta dependencia económica al no existir ningún miembro ocupado y el Jefe de Hogar solo cuenta con primaria incompleta.

### **PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL INDICE DE NECESIDADES BASICAS INSATISFECHA (NBI).**

El procedimiento metodológico consiste, en identificar a los hogares carentes por cada indicador, para el cálculo de la proporción de estos hogares, se le

relaciona con el total de hogares de su división político administrativa correspondiente, para nuestro estudio de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas, además de los resultados obtenidos de los Censos Nacionales de 1993, se trabajará con la proyección poblacional del año 2002.

## **INDICADORES SOCIOECONÓMICOS**

### **VIVIENDA**

Durante la última década se ha agudizado el problema de la vivienda en el Perú, advirtiéndose un déficit progresivo, sobre todo en las áreas urbanas. El fenómeno se explica por el elevado crecimiento demográfico que registra la región y, en las áreas urbanas por la intensificación de la migración rural que se presenta desde hace 50 años, constituyendo en un fenómeno social, que han dado origen a los Pueblos Jóvenes o Asentamientos Humanos, constituidos en cinturones de vivienda alrededor de las ciudades principales, como está sucediendo en Trujillo, con precarias condiciones habitacionales, que se ubican mayoritariamente en los arenales que por las características del suelo y viviendas son vulnerables a los peligros naturales e inducidos por el hombre, el sismo que afectó el sur del Perú, a las ciudades de Arequipa, Moquegua, Camaná, el 23 de junio del 2001 y la inundación que afectó el distrito de El Porvenir de la Ciudad de Trujillo, por ruptura del dique de Mampuesto el 11 de febrero de 1998, causó daños a las viviendas construidas de adobe y el sismo referido causó daños a viviendas antiguas construidas de sillar, para mitigar la vulnerabilidad, la población debería tener el asesoramiento respectivo para la edificación de viviendas en lugares seguros y el empleo de material noble.

El problema de la vivienda en Trujillo se agudiza principalmente por la emigración de la sierra a la costa y el crecimiento poblacional. La ciudad de Trujillo colonial y aristocrática, viene siendo invadida masivamente por gente que viene en masa de la sierra. Es usual que los migrantes, antes de invadir un terreno, se hayan asentado o bien en los **tugurios** del centro de la ciudad y barrios marginales, viviendo temporalmente con familiares, en la invasión encuentran su hábitat definitivo, hasta conseguir su residencia homólogo a los legalmente constituidos.

### **TUGURIOS.**

La población pobre de la zona urbana tiene generalmente dos opciones de conseguir una vivienda: o bien invadir un terreno en la zona de los Asentamientos Humanos Marginales, a fin de construir poco a poco su casa propia, o bien incorporarse a un sistema de alquiler que esté al alcance de sus exiguos ingresos. Dado este último solo es posible encontrar una vivienda en los tugurios en condiciones de suma precariedad de la vivienda.

Según ROBLES y FALLA (1975:120) se define como “tugurio” a la vivienda precaria, caracterizada por sus habitaciones reducidas; carente o deficiente en servicios: agua, desagüe, alumbrado eléctrico, con problemas de iluminación

natural, falta de ventilación, edificada con materiales deficientes e inestables o que han devenido ineficientes por el deterioro, a esto se agrega el hacinamiento, y falta de mantenimiento por el bajo ingreso familiar. Ver Tablas 4.14, 4.15 y 4.16.

El Autor antes citado distingue 04 tipos de tugurios: Tugurios de azotea, callejón, casa subdividida y corralón.

La localización de las zonas tugurizadas se observa en el mapa de tugurios, observándose parcialmente en el centro histórico circunscrito por la Av. España, los barrios de Chicago (al este), Mansiche (al oeste), así como en la salida de la Av. Moche (sureste), y finalmente en el área comprendida entre las calles Unión, Santa, Av. Ejercito y la zona de Aranjuez.

Los tugurios ofrecen una ventaja relativa frete a los Asentamientos Humanos, por estar en el centro de la ciudad o estar próximo a ella, cerca de los terminales terrestres, del mercado mayorista donde se consigue productos traídos de la sierra y donde se encuentra empleos poco calificados y está al alcance todos los servicios públicos aunque no se beneficie de ella, esto hace que el poblador ahorre en gasto de transporte, por su ubicación en la ciudad, la dificultad es la incomodidad y el hacinamiento, que a la larga optarán por invadir un terreno y ubicarse en un Asentamiento Humano Marginal.

#### PUEBLOS JÓVENES / ASENTAMIENTOS HUMANOS.

En el Perú, se emplea la denominación de Pueblo Joven desde 1968 y Asentamiento Humano Marginal a partir de 1980, hoy en día ambos términos se usan indistintamente en el lenguaje corriente, rebasando su significado jurídico.

Actualmente en el área metropolitana de Trujillo existen 13 Pueblos Jóvenes y 49 Asentamientos Humanos Marginales, ubicados en su mayoría en los distritos de La Esperanza y El Porvenir (Waltraud Rosner 1998:193).

#### **PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO: 2002 - 2015**

El área metropolitana de Trujillo, abarca aproximadamente 12 850 hectáreas, está circunscrito e incluye los distritos de Trujillo, El Porvenir, La Esperanza, Florencia de Mora, Laredo, Huanchaco, Víctor Larco Herrera (Buenos Aires), Moche y Salaverry.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda llevado a cabo en 1993 el Área Metropolitana albergaba una población de 553 017, excluyendo Laredo y Salaverry. Si mantenemos la tendencia de disminución de la Tasa de crecimiento intercensal anual de los censos 1981-1993 la población del Área

Metropolitana será 799 824 habitantes en el año 2 005 y 1 041 458 habitantes en el año 2 015.

### **DEFICIT ACTUAL Y DEMANDA FUTURA DE VIVIENDA**

Para 1 990, según las estimaciones hechas por INADUR para la ciudad de Trujillo, existe un déficit de 8 500 viviendas, representando el 9,1% del total, con un promedio de 5 29 miembros por hogar y, de mantenerse un ritmo alto de crecimiento de la población (tasa de crecimiento intercensal anual urbana (1 981 - 1 993 de 3%) la situación a corto plazo se agravaría aún más.

Si el promedio de miembros por hogar sea de 5,00 y permanece constante, el número de viviendas requeridas para el futuro el año 2005 se necesitarían 159 954 viviendas y para el año 2 015 se necesitarían 208 291 viviendas. Estos valores sin duda implicaría una demanda muy alta de suelos para satisfacer la vivienda, sin embargo una parte de la demanda debe ser satisfecha a través de una nueva zonificación de la ciudad, permitiendo la densificación de acuerdo a un plan director para la ciudad de Trujillo.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE VIVIENDAS INADECUADAS**

Alude a las viviendas hechas de estera, totora y cartón, piso de tierra o arena compactada, sin ningún tipo de servicio, el líquido elemento es adquirida de camiones cisterna y depositada en recipientes de plástico o latas; para épocas de lluvia el techo de estera se protege con plástico y no presentan ninguna seguridad. Este tipo de viviendas es producto de las invasiones de terreno, para ser edificadas tienen que pasar mínimo cinco años.

Con el paso del tiempo, las viviendas descritas anteriormente pasan a ser construidas de adobe y barro, techo de carrizo recubiertas con torta de barro, piso de tierra, servicio público limitado pudiendo ser agua con pilón común sin desagüe y alumbrado eléctrico, pozo ciego para la deposición de excretas y cocina a leña o kerosén. En algunos casos que representa la minoría son construidas de ladrillo sin los servicios básicos, porque estas tardan en llegar de acuerdo al plan de desarrollo urbano de los municipios.

Estos dos tipos de vivienda presentan riesgos de contaminación y factores favorables para contraer enfermedades, por sus características físicas y ubicación son muy vulnerables frente a los peligros o amenazas.

El hacinamiento es el común denominador en las viviendas de las características descritas, siendo de cinco a once personas por hogar a un promedio de ocho componentes por vivienda.

**ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS (Ver mapas M-4.15, M-4.16, M-4.17 y M-4.189)**

La población de pobres por lo menos con una NBI en la zona de estudio para el año de 1 993 llega a 114 833 que proyectada para el año 2 002 alcanza una población de 142 880 pobres para Trujillo y distritos aledaños y para el año 2 015, la pobreza alcanzaría una población de 210 500 considerando constante los factores e indicadores empleados para nuestro estudio.

El distrito mas pobre en términos relativos es el distrito de Huanchaco por considerar dentro de su jurisdicción al consejo menor de El Milagro y la población de la zona marginal del distrito de La Esperanza; los resultados del Censo Nacional de población de 1 993 presenta una tasa de 27,6% para una población pobre de 5 017 el segundo distrito más pobre es Moche que incluye a la Curva Sun y la Campiña de Moche con viviendas sin servicios básicos en su mayoría. El distrito menos pobre en términos relativos (15,2%) es Trujillo que concentra una población de 37 104 pobres, cuyos hogares se sitúa en su mayoría en tugurios construidas de quincha, con servicios básicos comunes ubicadas en el centro histórico y en los barrios marginales de la ciudad. Tabla 4.20



HOJA PARA m-4.15

Hoja para M-4.16

Hoja para M-4.17

Hoja para M-4.18

#### 4.6.-ASPECTO EDUCACIONAL DEL AREA DE ESTUDIO.-

Es obvio el distrito de Trujillo engloba la mayor cantidad de centros educativos en los diferentes niveles y la mayor cantidad de centros particulares cuyos resultados se presenta en la Tabla 4.18 y el Mapa 5.1.3 al 5.1.7. El distrito menos favorecido en cantidad de Centros educativos es Florencia de Mora a pesar de la densidad poblacional que es de 19 250 Hab/Km<sup>2</sup>. frente a 7 240 del distrito de Trujillo.

El Mayor porcentaje de población de niños en edad escolar que no asisten a la escuela, lo muestra el distrito de El Porvenir con 9,2%, seguido por La Esperanza; y en menor proporción se presenta en el distrito de Trujillo con 4,3%, los resultados se presenta en la Tabla 5.1.4.18.

Según las estadísticas de la Dirección Regional de Educación de La Libertad la deserción escolar a nivel departamental llega a 6,7 % considerando los alumnos matriculados en colegios del estado y privados, en abril del 2 002 se matricularon 434 630 alumnos, en el sector privado la deserción alcanzó solo 3,08% en primaria y 3,22% en secundaria, debiéndose principalmente al factor económico. En el ámbito urbano llega 5,07% y en el área rural se eleva a 11,18% para nivel primario de colegios estatales. Para el nivel secundario las características se presenta en forma similar al de primaria.

El Programa Huascarán se ha puesto en marcha empezando por colegios de la ciudad de Trujillo, siendo favorecido los colegios Javier Heraud, Liceo Trujillo, San Juan, Santa Rosa, Víctor Andrés Belaunde entre otros.

Los hogares con mayor dependencia económica lo muestra Florencia de Mora, con 12,0% de hogares, que a la vez es la de mayor ocupación (22,6%) de 15 años a más con grado de instrucción primaria incompleta. Con alta dependencia económica le sigue El Porvenir con una tasa de 11,5% de hogares y 21,8% ocupada de 15 a más años con primaria incompleta.

La de menor tasa de dependencia económica la presenta el distrito de Trujillo con 3,3% y ocupada más de 15 años con primaria incompleta de 8,5%, estos resultados se presentan en la Tabla 4.19.

Además, la indicación de la pobreza en el área de estudio y la asistencia de salud, se puede apreciar en los **mapas M-4.19, M-4.20, M-4.21, M-4.22 y M-4.23.**

**Tabla 4.14 HOGARES CON NBI POR TIPO DE INDICADOR PARA TRUJILLO Y DISTRITOS ALEDAÑOS 1993**

| INDICADOR                                 | TRUJILLO |       | ESPERANZA |       | PORVENIR |       | FCIA. MORA |      | V. LARCO |      | HUANCHACO |      | MOCHE |       |
|---|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|------------|------|----------|------|-----------|------|-------|-------|
|   | %        | Abs.  | %         | Abs.  | %        | Abs.  | %          | Abs. | %        | Abs. | %         | Abs. | %     | Abs.  |
| Viviendas con características inadecuadas | 1.0      | 515   | 4.2       | 916   | 2.6      | 420   | 4.2        | 292  | 1.2      | 99   | 6.5       | 266  | 4.5   | 197   |
| Viviendas con hacinamiento                | 6.5      | 3,320 | 11.3      | 2,444 | 10.6     | 1,718 | 11.1       | 773  | 7.0      | 599  | 11.8      | 480  | 10.4  | 456   |
| Viviendas sin desagüe                     | 5.6      | 2,850 | 11.2      | 2,421 | 14.0     | 2,280 | 10.2       | 714  | 9.2      | 791  | 24.3      | 988  | 25.0  | 1,091 |
| Con niños que no asisten a la escuela     | 3.3      | 1,702 | 6.8       | 1,475 | 7.2      | 1,162 | 6.6        | 460  | 4.5      | 389  | 6.1       | 247  | 6.4   | 279   |
| Con alta dependencia económica            | 3.3      | 1,680 | 9.6       | 2,072 | 11.5     | 1,861 | 12.0       | 833  | 4.7      | 404  | 7.5       | 306  | 7.3   | 317   |

**FUENTE: INEI – Censos Nacionales de 1993.**

**Tabla 4.15 POBLACION CON NBI POR TIPO DE INDICADOR DE TRUJILLO Y DISTRITOS ALEDAÑOS 1993**

| INDICADOR                                 | TRUJILLO |        | ESPERANZA |        | PORVENIR |        | FCIA. MORA |       | V. LARCO |       | HUANCHACO |       | MOCHE |       |
|---|----------|--------|-----------|--------|----------|--------|------------|-------|----------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|   | %        | Abs.   | %         | Abs.   | %        | Abs.   | %          | Abs.  | %        | Abs.  | %         | Abs.  | %     | Abs.  |
| Viviendas con características inadecuadas | 1.9      | 2,235  | 3.4       | 3,558  | 2.1      | 1,658  | 2.8        | 990   | 1.1      | 452   | 5.5       | 1,004 | 3.8   | 821   |
| Viviendas con hacinamiento                | 8.6      | 21,110 | 14.6      | 15,342 | 13.7     | 11,033 | 14.0       | 5,015 | 9.0      | 3,788 | 16.0      | 2,900 | 13.9  | 3,017 |
| Viviendas sin desagüe                     | 5.2      | 12,640 | 9.3       | 9,807  | 12.0     | 9,642  | 8.1        | 2,888 | 8.6      | 3,610 | 21.7      | 3,939 | 23.1  | 5,010 |
| Con niños que no asisten a la escuela     | 4.3      | 10,638 | 8.7       | 9,195  | 9.2      | 7,427  | 8.6        | 3,074 | 6.1      | 2,548 | 8.2       | 1,481 | 8.6   | 1,855 |
| Con alta dependencia económica            | 4.4      | 10,873 | 13.0      | 13,662 | 15.2     | 12,224 | 15.8       | 5,667 | 6.3      | 2,651 | 10.6      | 1,920 | 9.9   | 2,139 |

FUENTE: INEI – Censos Nacionales de 1993.

**Tabla 4.16 POBLACION POR N° DE NBI EN FUNCION AL % DE HOGARES CON NBI DE TRUJILLO Y DISTRITOS ALEDAÑOS**

| INDICADOR  | TRUJILLO |        | ESPERANZA |        | PORVENIR |        | FCIA. MORA |       | V. LARCO |       | HUANCHACO |       | MOCHE |       |
|--|----------|--------|-----------|--------|----------|--------|------------|-------|----------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|  | %        | Abs.   | %         | Abs.   | %        | Abs.   | %          | Abs.  | %        | Abs.  | %         | Abs.  | %     | Abs.  |
| Con una necesidad básica insatisfecha            | 15.2     | 37,104 | 25.6      | 26,967 | 27.4     | 22,073 | 26.9       | 9,634 | 17.9     | 7,498 | 27.6      | 5,017 | 30.2  | 6,550 |
| Con dos necesidades básicas insatisfechas        | 3.0      | 7,294  | 7.9       | 8,289  | 8.4      | 6,761  | 6.7        | 2,409 | 4.30     | 1,787 | 10.0      | 1,809 | 9.3   | 2,020 |
| Con tres necesidades básicas insatisfechas       | 0.7      | 1,679  | 1.9       | 2,013  | 2.1      | 1,720  | 2.3        | 816   | 1.3      | 534   | 3.4       | 611   | 2.6   | 555   |
| Con cuatro o cinco necesidades básicas insatisf. | 0.1      | 186    | 0.4       | 489    | 0.3      | 302    | 0.5        | 173   | 0.2      | 91    | 1.0       | 189   | 0.7   | 144   |

FUENTE: INEI – Censos Nacionales de 1993.



Tabla 4.17

## INDICADORES DE EDUCACIÓN DE TRUJILLO Y DISTRITOS ALEDAÑOS

| INDICADOR                                     | TRUJILLO | ESPERANZA | PORVENIR | FCIA. MORA | V. LARCO | HUANCHACO | MOCHE |
|---|----------|-----------|----------|------------|----------|-----------|-------|
| Tasa de analfabetismo población + de 15 años  | 3.5      | 7.0       | 9.0      | 9.6        | 4.7      | 6.6       | 6.4   |
| % + de 15 años con primaria incompleta        | 10.2     | 21.0      | 26.7     | 27.4       | 13.0     | 24.7      | 19.4  |
| % niños que no asisten a Esc. De 13 a 17 años | 22.8     | 26.4      | 32.2     | 30.6       | 22.8     | 33.3      | 26.5  |
| % de niños con atraso escolar                 | 3.3      | 6.5       | 6.1      | 6.6        | 4.6      | 8.2       | 8.2   |

FUENTE: INEI – Censos Nacionales de 1993.

Tabla 4.18

## INDICADORES DE TRABAJO Y EMPLEO DE TRUJILLO Y DISTRITOS ALEDAÑOS

| INDICADOR                   | TRUJILLO | ESPERANZA | PORVENIR | FCIA. MORA | V. LARCO | HUANCHACO | MOCHE |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|------------|----------|-----------|-------|
| % de PEA de 6 a 14 años     | 2.1      | 1.9       | 2.4      | 2.4        | 2.2      | 2.5       | 2.4   |
| % de PEA de 15 a más años   | 46.5     | 46.6      | 48.7     | 48.5       | 48.3     | 48.6      | 48.9  |
| % de dependencia económica  | 229.8    | 285.3     | 260.4    | 266.0      | 336.8    | 236.5     | 252.0 |
| % Ocupada de 15 a más años. |          |           |          |            |          |           |       |
| • Con primaria incompleta   | 8.5      | 16.6      | 21.8     | 22.6       | 11.0     | 19.3      | 16.9  |
| • En agricultura            | 3.4      | 4.5       | 3.7      | 3.0        | 5.4      | 15.9      | 15.8  |
| • En servicios              | 77.6     | 65.2      | 53.5     | 61.2       | 71.1     | 53.8      | 54.8  |
| • Asalariados               | 53.4     | 50.0      | 50.2     | 46.2       | 50.7     | 47.1      | 50.6  |
| • No remunerados            | 5.5      | 6.3       | 6.3      | 6.5        | 5.4      | 7.9       | 7.5   |

Con los indicadores planteados se ha determinado 168,882 pobres en la zona urbana de la ciudad de Trujillo y distritos aledaños, comprendidos en 24.75 Km<sup>2</sup>.

(1) INEI. Mapa de Necesidades Básicas Insatisfechas de los Hogares a Nivel Distrital. Trujillo 1995

Hoja para M-4.19

Hoja para M-4.20

M-4.21

M-4.22

M-4.23

## **4.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PELIGROS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO Y ZONAS ALEDAÑA**

### **4.6.1. Metodología General**

Los datos que puede manejar un Sistema de Información Geográfica, en este caso, el programa ArcView GIS, deben ser cuidadosamente revisados y actualizados con el fin de garantizar la confiabilidad de la información a manejar.

La información disponible, entonces, debe ser materia de un minucioso trabajo de edición y modificación tanto en su base CAD como en su inserción en el SIG. A todo ello, se suma el hecho de la georeferenciación, que viene a ser la exacta localización espacial de cada elemento a ser mostrado y sometido a este sistema.

Con la implementación adecuada de estos sistemas orientados al manejo y gestión de la información sobre vulnerabilidad, peligros, amenazas y demás parámetros, todo sistema de Información Geográfica puede producir un resultado que debe ser contrastado con los propósitos del estudio propuesto, que en este caso, será la elaboración del Mapa de Peligros de la Ciudad de Trujillo.

Como se muestra en la Fig.4.34, este proceso de inserción de datos en formato CAD hacia una base de datos en formato SIG, debe ser de tal forma que cada elemento geográficamente representado tenga su correspondiente récord en la base de datos.

### **Descripción de la metodología en un SIG para la elaboración del Mapa de Peligros para la ciudad de Trujillo.**

El equipo multidisciplinario encargado de la elaboración del presente estudio, es el encargado de verificar y recoger toda aquella información directamente de un levantamiento de campo. Esta fase, realizada por cada especialista, se ha realizado de modo tal que sirva como base de datos para el levantamiento de todo el sistema informático. Ver Fig.4.35.

A su vez, la información físico espacial está debidamente georeferenciada, producto del intercambio de información con instituciones que actualmente realizan este tipo de trabajo.

El proceso de alimentación de información a esta base de datos, tanto física como espacialmente, está en constante retroalimentación de acuerdo a nuevos hallazgos e importantes actualizaciones realizadas por el equipo de trabajo, y que será a su vez, materia de exposición en el Conversatorio – Taller programado próximamente.



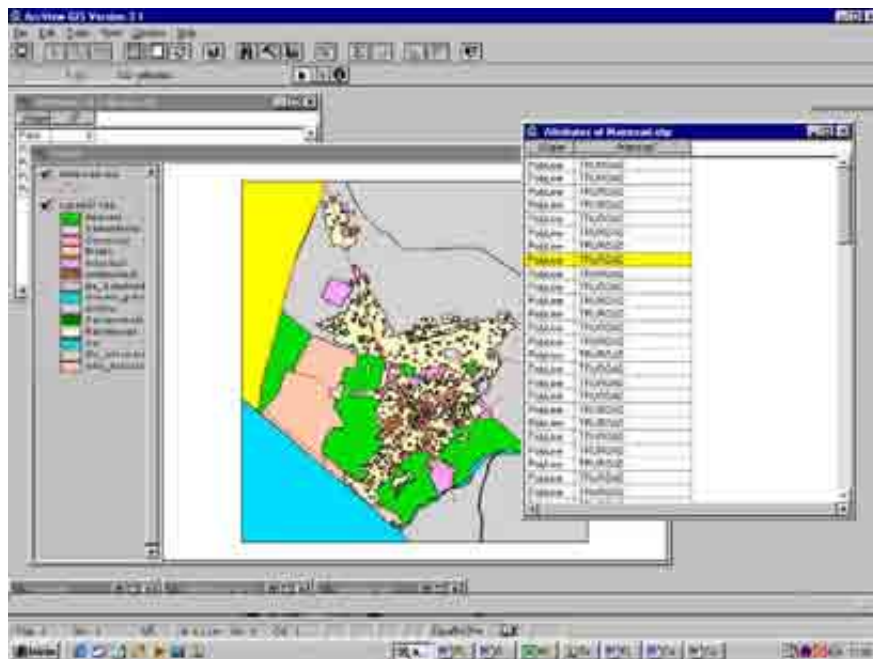


Figura 4.34. Ejemplo de relación de la base geográfica con una base de datos en un SIG aplicado a la ciudad de Trujillo. Fuente: Rodríguez, ITC. 1999.

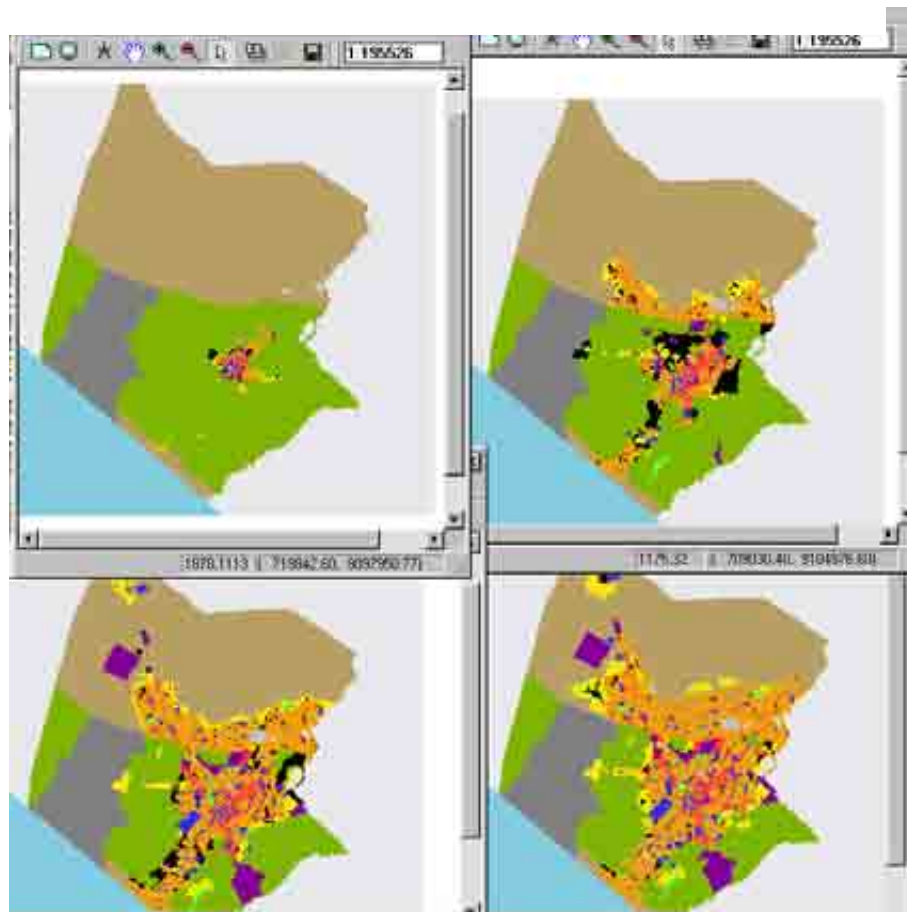


Figura 4.35. Modelo SIG aplicado al crecimiento urbano de la ciudad de Trujillo. Fuente: Rodríguez, ITC, 1999.

## CAPITULO V

### RESULTADOS DE LOS MAPAS DE PELIGROS

En este capítulo, se está presentando los resultados parciales y finales de los mapas de peligros; destacándose que en cada uno de ellos se muestra gráficamente el peligro potencial al que estaría expuesta el área de estudio.

#### 5.1. Mapa de peligros según capacidad Portante (M-5.1)

En este mapa se aprecia que la franja costera tiene un suelo **muy peligroso (color rojo)** por la baja calidad de suelo; la zona adyacente a este, además de la rivera del río Moche, las zonas de El Milagro, La Esperanza, EL porvenir, Florencia de MORA, Vista Alegre, Las Delicias, Moche y Salaverry, **poseen suelos Peligrosos(Color Naranja)**. La ciudad de Trujillo en su mayor parte tiene **suelo Medianamente peligroso(color Amarillo)** y una parte del Centro Histórico, además de las zonas de Monserrate, Urbanizaciones de Santa Maria y La Rinconada, además de las zonas de cultivo actuales y la zona de Cerros, poseen terrenos con suelos de **peligro bajo.(Color verde)**

#### 5.2. Mapa de Peligros Climáticos y Tsunamis (M-5.2)

En el presente mapa se puede indicar que las zonas donde ocurrieron inundaciones por desborde del río Moche, o por activación de las quebradas de Río Seco, San Idelfonso, El Leon; además de los puntos críticos de elevación del nivel freático, constituyen **áreas muy peligrosas( color rojo)**; **las areas aledañas a esta son Peligrosas ( color naranja)**, la gran extensión de Victor Larco, Trujillo, El Porvenir , Florencia de Mora, El Aeropuerto de Huanchaco, El valle de Laredo, zona de Chanchan, **el peligro es Medio (color amarillo)** y las zonas alejadas en los cerros tienen **peligro bajo ( color verde)**.

#### 5.3. Mapa de Peligros por contaminación Antropogénica (M-5.3)

En este mapa podemos apreciar, que la zona de mayor peligro por contaminación antropogénica, lo ostenta el botadero de **El Milagro (color Rojo)**, Las zonas De Huanchaco, Víctor Larco y Barraza y Santa Rosa se determinan como areas **de peligro alto(color naranja)**, por otro lado gran parte de Trujillo Oeste y oriente, La Esperanza, El Porvenir, Florencia de Mora, La zona de la Curva de Sun y la salida al sur, presentan un **peligro medio (color amarillo)**; finalmente el centro de Trujillo y las principales urbanizaciones además de las zonas alejadas de las poblaciones tienen **bajo peligro de contaminación antropogénica(color verde)**

#### 5.4. Mapa de Peligros por Malaria y Dengue. (M-5.4)

En este mapa podemos apreciar que el area de estudio **no tiene MUY ALTO PELIGRO** (color rojo) por epidemias de malaria y Dengue; sin embargo se aprecia que existe **ALTO PELIGRO ( COLOR NARANJA)** en la mayor parte de las zonas pobladas del área de estudio, **MANTENIENDO EL RANGO DE ZONA DE**

**MEDIANO PELIGRO(COLOR AMARILLO)** LAS ZONAS POBLADAS DE Victor Larco, Las Delicias, Moche, Salaverry y Laredo, el resto despoblado se asume como fuera de peligro o **bajo peligro(color verde)**.

### 5.5. Mapa de Pobreza (M-5.5)

En este mapa se quiere mostrar que en el área de estudio existen zonas de **pobreza extrema (color rojo)**, ubicadas alrededor del el centro histórico de Trujillo, Buenos Aires, Alto Trujillo, Rio Seco (Florenxia de Mora), Poblado del Cerro Pesqueda, Parte Baja de Manuel Arevalo, Parte Alta de la Esperanza y asentamientos humanos fuera de las zonas urbanizadas. Asimismo se ha detectado **Pobreza Regular (color naranja)** en gran parte de población de Huanchaco, El Tropicó, La Esperanza, El Porvenir, Florenxia de Mora, Vista Alegre, Las delicias, Moche, Salaverry, Parte norte alrededor de TRUJILLO, La Otra parte de La Esperanza, El Porvenir, y Florenxia de Mora exponen una **Pobreza Aceptable(color amarillo)**, finalmente tenemos la población considerada como no pobres, ella se encuentra en Trujillo y sus urbanizaciones de alrededor.

### 5.6. Mapa Poblacional de Trujillo (M-5.6)

En este mapa se ha pretendido presentar la densidad poblacional, estableciéndose como área de **muy alta densidad poblacional relativa del área de estudio (color rojo)** al distrito de Trujillo, **alta densidad poblacional relativa, a La Esperanza (color naranja)**, **baja densidad poblacional relativa, a la zona de Víctor Larco(color amarillo)** y el resto del area de estudio se considera de **baja densidad poblacional(color verde)**.

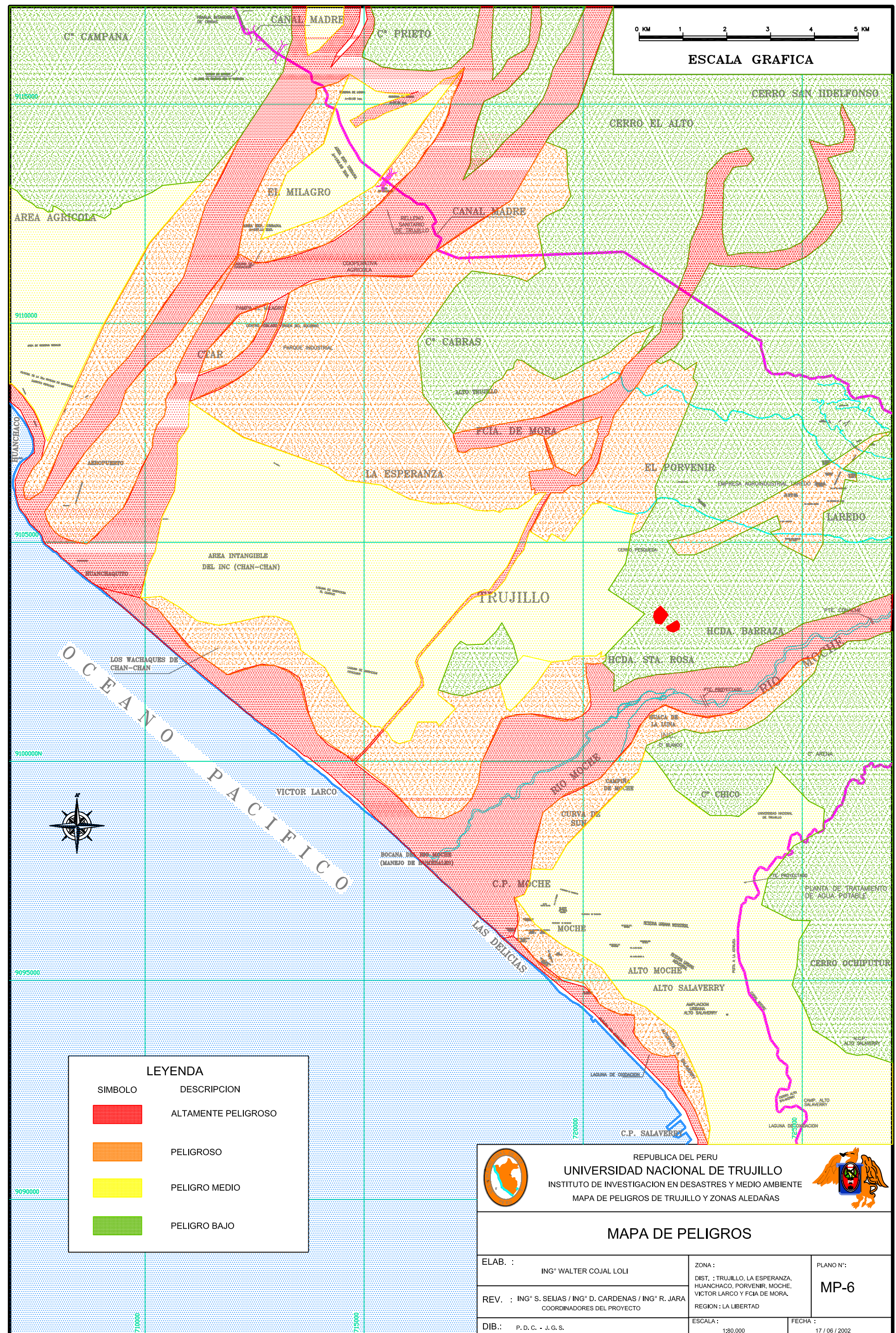
### 5.7. Mapa de Peligros General de la ciudad de Trujillo y zonas Aledañas (M-5.7)

Este mapa es el resumen de la superposición de los mapas anteriores, en el se pueden apreciar las zonas de **MUY ALTO PELIGRO (ZONAS COLOR ROJO)** en las zonas de inundación y niveles freáticos altos, suelos de pobre capacidad portante, población de pobreza entre extrema y regular, mediano peligro de epidemia por malaria y dengue, admas de baja densidad poblacional relativa. Los lugares detectados en esta situación se ubican en Huanchaco, Huanchaquito, Buenos aires, Las Delicias, los margenes del Rio Moche, Alto Trujillo, zona de El Porvenir inundada por activacion de la quebrada de San Idelfonso, las zonas en los costados de la población de El Milagro por activacion de sus quebradas.

Se considera zonas **de PELIGRO ALTO (COLOR NARANJA)**, las zonas aledañas a las mencionadas anteriormente. **PELIGRO MEDIO (COLOR AMARILLO)**, se ha considerado las ZONAS pobladas de Trujillo y sus urbanizaciones de alrededor, las zonas despobladas entre las zonas ya habitadas.



Finalmente, la zona **de BAJO PELIGRO (COLOR VERDE)** las areas de cultivo actuales, las partes altas de los cerros y las zonas de buena calidad de suelo identificadas en Trujillo centro y algunas de sus urbanizaciones.





**LEYENDA**

| SIMBOLO | DESCRIPCION        |
|---------|--------------------|
|         | ALTAMENTE PELIGOSO |
|         | PELIGOSO           |
|         | PELIGRO MEDIO      |
|         | PELIGRO BAJO       |


 REPUBLICA DEL PERU  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
 INSTITUTO DE INVESTIGACION EN DESASTRES Y MEDIO AMBIENTE  
 MAPA DE PELIGROS DE TRUJILLO Y ZONAS ALEDAÑAS
 

**MAPA DE PELIGROS**

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| ELAB. :<br>ING° WALTER COJAL LOLI   | ZONA :<br>DIST. : TRUJILLO, LA ESPERANZA,<br>HUANCHACO, PORVENIR, MOCHE,<br>VICTOR LARCO Y FCIA DE MORA.<br>REGION : LA LIBERTAD | PLANO N°:<br><b>MP-6</b>  |
| REV. : ING° S. SEIJAS / ING° D. CARDENAS / ING° R. JARA<br>COORDINADORES DEL PROYECTO | ESCALA :<br>1:80,000   | FECHA :<br>17 / 06 / 2002 |
| DIB. : P. D. C. - J. G. S.  |  |                           |



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES:

- El área razonable para el mapa de peligros del presente estudio fue: Trujillo, Huanchaco, La Esperanza, El Porvenir, Florencia de Mora, Moche y Víctor Larco.
- Se elaboró los mapas: Físico, Económico – Productivo, de Biodiversidad, de Capacidad Portante, de Inundaciones, Epidemiológicas y de amenazas Ambientales.
- Se evaluó los peligros naturales y antropogénicos del área de estudio, representándolos en su mapa respectivo.
- Se consolidó los peligros evaluados en el ítem anterior, constituyendo el mapa general de peligros de la ciudad de Trujillo y alrededores.
- Se considera Zonas de MUY ALTO PELIGRO (color rojo) la cuenca del río moche, la zona de discurrimento al activarse las quebradas de “San Idelfonso” y quebrada “El León”, el litoral costero que abarca desde Huanchaquito hasta Salaverry. Además el poblado de Alto Trujillo.
- Se estima como Zonas PELIGROSAS (color naranja) las zonas contiguas al área denominada ALTAMENTE PELIGROSA, se añade a ellas los asentamientos urbanos de Huanchaco, Huanchaquito, La Esperanza, El Porvenir, Florencia de Mora, Laredo, Alto Moche, Alto Salaverry, Moche, Vista Alegre, El Milagro, Cerro Pesqueda, Barrio El Alambre, Las Malvinas, Subestación Sur de Hidrandina (Sta. María), Barrio Aranjuez, Calle Unión, Av. Perú y su prolongación hasta el Porvenir, borde NO de la avenida España, Av. Juan Pablo, Av. Larco, Asentamientos Urbanos cerca al Aeropuerto Martínez de Pinillos .o.
- Se considera Zonas de PELIGRO MEDIO (color amarillo) Casco Urbano de la Ciudad de Trujillo, urbanizaciones aledañas, zona intangible de Chan Chan, asentamiento de El Milagro.
- Finalmente, son Zonas de PELIGRO BAJO (color verde) las zonas altas de los Cerros Ochipatar, Cerro Blanco, Cerro el Alto, cerro San Idelfonso, Cerro Cabras, Cerro Prieto y Cerro Campana, zona centro de Trujillo y sus urbanizaciones de Monserrate, Santa Maria y La Rinconada.

**6.2 RECOMENDACIONES:**

- En las zonas de MUY ALTO PELIGRO (color rojo) en donde hay construcciones para viviendas, caso Buenos Aires y Alto Trujillo, programar su reubicación o la construcción de viviendas apropiadas que soporten eventos sísmicos, asimismo instruir a los pobladores para evitar las enfermedades infecto – contagiosas, la delincuencia, la pobreza extrema.
- En las Zonas PELIGROSAS (color naranja) tomar las precauciones anteriores, además establecer planificación de las construcciones que sean de material noble y antisísmico.
- En las Zonas de PELIGRO MEDIO (color amarillo) efectuar los estudios de capacidad portante y microtrepidación para establecer las futuras zonas de expansión urbana.
- Complementar el presente estudio, con sondajas adicionales para la micro zonificación del suelo estudiado.