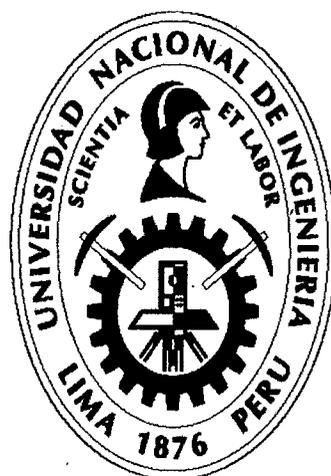


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIOS DE EFECTOS DEL FENÓMENO DE “EL NIÑO” EN SISTEMAS DE
AGUA Y ALCANTARILLADO PARA CIUDADES DEL NOROESTE DEL PERÚ**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

ANDRÉS JORGE HUAMÁN CANGALAYA

Lima-Perú

2011

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	7
LISTA DE CUADROS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE SÍMBOLOS.....	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	18
1.1 IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA VIDA HUMANA Y DE LOS SERES VIVOS	18
1.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL FENÓMENO DE EL NIÑO	20
1.2.1 Aspectos Generales.....	20
1.2.2 El Fenómeno de El Niño	26
1.2.3 Daños Ocasionados por El Fenómeno de El Niño	30
1.2.4 Efectos de El Niño 1997-98 en el Perú.....	33
1.3 CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS E HIDROLÓGICAS	34
1.3.1 Hidrología	34
1.3.2 Hidráulica.....	38
1.3.3 Geomorfología Fluvial.....	40
1.4 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS	46
1.4.1 Deslizamientos.....	46
1.4.2 Deslizamientos y Condiciones Hidrológicas y Climáticas	49
1.5 DISEÑO DE OBRAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	50
1.5.1 Piura	51
1.5.2 Tumbes.....	52
1.6 DISEÑO DE OBRAS DE ALCANTARILLADO	53
1.6.1 Piura	53
1.6.2 Tumbes.....	53
1.7 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS.....	54
1.8 CIUDADES DEL NOROESTE PERUANO.....	55
1.9 PROGRAMA CIUDAD SOSTENIBLE Y LOS MAPAS DE PELIGRO.....	56

CAPÍTULO II EXPOSICIÓN DE HIPÓTESIS	61
2.1 HIPÓTESIS	61
2.2 INTRODUCCIÓN	61
2.3 LAS INUNDACIONES.....	64
2.3.1 Evaluación del Peligro y Vulnerabilidades de las construcciones sujetas a Inundaciones.....	66
2.4 IMPACTO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	68
2.5 POSIBLES FALLAS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA – COMPONENTES MAS VULNERABLES	71
2.6 POSIBLES FALLAS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO – COMPONENTES MAS VULNERABLES	74
CAPÍTULO III ADQUISICIÓN DE DATOS DEL ÁREA EN ESTUDIO	76
3.1 CIUDAD DE TUMBES	76
3.2 VISITAS Y/O INSPECCIONES TÉCNICAS.....	83
3.2.1 Descripción del Sistema de Agua – Ciudad de Tumbes	83
3.2.2 Descripción del Sistema de Alcantarillado – Ciudad de Tumbes.	96
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN EN SISTEMAS DE AGUA	104
4.1 INUNDACIONES EN TUMBES Y LOS SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO:.....	104
4.2 MICROZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD ANTE INUNDACIONES.....	110
4.3 ANÁLISIS DE EFECTOS DEL FENÓMENO DE “EL NIÑO” PARA LA FORMULACIÓN DE UNA TIPOLOGÍA DE DAÑOS	111
4.4 PRESENTACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS EN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	113
4.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS - FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	131

CAPÍTULO V ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	136
5.1 ENSEÑANZAS DE EFECTOS DE EL NIÑO EN LA COSTA NORTE.....	136
5.2 PRESENTACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.	142
5.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS - FORMULACIÓN DE SOLUCIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	148
CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFÍA	160
ANEXOS.....	163

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se realizó con el financiamiento y auspicio proporcionado por el World Bank (WB). Organización que por intermedio de su programa de agua y saneamiento Water and Sanitation Program (WSP), brinda el apoyo necesario para que jóvenes egresados puedan alcanzar el título profesional, mediante trabajos de tesis orientados a la Prevención y Mitigación de Desastres Naturales.

El WSP es una alianza internacional para mejorar políticas, prácticas y capacidades en el sector en beneficio de los más pobres.

Para Carmen, Andrés y Marycarmen;
compañía para toda la vida.

RESUMEN

El objetivo de esta Tesis es presentar una metodología que conduzca a reducir pérdidas causadas por fenómenos naturales intensos como son las inundaciones; así como la actividad humana, por daños que causan a componentes de sistemas de agua y alcantarillado (S A y A). Puede aplicarse tanto para el diseño y construcción de sistemas nuevos; como para reducir la vulnerabilidad de instalaciones existentes.

Esta investigación describe los daños que ocurrieron en los Sistemas de Agua y Alcantarillado (S A y A) en la región noroeste del Perú, causados por el fenómeno de El Niño de 1982-83 y 1997-98, y su correlación con los mapas de inundación desarrollados por el Programa Ciudades Sostenibles INDECI/PNUD (PCS) entre 1998 y 2009. Se determinan las causas de estos daños y se proponen medidas de mitigación para reducir las pérdidas que se puedan presentar en los componentes más vulnerables de los S A y A. También esta investigación tiene utilidad práctica para identificar los componentes de S A y A con mayor riesgo de falla, de acuerdo a la amenaza natural y la vulnerabilidad de sus componentes, lo que permite reforzar y mejorar sistemas existentes.

Los estudios estuvieron enfocados principalmente en la ciudad de Tumbes por considerar que reunía una serie de casos de estudio más completa lo que resulta más interesante desde el punto de vista de la ingeniería. Tumbes se desarrolló sobre un sector ondulado, con topografía accidentada, donde la erosión en las quebradas, desentierra tuberías de agua y desagüe y la dispersa aguas abajo. También comprende un sector plano donde las inundaciones se producen por desborde en la cuenca baja del río Tumbes, que se hace cada vez más intenso, por la colmatación de su fondo, por depredación de la cobertura vegetal en sus cuencas altas y medias, que deja al descubierto suelo erosionable que ingresa al río y luego transportada aguas abajo. Además, información sobre lo ocurrido en ciudades como Piura, Chiclayo y Talara es desarrollada y analizada de manera resumida en esta investigación.

Se prevé que por el calentamiento global de la Tierra, los eventos naturales de origen climático, como el fenómeno de El Niño, serán más frecuentes e intensos en las próximas décadas, por lo que es importante proteger los S A y A.

En la ciudad de Tumbes, la fuente de abastecimiento de agua es el río Tumbes, el cual cambia su régimen hídrico periódicamente. Se pudo comprobar la alta vulnerabilidad de la bocatoma pues el río tiende a alejarse de este componente, el problema se intensifica cuando se presenta "El Niño".

Además de las enseñanzas de tipo técnico de daños causados por erosión hídrica y colmatación de tuberías, se pudo analizar la organización de la empresa que maneja el sistema de agua y alcantarillado de Tumbes, la empresa de agua carece de experiencia y de conocimiento para el manejo de S A y A en caso de fenómenos naturales intensos y hacer frente a las emergencias por lo que se hace necesario la capacitación de sus funcionarios y técnicos.

El caso de Tumbes es dramático, pues al recibir un sistema de agua y desagüe prácticamente colapsado, y no haber efectuado inversiones significativas para su mejora y mantenimiento, su funcionamiento es muy deficiente, sobre todo el de alcantarillado que produce frecuentes atoros, desbordes y contaminación en su sector bajo.

La metodología de trabajo incluye tres etapas. La primera comprende actividades de recolección, selección y revisión de información existente sobre el tema desarrollado. El planteamiento de una hipótesis y la adquisición de datos mediante visitas e inspecciones de campo forman parte de la segunda etapa.

En la última parte, se analiza la información obtenida y se formulan matrices de daños y recomendaciones para cada componente de los S A y A. Se enfatiza en la importancia de la ubicación de los principales componentes de los S A y A, y efectuar estudios de sitio ya que las condiciones del lugar dadas por las características de suelo, geología, topografía, parámetros críticos entre otros son determinantes en el grado de daños ocurridos por inundaciones y/o deslizamientos.

LISTA DE CUADROS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
CUADRO N° 1. 1	SECTORES SEGÚN EL GRADO DE PELIGRO	60
CUADRO N° 2. 1	REPORTE DE INUNDACIONES AÑOS 1997-98	68
CUADRO N° 3. 1	DEPARTAMENTO DE TUMBES: SUPERFICIE Y POBLACIÓN	77
CUADRO N° 3. 2	TUMBES: VALOR AGREGADO BRUTO	78
CUADRO N° 3. 3	REGISTRO RÍO TUMBES	85
CUADRO N° 3. 4	EQUIPO DE BOMBEO	87
CUADRO N° 3. 5	DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN	87
CUADRO N° 3. 6	CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS INSTALADAS	89
CUADRO N° 3. 7	CARACTERÍSTICAS DE LÍNEAS DE IMPULSIÓN	89
CUADRO N° 3. 8	CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS INSTALADAS	90
CUADRO N° 3. 9	CARACTERÍSTICAS LÍNEA DE IMPULSIÓN PLANTA N 02	91
CUADRO N° 3. 10	CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE AGUA TRATADO EL TABLAZO	91
CUADRO N° 3. 11	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS EN LA ESTACIÓN DE REBOMBEO	92
CUADRO N° 3. 12	CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA TRATADA	92
CUADRO N° 3. 13	CARACTERÍSTICAS DE LOS RESERVORIOS EXISTENTES	93
CUADRO N° 3. 14	CARACTERÍSTICAS REDES MATRICES	94
CUADRO N° 3. 15	CARACTERÍSTICAS REDES SECUNDARIAS	95
CUADRO N° 3. 16	CARACTERÍSTICAS CAPTACIÓN FUENTE SUBTERRÁNEA	95
CUADRO N° 3. 17	CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE BOMBEO – FUENTE SUBTERRÁNEA	95
CUADRO N° 3. 18	CARACTERÍSTICAS LÍNEA DE IMPULSIÓN - FUENTE SUBTERRÁNEA	96
CUADRO N° 3. 19	RELACIÓN DE EMISORES EXISTENTES	97
CUADRO N° 3. 20	RELACIÓN DE COLECTORES PRINCIPALES EXISTENTES	97
CUADRO N° 3. 21	RELACIÓN DE COLECTORES SECUNDARIOS EXISTENTES	98
CUADRO N° 3. 22	ÁREAS DE DRENAJE	99
CUADRO N° 3. 23	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CÁMARA DE BOMBEO N 01	100
CUADRO N° 3. 24	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CÁMARA DE BOMBEO N 02	100

CUADRO N° 3. 25	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CÁMARA DE BOMBEO N 03	101
CUADRO N° 3. 26	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CÁMARA DE BOMBEO N 04	101
CUADRO N° 3. 27	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS CÁMARA DE BOMBEO N 05	102
CUADRO N° 3. 28	CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN- SISTEMA DE ALCANTARILLADO	102
CUADRO N° 3. 29	CARACTERÍSTICAS DE LAGUNA PRIMARIA	103

LISTA DE FIGURAS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
FIGURA N° 1 . 1	TÍPICA EROSIÓN DE QUEBRADAS DURANTE EL NIÑO 1982-83. SE DESTRUYERON TUBERÍAS DE AGUA Y DESAGÜE.	15
FIGURA N° 1 . 2	BOCATOMA DEL EJE PAITA TALARA INCLINADA AFECTADA POR UN DESLIZAMIENTO ACTIVO, PROCESO QUE SE ACELERA CON EL NIÑO.	15
FIGURA N° 1 . 3	NOTE QUE LA INCLINACIÓN DE LA CASA DE BOMBAS HA DEFASADO SU PUERTA DE ACCESO.	16
FIGURA N° 1 . 4	RÍOS, PRINCIPAL FUENTE DE AGUA DULCE.	18
FIGURA N° 1 . 5	CICLO DEL AGUA.	18
FIGURA N° 1 . 6	EQUILIBRIO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA TIERRA.	20
FIGURA N° 1 . 7	SEVERAS INUNDACIONES EN CUSCO. ENERO 2010	20
FIGURA N° 1 . 8	RECESIÓN DE GLACIALES CAUSADOS POR EL CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA.	20
FIGURA N° 1 . 9	TEMPERATURA PROMEDIO DE LA TIERRA, A PARTIR DE 1860, TOMANDO COMO LÍNEA BASE EL PROMEDIO DE LA TEMPERATURA 1961-1990 EN GRADO CELSIUS (°C).	25
FIGURA N° 1 . 10	ÍNDICES DE OSCILACIÓN SUR (IOS O ENSO-SEL) EN 1982-83 Y EN 1997-98.	28
FIGURA N° 1 . 11	ANOMALÍAS DE LA TSM EL 23 DE ENERO DE 1998.	29
FIGURA N° 1 . 12	ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN PAITA. PERÚ ENTRE 1963 Y 2009. DURANTE LOS EVENTOS DE EL NIÑO SE OBSERVAN PICOS POR ENCIMA DE 8°C DE ANOMALÍA.	29
FIGURA N° 1 . 13	QUEBRADA PARIÑAS.	32
FIGURA N° 1 . 14	PRECIPITACIONES ACUMULADAS SEPTIEMBRE /ABRIL	34
FIGURA N° 1 . 15	CAUDAL A LA SALIDA DE LA CUENCA VS TIEMPO	36
FIGURA N° 1 . 16	PROCESO DE DEGRADACIÓN EN EL CAUCE DE UN RÍO.	42
FIGURA N° 1 . 17	DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS EN BARRAS E ISLAS. A) RÍO DESBARATADO B) AGRADACIÓN DEL CAUCE Y AMPLIACIÓN DE LAS ORILLAS POR EROSIÓN MARGINAL	43
FIGURA N° 1 . 18	PROCESO DE AGRADACIÓN EN EL RÍO YANANGO. LA MERCED - JUNÍN.	43
FIGURA N° 1 . 19	BARRAS INTERMEDIAS Y BARRAS PUNTA.	44

FIGURA N° 1 . 20	ELEMENTOS DE UN DESLIZAMIENTO	47
FIGURA N° 1 . 21	PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN EL TIEMPO, PRODUCIDA ENTRE EL 12 Y 14 DE FEBRERO DE 1998 EN MALPASO. TUMBES.	50
FIGURA N° 1 . 22	VISTA GENERAL DE MALPASO. CARRETERA PANAMERICANA NORTE. TUMBES.	50
FIGURA N° 1 . 23	PRECIPITACIONES EN EL PERIODO 97-98 EN LA COSTA NOROESTE PERUANA.	56
FIGURA N° 2 . 1	BOCATOMA DEL EJE PAITA-TALARA.	64
FIGURA N° 2 . 2	INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO 1997-98	68
FIGURA N° 2 . 3	ANÁLISIS COMPARATIVO ENSO 82-83 Y 97-98	69
FIGURA N° 2 . 4	ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA ATARJEA EN LIMA	73
FIGURA N° 2 . 5	VISTA AÉREA PARCIAL LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA ATARJEA EN LIMA	73
FIGURA N° 2 . 6	DAÑOS EN TUBERÍAS 1 - LÍNEAS DE IMPULSIÓN Y ADUCCIÓN. INUNDACIONES, SISMOS.	75
FIGURA N° 2 . 7	DAÑOS EN TUBERÍAS 2 - LÍNEAS DE IMPULSIÓN, ADUCCIÓN Y REDES. INUNDACIONES, SISMOS.	75
FIGURA N° 2 . 8	ENSEÑANZAS EN EL SUMINISTRO DE AGUA - ACUEDUCTOS Y SIFONES -IMPERIO ROMANO	75
FIGURA N° 3. 1	MAPA DE TUMBES. CIUDAD EN LA QUE SE DESARROLLA EL ESTUDIO DE CASO.	79
FIGURA N° 4. 1	CONDICIÓN TÍPICA DE URBANIZACIÓN EN LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DE UN RÍO - ZONA BAJA DE TUMBES	107
FIGURA N° 4. 2	INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN EN FLUJOS DEAVENIDAS.	109
FIGURA N° 4. 3	COLMATACIÓN DEL CAUCE - SITUACIÓN DEL RÍO TUMBES	109
FIGURA N° 4. 4	AVULSIÓN DEL CAUCE. PROBLEMA QUE SE PRESENTA EN EL TRAMO DE LA BOCATOMA EN EL RÍO TUMBES .	110
FIGURA N° 4. 5	CAPTACIÓN ACTUAL. TUBERÍA DE SUCCIÓN RÍGIDA.	114
FIGURA N° 4. 6	CAPTACIÓN ANTIGUA, EN DESUSO ACTUALMENTE.	114
FIGURA N° 4. 7	ENTORNO DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - VISTA I	116
FIGURA N° 4. 8	ENTORNO DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN – VISTA II	116
FIGURA N° 4. 9	LÍNEA DE CONDUCCIÓN ACTUAL DE LA CAPTACIÓN – PLANTA	117

FIGURA N° 4. 10	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA – VISTA 01.	120
FIGURA N° 4. 11	PLANTA DE TRATAMIENTO, NOTE EL ALEJAMIENTO DEL RÍO DE LA PLANTA – VISTA 02.	120
FIGURA N° 4. 12	PLANTA DE TRATAMIENTO – VISTA 03.	120
FIGURA N° 4. 13	RESERVORIO R1 "EL TABLAZO". CAPACIDAD DE 2500 M ³ .	121
FIGURA N° 4. 14	RESERVORIO R2 "EL MIRADOR". CAPACIDAD DE 1000 M ³ .	122
FIGURA N° 4. 15	RESERVORIO R4 "LISHNER TUDELA". CAPACIDAD DE 1000 M ³ .	123
FIGURA N° 4. 16	RESERVORIO R3 "ANDRÉS ARAUJO". CAPACIDAD DE 550 M ³ .	123
FIGURA N° 4. 17	RESERVORIO R5 "PUERTO PIZARRO". CAPACIDAD DE 1000 M ³ , UBICADO EN LAS AFUERAS DE LA CIUDAD.	124
FIGURA N° 4. 18	FALLAS EN TUBERÍAS	125
FIGURA N° 4. 19	ADOQUINES COLAPSADOS EN EL SECTOR SAN JOSÉ BAJO; REDES VULNERABLES A LA EROSIÓN.	126
FIGURA N° 4. 20	SISTEMA DE CLORACIÓN EN LOS POZOS - NÓTESE LA VULNERABILIDAD A CAER ANTE UN EVENTO SÍSMICO	127
FIGURA N° 4. 21	POZO LISHNER TUDELA	128
FIGURA N° 4. 22	POZO ANDRÉS ARAUJO - VISTA 01	129
FIGURA N° 4. 23	POZO ANDRÉS ARAUJO - VISTA 02	129
FIGURA N° 4. 24	POZO N 5	130
FIGURA N° 5. 1	PROBLEMÁTICA EN PIURA Y CHICLAYO	136
FIGURA N° 5. 2	EJE PAITA – TALARA, TRAMO EN REPARACIÓN.	138
FIGURA N° 5. 3	TRAMO DEL EJE PAITA – TALARA ARRASADO QUEBRADA LA DÉBORA.	139
FIGURA N° 5. 4	TRAMO RECONSTRUIDO DEL EJE PAITA TALARA SOBRE EL PUENTE SIMÓN RODRÍGUEZ.	140
FIGURA N° 5. 5	EJE PAITA TALARA.	140
FIGURA N° 5. 6	PILOTE DE CONCRETO EROSIONADO.	141
FIGURA N° 5. 7	DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.	143
FIGURA N° 5. 8	CÁMARA DE BOMBEO SALAMANCA, PRESENTA EROSIÓN EN SU ESTRUCTURA. ESTÁ UBICADA EN UNA ZONA INUNDABLE.	144
FIGURA N° 5. 9	DESAGÜE BURBUJEANDO EN UN CANAL DE DRENAJE EN SAN JOSÉ, TUMBES.	145
FIGURA N° 5. 10	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN - VISTA I	147
FIGURA N° 5. 11	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN - VISTA II	147

LISTA DE SÍMBOLOS

<u>ABREVIATURA</u>	<u>DENOMINACIÓN COMPLETA</u>	<u>UNIDAD</u>
p	Presión	kg/cm ²
hab.	Habitantes	-
hp. (horse power)	Caballo Fuerza	-
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez	-
rpm	Revoluciones por minuto	-
mca	Metros de columna de agua	-
Q, q	Caudal	m ³ /s
∅	Diámetro	mm
l/s	Litros por segundo	-
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo	-
W	Watio	-
V	Voltio	-
KW	Kilowatio	-
NF	Nivel freático	-
CSN	Tubería de concreto simple normalizado	-
AC	Tubería de asbesto y cemento	-
FF	Tubería de fierro fundido	-
PVC	Tubería de cloruro de polivinilo	-
POLIET o HDPE	Tubería de Polietileno	-
HD	Tubería de Hierro dúctil	-
CR	Tubería de concreto reforzado	-
A.D.T	Altura dinámica total	-
G.E.	Grupo electrógeno	-
N.D.	Nivel dinámico	-
PROF.	Profundidad	-
DN	Diámetro Nominal	mm
NOAA	National and Oceanic Atmospheric Administration	-
KFW	Banco Alemán de crédito para la reconstrucción.	-

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta Tesis se justifica, debido a que, cuando ocurren fenómenos naturales intensos como inundaciones (**Figura N 1.1**) o deslizamientos asociados a éstos (**Figura N 1.2 y N 1.3**), los sistemas de agua y alcantarillado sufren daños severos en varios de sus componentes, privando a sus usuarios de este vital elemento para el sustento de la vida. La rotura de tuberías de desagües provoca contaminación que hace insalubre la vida de los damnificados, amenazando su salud en el escenario pos desastre, ya en condiciones precarias. Por ejemplo durante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño, ciudades del Noroeste – Tumbes, Piura, Chiclayo, entre otras - quedaron inundadas con muchos de sus sistemas de agua y alcantarillado destruidos y/o colapsados, esto principalmente por las desfavorables características físicas del sitio, que consiste en topografía plana, con pendientes abruptas y en la mayoría de casos con la napa freática cerca de la superficie del suelo.



Figura N° 1 . 1 Típica erosión de quebradas durante El Niño 1982-83. Se destruyeron tuberías de agua y desagüe.



Figura N° 1 . 2 Bocatoma del eje Paita Talara inclinada afectada por un deslizamiento activo, proceso que se acelera con el Niño.

Fuente: Guía Práctica (GP) – Banco Mundial

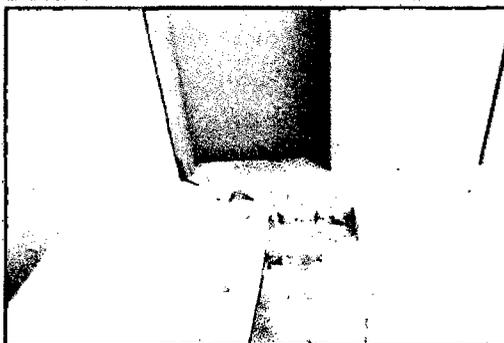


Figura N° 1 . 3 Note que la inclinación de la Casa de Bombas ha desfasado su puerta de acceso.

Es así que el objetivo de esta Tesis es presentar una metodología que conduzca a mitigar y/o prevenir pérdidas y daños causados por inundaciones; así como por la actividad humana, por daños que causan a componentes de sistemas de agua y alcantarillado (S A y A).

Gran parte de las grandes inversiones que se están efectuando en numerosos países en desarrollo, entre ellos el Perú, para dotar de agua limpia y drenaje de aguas servidas, pueden perderse en un importante porcentaje, si los nuevos sistemas de agua y alcantarillado no quedan adecuadamente protegidos de amenazas naturales intensas. También el esfuerzo global de proveer de los servicios mencionados quedará disminuido, si los sistemas de agua y alcantarillado existentes, no reducen la vulnerabilidad de sus componentes y son dañados por eventos naturales intensos.

En el **Capítulo 1** se incluyen conceptos y consideraciones técnicas indispensables para entender, analizar y formular soluciones a la problemática que se presenta en esta investigación. Se señala la importancia del agua para los seres humanos, animales y plantas, y que cada vez es más escasa, inclusive está disminuyendo su calidad por la contaminación. El rápido e incesante crecimiento de la población mundial y el mejoramiento de la calidad de vida, incrementa el consumo de agua, lo que está dando lugar a la crisis del agua que se manifiesta en forma de escases. Además, se describen de manera general los S A y A de las ciudades de Tumbes y Piura, mencionando sus características y componentes más importantes. Un extracto del artículo "*Consideraciones de Diseño de Estructuras Hidráulicas sujetas al Fenómeno de El Niño*", escrito por el Ing. Arturo Rocha, completa la información en esta primera parte de la Tesis.

Por la geomorfología de la ciudad y los severos daños en los S A y A los años 1997-98 se decidió en principio, focalizar los estudios en la ciudad de Tumbes. Con esto se buscó interpretar, de la mejor manera, el comportamiento de lo que se está investigando. Como resultado de las visitas de inspección a la costa norte, se verificó que la decisión previamente tomada en Lima era adecuada, y se decidió centrar los estudios en los efectos de inundaciones en los servicios de agua y alcantarillado de la ciudad de Tumbes. El desarrollo de ésta hipótesis y la identificación de los componentes más vulnerables en un S A y A constituyen el **Capítulo II**.

El **Capítulo III** desarrolla la información recolectada en la etapa de Adquisición de Datos. Esto se realizó a través de visitas técnicas a la zona de estudio – ciudad de Tumbes – en las que se recorrió los sistemas de agua y alcantarillado en su totalidad. Datos sobre las características de la ciudad de Tumbes y Mapas De Peligro fueron obtenidos de reportes desarrollados por el Programa Ciudades Sostenibles (PCS), el INEI, tesis anteriores, entre otros.

En los **Capítulos IV y V**, se analiza la información obtenida y se formulan: *Tipologías de Daños* para cada sistema en investigación (S A y A), y las respectivas *Matrices de Daños y Recomendaciones* para cada componente de los S A y A. Además, información sobre lo ocurrido en ciudades como Piura, Chiclayo, Sullana y Talara es analizada de manera resumida en el capítulo V.

La última parte de esta Tesis presenta las **Conclusiones Y Recomendaciones** de toda la investigación. Se describen los resultados más notables, obteniéndose *Cadenas de Efectos de El Fenómeno de El Niño sobre los S A Y A*. Se consideran éstos daños originados por inundaciones y/o el Niño como previsibles. En recomendaciones, entre otros, se incluyen aspectos que podrían investigarse más profundamente.

Capítulo I REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LA VIDA HUMANA Y DE LOS SERES VIVOS

El agua es un recurso natural renovable, imprescindible para los seres humanos, animales y plantas. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos, animales o vegetales. El protoplasma, que es una solución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares al agua, es la base de las células vivas. Esto no es de extrañar, ya que la vida en la Tierra se originó en los océanos, se desarrolló en la hidrósfera, para luego salir a tierra, por lo que la función básica de la vida está íntimamente vinculada y depende de las propiedades físico- químicas del agua. Ref.Bib. N° [20]

La presencia de grandes volúmenes de agua es lo que distingue a la Tierra de los otros planetas conocidos del sistema solar, y es lo que hace posible la vida.

En la Tierra hay más de 1,400 millones km³ de agua que son continuamente reciclados y transformados a su paso por los océanos, la atmósfera, la biósfera, los suelos y las rocas de la geósfera. El agua disponible para que el hombre sacie su sed, prepare sus alimentos o cuide su higiene, desarrolle la agricultura y la industria, proviene en gran parte de los ríos y en menor proporción de agua subterránea o de los reservorios naturales o artificiales. Los ríos forman parte de la circulación general del agua o ciclo hidrológico. La humanidad para todo uso dispone de agua dulce, principalmente de ríos, lagos y del subsuelo, que se está reduciendo y contaminando. **Figura N° 1.4 y 1.5**



Figura N° 1.4 Ríos, principal fuente de agua dulce.

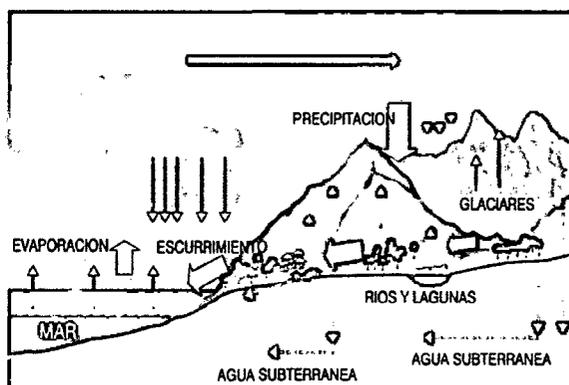


Figura N° 1.5 Ciclo del agua.

Fuente: Guía Práctica (GP) – Banco Mundial

Si se mide la cantidad de agua de cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, la mayor parte la constituye el agua salada, ya que los océanos contienen el 96.5% del agua terrestre. El 3,5% restante es agua dulce, concentrada principalmente en las reservas de las regiones frías (69% del total), como nieve en los casquetes polares y glaciares; o en el subsuelo, en forma de agua subterránea (30% del total). Los lagos contienen un 0,25% mientras que la atmósfera acumula el 0,4%. Los 2 940 000 km³ del agua de los ríos constituyen apenas el 0,006% del agua dulce de la Tierra, pero su relevancia compensa su escaso volumen. El agua de los ríos no solo sustenta la vida: al fluir debido a la gravedad, transporta y deposita rocas y sedimentos, erosiona y modela el paisaje.

La emisión de crecientes volúmenes de gases invernaderos antropogénicos a la atmósfera, generados principalmente por la quema de combustibles fósiles: carbón, petróleo y sus derivados, desde inicios de esta era industrial en el siglo XIX ha roto el equilibrio térmico de la Tierra, mantenido por miles de años, y está provocando su calentamiento global. **Figura N°1.6** (Note en la parte inferior izquierda, que los gases invernaderos reflejan de vuelta a la Tierra los rayos infrarrojos, que incrementa la temperatura de su superficie).

Sus consecuencias más funestas son: el retroceso de glaciales, **Figura N°1.8**, fuente de agua regulado por la propia naturaleza, e incremento de la frecuencia e intensidad de lluvias torrenciales y sus consecuentes inundaciones, como ocurrió en el Cusco en enero de 2010, **Figura N°1. 7** y severas sequías en varias partes del Perú y el mundo, que en las últimas décadas están intensificando los desastres. La carencia de agua en la costa del Perú, ya está causando agudos conflictos por disputas del agua en Tacna, Moquegua y Arequipa, las regiones más áridas del país.

La carencia de agua potable, es la más crítica causa de interrupción de los servicios públicos vitales, para el desarrollo de la vida normal del hombre y para el funcionamiento de la actividad productiva y comercial. El acceso al agua potable es un derecho humano básico de acuerdo a la Declaración de los Derechos Humanos – ONU 1948, que va más allá de la protección de las inversiones rentables, y es una responsabilidad de salud pública ante la sociedad, cuando todavía hay en la América Latina y el Caribe (ALC) falta de

equidad, y un importante porcentaje de su población está en extrema pobreza, y carece de agua potable para su vida diaria.

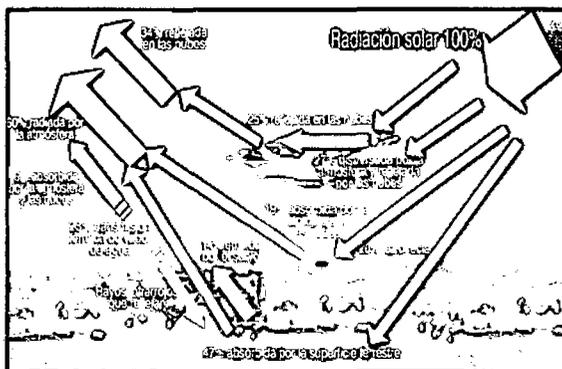


Figura N° 1. 6 Equilibrio de la energía solar en la Tierra.

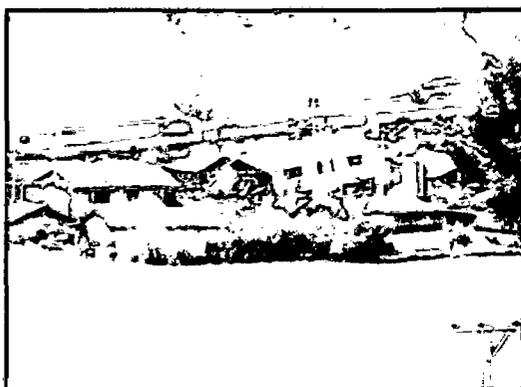


Figura N° 1 : 7 Severas inundaciones en Cusco:
Enero 2010



Figura N° 1 : 8 Recesión de glaciares causados por el calentamiento global de la Tierra.

Fuente: Guía Práctica (GP) – Banco Mundial

Un factor negativo es el rápido incremento poblacional y su asentamiento de gran mayoría de nuevos poblados sin un planteamiento urbano que considere los peligros naturales. En ese sentido esta investigación trata de reducir el riesgo de desastres en Sistemas de Agua y Alcantarillado (S A y A). Se usarán los mapas de peligro existentes en el análisis de la problemática planteada; estos fueron elaborados por el Programa de Ciudades Sostenibles (PCS). En el PCS se considera prioritaria la protección de los servicios públicos vitales, entre ellos, el más importante es el suministro de agua potable seguro y con calidad.

1.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL FENÓMENO DE EL NIÑO

1.2.1 Aspectos Generales

Los fenómenos climáticos o hidro-meteorológicos pueden conducir a situaciones de desastre, cuando el clima se aparta ostensiblemente de su curso

regular y el hombre, contrariando a la naturaleza, ocupa áreas amenazadas por estos fenómenos, como es el caso de viviendas construidas en zonas inundables o ubica tuberías de agua y desagüe en quebradas erosionables; o depreda la cobertura vegetal, lo que intensifica la erosión de suelos que colmata ríos y canales, y reduce la calidad del agua por mayor turbidez. El calentamiento global de la Tierra está agravando estas amenazas.

El incesante incremento de la población mundial y la necesidad de sustentar el desarrollo socio-económico, sobre todo en los países industrializados, ha convertido al hombre en un voraz consumidor de energía. Un importante porcentaje de la energía eléctrica y automotora, generada quemando combustible fósiles, está inyectando a la atmosfera crecientes volúmenes de dióxido de carbono, un gas invernadero, que está aumentando la temperatura global de la Tierra. Según el Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA, la temperatura promedio de la Tierra se ha incrementando en aproximadamente 1,0°C entre 1860 y 2010. Algunos científicos, la minoría, opinan que este incremento se debe al rebote de la Pequeña Edad de Hielo que se produjo entre los siglos XIV y XVIII, cuando la temperatura promedio de la Tierra descendió en 0.5° C. El Panel Internacional de Cambio Climático –IPCC en su informe de 2007, estima que en el siglo XXI la temperatura promedio de la Tierra se puede incrementar en 2°C o mas, situación a la cual, el hombre debe adaptarse.

El Clima

El clima se define en forma simple como el tiempo promedio de un número de años de las condiciones atmosféricas, es decir, de las variaciones diarias de la temperatura, precipitación, días soleados o cubiertos, velocidad del viento, etc. También se define como frecuencia con que ocurren las varias condiciones de tiempo.

De manera simplificada, el sistema climático de la Tierra puede considerarse como una gigantesca máquina de calor. La energía que mantiene activa esta máquina proviene del Sol. Cuando los rayos solares calientan la Tierra y la atmósfera que la rodea, se ponen en movimiento el viento atmosférico y las corrientes marinas. También genera el proceso de evaporación-precipitación del ciclo del agua (Ver Fig N 1.5). El resultado de estos movimientos y procesos es conocido como el estado del tiempo o clima.

La tropósfera es el estrato de la atmósfera donde ocurren la mayoría de los fenómenos climáticos. Tiene una altura de menos de 10 km en las regiones polares y unos 18 km en los trópicos. En la tropósfera la temperatura decae con la altura. Luego viene un estrato llamado la tropopausa donde la temperatura se mantiene casi constante. Por encima de los estratos anteriores se sitúa la estratósfera, donde la temperatura se incrementa con la altura debido a que allí se absorben los rayos ultravioleta durante la formación de ozono.

La temperatura media de la parte inferior de la tropósfera que es de 15 ° C como resultado de distribución asimétrica del calentamiento solar, en las altas latitudes cercanas a los polos, la tropósfera se enfría debido a las largas noches invernales. En el verano sucede lo contrario, debido a los largos días de exposición solar. Sin embargo, en las regiones polares permanece relativamente fría con respecto a las latitudes medias, debido a que reciben los rayos solares oblicuamente. En cambio, en las regiones ecuatoriales, que reciben gran radiación solar en verano e invierno, este estrato se mantiene caliente con poca variación durante el año.

Equilibrio de la Energía Solar en la Tierra

La composición actual de la atmósfera permite que se mantenga un delicado equilibrio entre la energía solar que ingresa a la atmósfera terrestre y llega hasta los mares y continentes, y la parte que se vuelve a irradiar hacia la atmósfera exterior. El vapor de agua es el gas de invernadero natural más común y principal responsable de que la temperatura de las partes bajas de la atmósfera se mantenga a un promedio de 15°C y sea agradable para vivir. Todo parece indicar que, con el desarrollo de la era industrial y la creciente emisión de gases de invernadero artificial como el CO₂, el equilibrio térmico de la Tierra, que se mantuvo estable por millones de años, se está rompiendo. **(Ver Fig N° 1. 6)**

Las actividades antropogénicas, o generadas por el hombre, ya no pueden ser ignoradas en los modelos matemáticos para estudiar los cambios climáticos. De acuerdo al Protocolo de Kyoto de 1997, todos los países del mundo deben hacer un esfuerzo para reducir las emisiones de gases de invernadero.

El Protocolo de Kyoto vence en 2012. Su necesaria renovación y mejora se comenzó a gestar en la Conferencia Cumbre de las NN.UU. sobre Cambio Climático de Bali 2007 (COP 13), esperando que ello se concretaría en

Copenhague, 2009 (COP 15), pero no se llegó a acuerdos satisfactorios, y la mayoría de países consideraron que esa reunión fue un fracaso.

La COP 16, realizada en Cancún a fines de 2010, restableció la ruta hacia la esperada renovación de Kyoto. Llegó a su fin con la adopción de un paquete equilibrado de decisiones que coloca a todos los gobiernos en una posición más firme en el camino hacia un futuro bajo en emisiones, y apoya una mejor acción sobre cambio climático en el mundo en desarrollo. Dicho paquete, llamado "Los Acuerdos de Cancún", fue recibido con esperanza por las Partes, al final de la sesión plenaria.

Las Naciones lanzaron un conjunto de iniciativas e instituciones para proteger del cambio climático a las personas vulnerables y a las que viven en la pobreza y para distribuir el dinero y la tecnología que los países en desarrollo necesitan para planear y construir sus propios futuros sostenibles. También acordaron lanzar acciones concretas para la preservación forestal en las naciones en desarrollo, lo cual aumentaría los avances.

De igual modo, reconocieron que los países necesitan trabajar para mantenerse por debajo de un aumento de temperatura de dos grados y establecieron un claro cuadro cronológico de revisión, con el fin de asegurar que la acción mundial es la adecuada para enfrentar la realidad emergente del cambio climático.

Los elementos de los Acuerdos de Cancún son:

- Los objetivos de los países industrializados se reconocieron oficialmente bajo un proceso multilateral. Estos países crearán planes y estrategias de desarrollo bajo en carbono y evaluarán la mejor forma de hacerlo, incluyendo a través de mecanismos de mercado, y reportarán sus inventarios cada año.
- Las acciones de los países en desarrollo para reducir las emisiones se reconocieron oficialmente en el proceso multilateral. Se establecerá un registro con el fin de relacionar y registrar las acciones de mitigación de los países en desarrollo con el financiamiento y soporte tecnológico brindado por los países industrializados. Los países en desarrollo publicarán informes del progreso logrado cada dos años.

- Las Partes reunidas en el Protocolo de Kyoto aceptan continuar con las negociaciones con el propósito de completar su trabajo y asegurar que no hay brecha alguna entre el primer periodo de compromisos y el segundo del tratado.
- Los Mecanismos de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto se han reforzado para traducir más inversiones mayores y tecnología en proyectos ambientalmente seguros y sostenibles de reducción de emisiones en el mundo en desarrollo.
- Las partes lanzaron un conjunto de iniciativas e instituciones para proteger a las personas vulnerables del cambio climático y para distribuir el dinero y la tecnología que los países en desarrollo necesitan para planear y construir sus propios futuros sostenibles.
- En las decisiones se incluyó también un total de 30 mil millones de dólares en financiamiento de arranque rápido proveniente de los países industrializados para apoyar la acción sobre cambio climático en los países en desarrollo hasta el año 2012 y la intención de recaudar \$100 mil millones de dólares en fondos a largo plazo para 2020.
- Respecto al financiamiento climático, se estableció un proceso para diseñar un Fondo Verde para el Clima bajo la Conferencia de las Partes que cuente con una junta con igual representación de los países en desarrollo y desarrollados.
- Se estableció un Nuevo "Marco de Adaptación de Cancún" con el objetivo de permitir una mejor planeación e implementación de los proyectos de adaptación en los países en desarrollo a través de un mayor financiamiento y soporte técnico, incluyendo un proceso claro para continuar con el trabajo en pérdidas y daños.
- Los gobiernos acordaron fomentar la acción para frenar las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo con soporte tecnológico y financiamiento.
- Las Partes establecieron un mecanismo de tecnología con un Comité Ejecutivo de Tecnología, así como con el Centro y la Red de Tecnología

Climática para aumentar la cooperación tecnológica para apoyar la acción sobre adaptación y mitigación.

- La próxima Conferencia de las Partes está programada del 28 de noviembre al 9 de diciembre de 2011 en Sudáfrica.

Sin embargo, la tendencia al calentamiento global continúa: el año 2005 fue el año más caluroso de la historia. Ver Figura N° 1.9. Las pérdidas por desastres naturales se han incrementado en 1500% entre las décadas de los años 1950 y 1990, debido principalmente a los de causa climático y mientras que las pérdidas por fenómenos de origen geológico se han mantenido casi constantes en los últimos 50 años.

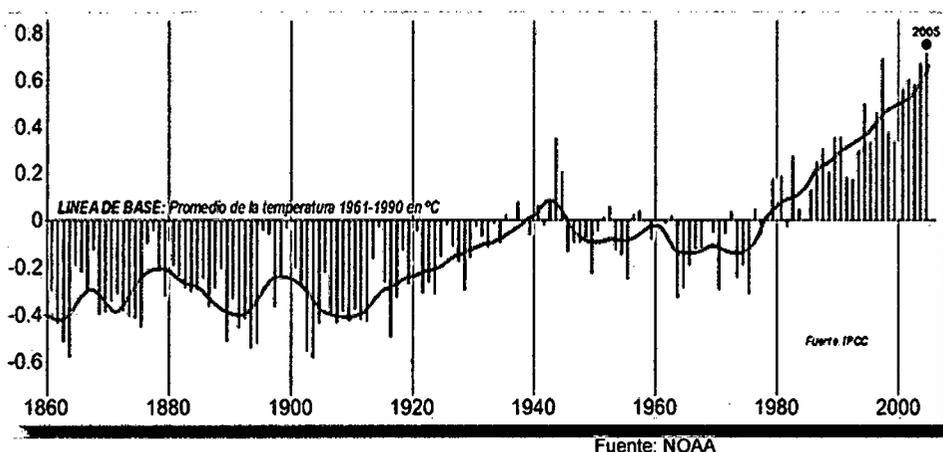


Figura N° 1. 9 Temperatura promedio de la Tierra, a partir de 1860, tomando como línea base el promedio de la temperatura 1961-1990 en grado Celsius (°C).

Finalizando los años 1990s, cambios climáticos adversos generaron cuantiosas pérdidas en la América Latina. A fines de octubre de 1998 las inundaciones y deslizamientos que provocó el huracán Mitch, que llegó al nivel 4 antes de ingresar a Honduras. Allí produjo pérdidas cercanas a 4000 millones de dólares, cifra que equivale aproximadamente al 70% del PBI de Honduras de 1998.

En 1999, torrenciales lluvias afectaron la Cordillera Ávila, macizo que separa la costa atlántica venezolana de su capital, Caracas. Esta lluvia actuó sobre la parte alta de las montañas produciendo deslizamientos. Por las quebradas bajaron violentamente flujos de lodo y roca, inundando y arrasando los conos de deyección, donde se habían construido modernos edificios residenciales, con vista al mar Caribe. Las lluvias, las inundaciones y los deslizamientos causaron daños por un valor de US\$ 15,000 millones y entre 10,000 y 20,000 de víctimas, cifra que varía, según la fuente de información. El último dato corresponde a

Munich Re. El Servicio de Geología de los EE.UU. (USGS), estimó cifras menores que las mencionadas.

Los desastres causados por cambios climáticos adversos pueden clasificarse en:

- ✓ De rápido desarrollo como inundaciones, vientos de alta velocidad (tormentas tropicales, huracanes) y fenómeno de “El Niño”.
- ✓ De lento desarrollo como la sequía, la desertización y la degradación de suelos.

Para el desarrollo de esta investigación, sólo se considerará inundaciones, como un evento muy común que causa severos daños en edificaciones e infraestructuras. Por ejemplo el Fenómeno de El Niño afectó severamente la costa noroeste del Perú y el sureste de Ecuador, en 1982-83 y 1997-98 por las intensas lluvias y severas inundaciones que generaron, causando graves daños en sistemas de agua y alcantarillado de Tumbes, Talara, Paita, Sullana y Piura; y destrozó carreteras y puentes.

Para entender la importancia del agua en nuestras vidas, se expone de manera sucinta, el proceso de su movimiento a través y alrededor de la Tierra resaltándose aquellos aspectos que permitirán al lector, identificar las acciones que se podrían realizar para reducir situaciones de desastre. El ciclo hidrológico es el movimiento del agua a través de la atmósfera, la biosfera, la superficie de la Tierra y los estratos superiores de la corteza terrestre. Este ciclo ocurre de manera continua y por lo tanto no tiene principio ni fin.

1.2.2 El Fenómeno de El Niño

El fenómeno de El Niño es una actividad oceánico-atmosférica que perturba grandes extensiones de nuestro planeta. Cuando ocurrió El Niño 1997-98 las comunicaciones habían logrado notables avances, y se pudo observar que es lo que ocurría a nivel global. El Niño abarca parte del Océano Pacífico, pero compromete también al Índico y al Atlántico. Involucra en sus efectos, amplias áreas continentales de América, Asia, Oceanía y Europa. Es particularmente intenso en el Pacífico oriental y afecta severamente al Perú y Ecuador. Precisamente, pescadores de la costa norte peruana lo bautizaron, a fines del siglo XIX como “El Niño”, porque se presentaba en época de Navidad. Ref.Bib. N° [20].

El fenómeno de El Niño se genera por un debilitamiento del anticiclón del Pacífico sur, que provoca que amengüen los vientos alisios del sur este, e inclusive cambien su sentido en la zona del Pacífico ecuatorial presentándose los vientos del oeste; también ocurre una traslación hacia el sur, de la **Zona de Convergencia Intertropical – ZCIT**.

El Niño es un fenómeno que comprende a toda la faz de la Tierra. Regiones normalmente muy áridas se han visto afectadas por torrenciales lluvias que han originado grandes inundaciones, provocando muerte y destrucción. Durante El Niño 97-98 en la costa N-W del Perú y en Ecuador, la infraestructura de transportes, agrícola y urbana, sufrió graves daños, y las especies marinas utilizadas industrialmente desaparecieron del mar peruano. Por el brusco y severo cambio climático, la producción de papa en la costa central y de cítricos en el norte, se redujeron drásticamente.

En las selvas tropicales de Indonesia y en la selva del N-E brasileño, debido a la aguda sequía, se produjeron incendios forestales que duraron varias semanas. En EE.UU., Europa y China Continental nevadas inusuales e inundaciones casi nunca vistas, causaron cuantiosas pérdidas materiales.

Indicadores del Fenómeno de El Niño

Los efectos de El Niño se verifican con la observación de ciertos indicadores oceanográficos y atmosféricos, por los cuales se puede caracterizar y tipificar técnicamente a un Fenómeno de El Niño, como el ocurrido recientemente, en 1997-98. Dichos indicadores son los siguientes:

- Índice de Oscilación Sur – IOS o ENSO en inglés.
- Anomalías de la Zona de Convergencia Intertropical ZCIT.
- La profundización de la termoclina
- Variaciones en el nivel del mar.

Índice de Oscilación Sur (IOS)

Durante El Niño se registra una presión barométrica con los valores menores que los normales, en la zona oriental del Pacífico Sur (frente a Perú y Ecuador); y una presión con valores mayores a los regulares en la zona occidental del océano Ecuatorial (Australia-Indonesia). A estos cambios que se alterna en uno y otro sentido en la diferencia de presión barométrica entre Darwin (Australia) y

Tahiti (Polinesia Francesa), se conoce como **Índice de Oscilación Sur, IOS**, ENSO, (El Niño Southern Oscillation) que alcanza valores negativos durante este fenómeno. Estos valores negativos del IOS indican que los vientos alisios del sur y sureste en el Pacífico sur oriental, frente a las costas del Perú y Chile, se debilitan y en algunos casos colapsan, anulando el transporte de aguas frías de sur a norte, que realiza la corriente Peruana o Humbolt, permitiendo la invasión de agua caliente desde el norte.

El colapso de las presiones atmosféricas en Tahití y el aumento de presión en Australia es típico de un evento "El Niño". En la **Fig N° 1. 10** se muestra la variación del IOS en los años de 1982-83 y 1997-98, observándose que la anomalía en el último evento empezó en el mes de marzo de 1997 (-1,5 mbar), sin embargo, el de 1982 se inició el mes de junio (-2.5 mbar).

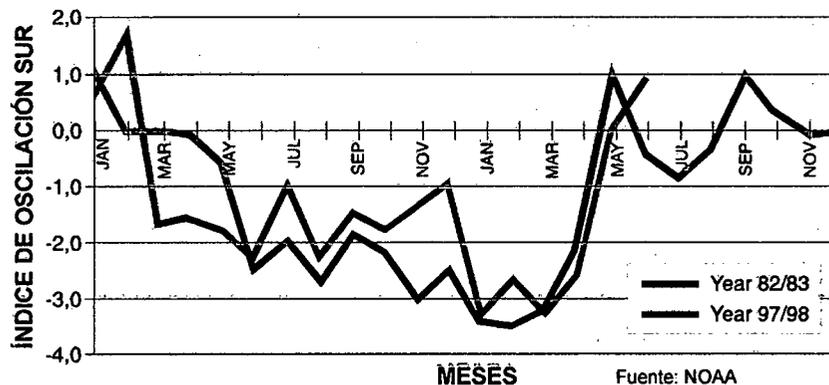


Figura N° 1. 10 Índices de Oscilación Sur (IOS o ENSO-Sel) en 1982-83 y en 1997-98. Fuente: NOAA

Temperatura de la Superficie del Mar

La Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) presenta valores variados en la región del océano Pacífico cercana a la línea ecuatorial. En la zona cercana a las costas de América del Sur, por razones asociadas a la presencia de corrientes marinas ascendentes (afloramiento), las aguas son normalmente frías. Por otro lado, en la región occidental cerca a Indonesia-Filipinas, las aguas son usualmente cálidas; la presencia de esa gran piscina de agua tibia, permite la ocurrencia de lluvias torrenciales y el cultivo extensivo de arroz.

Como indicador, se manifiesta en el calentamiento de las aguas superficiales – Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM) por encima de lo normal. El registro de las anomalías se obtiene de la diferencia entre la temperatura del día y la temperatura promedio de varios años de observación para ese día.

Nótese en la Fig N° 1.11 que frente a las costas de Perú y Ecuador hay una franja roja que luego se extiende hacia el W con una temperatura superior a 4-6°C por encima de la normal.

Observaciones efectuadas por la NOAA de los EE.UU. (National Oceanic and Atmospheric Administration) y difundidas a través de Internet, permiten tener una buena idea de esta anomalía, como puede observarse en las Figuras N° 1.11 y 1.12, la temperatura frente a Perú-Ecuador y una franja paralela en la línea ecuatorial fue de 4-6°C por encima del normal el 23 de marzo de 1998. El 3 de junio El Niño casi había desaparecido y la temperatura de las costas de Perú y Ecuador estuvo sólo a 2°C por encima del promedio para esa época del año.

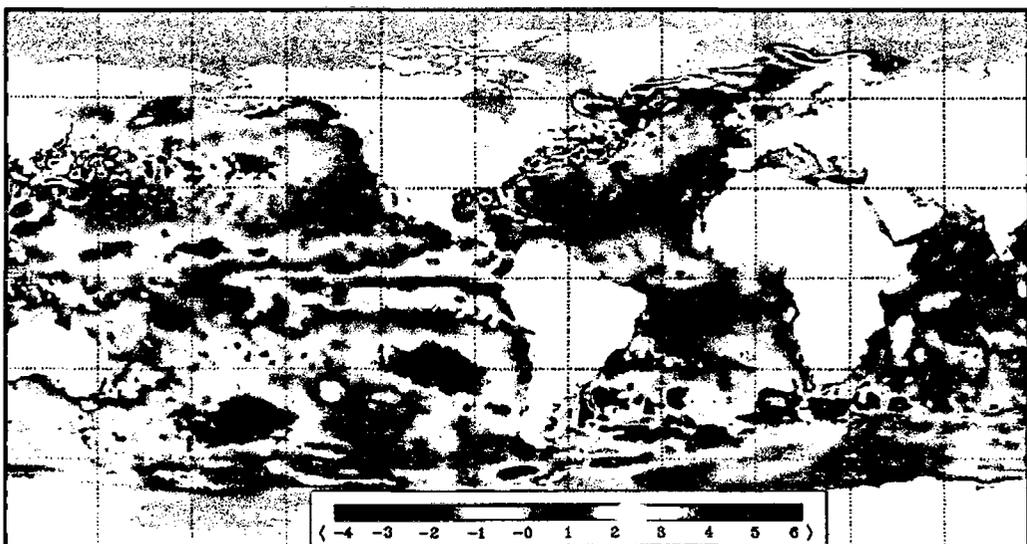


Figura N° 1 . 11 Anomalías de la TSM el 23 de enero de 1998.

Fuente: NOAA

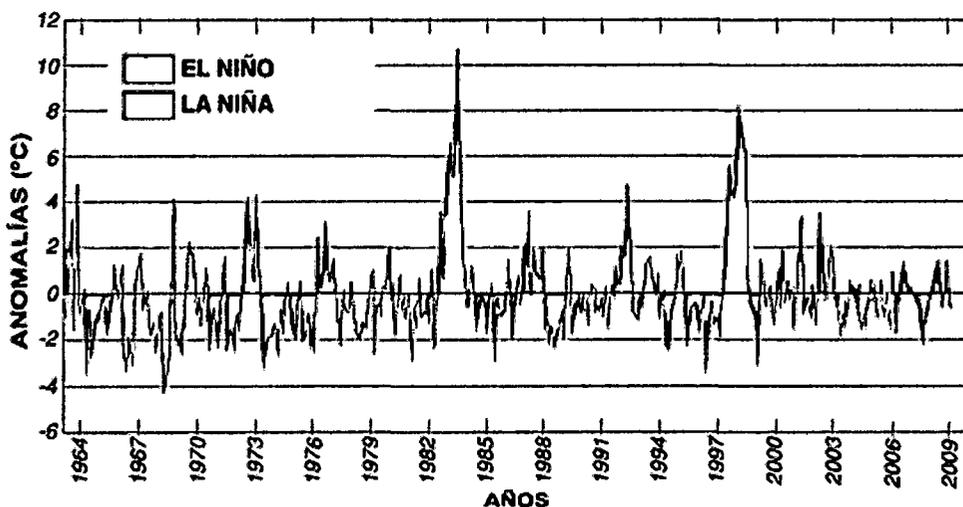


Figura N° 1 . 12 Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar en Paita, Perú entre 1963 y 2009. Durante los eventos de El Niño se observan picos por encima de 8°C de anomalía.

Fuente: NOAA

Zona de Convergencia Intertropical – ZCIT

Esta zona es la banda de perturbación tropical, alrededor del globo terrestre y próxima al Ecuador Geográfico, caracterizado por la formación de grandes masas de nubes de desarrollo vertical que son fuente de las precipitaciones torrenciales en la zona tropical. En el mes de agosto de 1997, la ZCIT se ubicó aproximadamente en la latitud de Colombia y Venezuela, para luego desplazarse en el sur hacia las costas de Ecuador y costa norte del Perú. Esto provocó falta de agua en los lagos que alimentan las esclusas del Canal de Panamá, y torrenciales lluvias en Perú y Ecuador.

La ZCIT tiene especial importancia en el fenómeno de El Niño, por su estrecha relación con las posibles e intensas precipitaciones, en combinación con las anomalías térmicas superficiales del océano en la zona ecuatorial.

Profundización de la Termoclina

La **termoclina** es un parámetro oceanográfico que puede describirse, como el espesor o profundidad del agua caliente. Su espesor normal es de 30 a 50 m en la zona ecuatorial frente a las costas peruanas, pero con la evolución de las anomalías de la temperatura superficial del mar, se profundiza, habiéndose registrado durante el mes de julio de 1997, una profundidad próxima a 200 m, lo que implica la presencia de un gran volumen de agua oceánica anormalmente caliente, en la zona ecuatorial del Pacífico.

1.2.3 Daños Ocasionados por El Fenómeno de El Niño

A fines del verano y comienzos del otoño en el hemisferio Meridional, entre marzo y abril de 1983, torrenciales lluvias, las más intensas del siglo XX, cayeron sobre las desérticas costas del N-W peruano. Las poco usuales lluvias se habían iniciado en noviembre de 1982 y duraron hasta junio de 1983, acompañadas por un incremento de la temperatura de la superficie del mar-TSM, y también del aire tierra adentro, entre 4 y 8°C, por encima del promedio de la temperatura de años normales.

El último fenómeno de El Niño con características catastróficas había ocurrido en 1925, de tal manera que la infraestructura desarrollada, en los años cincuenta, en su mayor parte no estaba preparada para las torrenciales lluvias,

inundaciones y temporales que ocurrieron en ese año. Así quedó preparado el escenario para el desastre de 1983. Se habían construido edificaciones, redes de agua y desagüe, vías de transportes, incluyendo la importante carretera Panamericana, ocupando fondos de quebradas y cursos de ríos secos por décadas, que se activaron súbitamente en el verano de 1983.

La ciudad de Sullana, había cubierto completamente en su expansión urbana la franja denominada "La Quebrada", el fondo de un valle en forma de una "V" abierta. La parte alta de esta quebrada, que tiene dos tributarios, estaba represada por un lado por la carretera Panamericana y por el otro por la carretera a Tambogrande. La acumulación de agua y las súbitas rupturas de esos rellenos artificiales y el consiguiente desembalse del agua, causaron la destrucción de edificaciones y sistemas de servicios públicos vitales en un ancho de 200 a 300 m a lo largo de La Quebrada, que tiene varios kilómetros de longitud, causando la muerte de decenas de personas y cuantiosos daños materiales.

En ciudades con topografías ondulada, como Tumbes, Paita y Talara, cruzadas por quebradas que sufrieron primero inundación y luego erosión, colapsaron edificaciones y servicios públicos vitales. En ciudades planas como Piura y la parte baja de Tumbes, con drenaje deficiente por falta de pendiente, amplios sectores quedaron sumergidos bajo agua por largo periodo de tiempo, y los desagües se colmataron quedando inservibles.

La ciudad de Huancabamba, asentada sobre una pendiente inestable, aceleró un proceso de deslizamiento debido a las aguas que se infiltraron bajo el subsuelo lubricando los planos de falla. En los centros poblados, cientos de personas perdieron la vida arrastradas, por los flujos repentinos que bajaron por las quebradas que las cruzaban.

El N-W peruano quedó aislado por tierra dentro de la región y con el resto del país. Las vías de transporte se cortaron por súbitos flujos de lodo que bajaron por las quebradas y en otros casos quedaron sumergidas debajo de caudalosos ríos que en otros tiempos eran quebradas secas, como ocurrió con la carretera Panamericana, en su cruce con el río Pariñas. En la **Fig. N 1.13** se muestra la quebrada Pariñas, seca por décadas, se convirtió en un escollo insalvable para el transporte terrestre al transformarse en un caudaloso río en 1983. El N-W

peruano quedó aislado por varios meses al cortarse la carretera Panamericana y varias vías auxiliares.



Figura N° 1 . 13 Quebrada Pariñas. Fuente: Guía Práctica (GP) – Banco Mundial

En el tramo Sullana-Talara (del km 1075 a km 1148,6) la quebrada Samán, ubicada en la progresiva 1085 + 600 km, la erosión provocó la completa destrucción del puente que tenía una amplitud de 67 m. La erosión amplió el cauce hasta 120 m por lo que obligó a construir un nuevo puente de 130 m.

La tubería matriz que proveía de agua potable a Paita y Talara -Eje Paita-Talara-, importantes ciudades del N-W peruano, corrieron la misma suerte que las carreteras siendo destruidas en sus cruces con numerosas quebradas. La estructura de la bocatoma sobre el río Chira, la tubería de impulsión y la casa de bombas, localizado en dicha pendiente inestable sufrieron daños. Las estructuras se perdieron y se rompió la tubería de impulsión. Dichas ciudades se quedaron sin servicio de agua potable por muchos meses.

En general, la infraestructura productiva quedó desarticulada, los caminos de mantenimiento de los pozos de extracción de petróleo quedaron inutilizados, largos tramos de canales de irrigación fueron destruidos por la erosión lateral de los ríos.

Al ausentarse del mar los grandes cardúmenes de anchoveta, la industria de harina de pescado también sufrió un déficit considerable.

El sur de Ecuador padeció graves daños materiales por las nefastas inundaciones ocurridas. Por otro lado, en el altiplano del Collao que comprende el S-E del Perú y una gran extensión del oeste de Bolivia, una sequía causó graves pérdidas a la agricultura y la ganadería.

Según el Instituto Nacional de Desarrollo –INADE, el Perú perdió a raíz del fenómeno, el 6.2% del PBI de ese año, y según la CEPAL, Ecuador, Perú y Bolivia perdieron el 10% del PBI conjunto, retrasando considerablemente su desarrollo socioeconómico.

Noticias llegadas de los cinco continentes indicaban que el clima en 1982-83 resultó afectado a nivel mundial: largas sequías en África y Oceanía e islas del S-W del Pacífico y destructivas inundaciones en otros lugares del planeta, que no habían ocurrido en décadas. Las pérdidas causadas por el evento 1982-83 se estimaron en 8 500 millones de dólares a nivel global. El Perú tuvo pérdidas directas por más de US \$ 2 000 millones, casi la cuarta parte de la pérdida global.

1.2.4 Efectos de El Niño 1997-98 en el Perú

El Niño de 1997-98, fue tan severo como el de 1982-83 y causó ingentes daños en Ecuador y Perú. Los efectos en la costa ecuatoriana y el N-W peruano fueron muy similares a los de 1982-83. En muchas ciudades peruanas los mapas de inundación de 1998 era prácticamente copia carbón - **Ver A-15 Sección Planos** -, de lo ocurrido en 1983, pero las repercusiones fueron menos severas, por las medidas de prevención que se tomaron. El sistema de transporte quedó interrumpido por menos tiempo. Las pérdidas también llegaron en el Perú a unos US \$ 2 000 millones. Aunque, debido al crecimiento económico del país y la devaluación del dólar americano, el impacto sobre el PBI fue menor.

Cuando a los alcaldes de varias ciudades de los departamentos de Piura y Tumbes se les explicó el Programa Ciudades Sostenibles -1era. Etapa (PCS-1E), a comienzos de 1999, se les mostró que los efectos de ambos Niños fueron similares y que con los datos disponibles y la experiencia acumulada, si se trabajaba en equipo, se podría reducir drásticamente los daños en futuros fenómenos.

Dentro del Programa de Desarrollo Fronterizo Ecuador—Perú, la reducción de desastres causados por El Niño está siendo incluida con carácter prioritario. Ambos países pueden compartir sus conocimientos y experiencias, y luchar

conjuntamente con hermandad contra el enemigo común: la pobreza, que afecta a un importante porcentaje de sus poblaciones.

Principales Fenómenos de El Niño ocurridos desde mediados del Siglo XIX hasta el último con características de Meganiño - 1998:

Débiles : 1885; 1889; 1923; 1930; 1931; 1932; 1960; 1963.

Moderados : 1911; 1918; 1921; 1939; 1964; 1965; 1987; 1992; 1994.

Intensos : 1856; 1940-41; 1953; 1957-58; 1972-73.

Muy intensos : 1891; 1925-26.

Extremadamente intensos - Meganiños : 1982-83; 1997-98.

1.3 CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS E HIDROLÓGICAS

1.3.1 Hidrología

Cuando se presenta el Fenómeno El Niño – especialmente si tiene características de extremadamente intenso – al aproximarse el verano se acentúa el incremento que ya venía ocurriendo de la evaporación del mar, y combinado con otros factores meteorológicos, da lugar a la aparición de lluvias intensas, especialmente en zonas de la costa norte cercanas al mar – ciudades de Tumbes, Talara, Paita, Chiclayo, entre otras.

Las lluvias que ocurren durante los Meganiños en la costa norte se caracterizan además porque cubren un área importante que abarca varias cuencas y departamentos. La hidrología del lugar se ve afectada ostensiblemente. La siguiente figura da una idea de la magnitud de dichas lluvias:

LUGAR	NORMAL (mm)	FEN 1982/1983 (mm)	FEN 1997/1998 (mm)
Tumbes	100	2200	3200
Cañaverall	400	1500	2050
Piura	200	2050	2000
Chulucanas	300	4000	3800
Olmos	50	1800	2450

Figura N° 1 . 14 Precipitaciones acumuladas Septiembre /Abril, Fuente: INDECI

Otra de las características de las lluvias correspondientes a los Meganiños es su gran duración; no son lluvias esporádicas o eventuales, sino que duran semanas o meses. Se sabe que una de las lluvias de más larga duración que ha sido registrada fue la que durante seis meses ocurrió en Piura y Tumbes, entre diciembre de 1982 y Junio de 1983. Las lluvias del Fenómeno El Niño de 1998 duraron cuatro meses. El impacto en los hidrogramas unitarios determinados fue importante, y más en aquellas cuencas que sufrieron deforestación. Para tener una idea de cómo se vieron alterados los valores de precipitaciones en Tumbes por el Niño ver el **Anexo 02**.

Durante el Fenómeno El Niño, como consecuencia de las elevadas precipitaciones, se presenta un aumento importante en los caudales de los ríos. Las crecidas fluviales que ocurren en la costa Norte durante los Meganiños son de larga duración y por lo tanto, implican un gran volumen descargado. A continuación se presentan algunas consideraciones de hidrología – método racional - usadas en el análisis de estas crecidas, especialmente en el análisis de quebradas ya que infraestructura como puentes, tuberías, canales y otros componentes de los sistemas de agua y alcantarillado las atraviesan.

- a) Cálculo de caudales de Escurrimiento (Reglamento Nacional de Edificaciones)
 - a. Los caudales de escurrimiento serán calculados por lo menos según:
 - El Método Racional, aplicable hasta áreas de drenaje no mayores a 13 Km². Para fines de drenaje de carreteras, la administración federal de caminos de los EEUU considera un límite hasta áreas de 0.8 Km² (FHWA).
 - Técnicas de hidrogramas unitarios podrán ser empleados para áreas mayores a 0.5 Km², y definitivamente para áreas mayores a 13 Km².
 - b. Metodologías más complejas como las que emplean técnicas de tránsito del flujo dentro de los ductos y canalizaciones de la red de drenaje, técnicas de simulación u otras, podrán ser empleadas a discreción del diseñador.
- b) Método Racional

La fórmula racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Este modelo toma en cuenta, además del área de la

cuenca, la intensidad de la precipitación y es hoy en día muy utilizado, particularmente en el diseño de drenajes urbanos.

Supóngase que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente una lluvia de intensidad constante durante un largo tiempo. Al principio, el gasto que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en el que se alcance un punto de equilibrio, es decir, en el que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia sea el mismo que el gasto de salida de la cuenca (**Figura N° 1.15**).

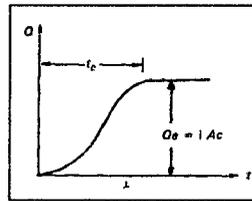


Figura N° 1. 15 Caudal a la salida de la Cuenca vs Tiempo

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca.

Naturalmente, el tiempo de concentración t_c depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio, dentro de la misma. Esta velocidad está en función de las pendientes del terreno y los cauces, y de la rugosidad de la superficie de los mismos. El tiempo de concentración se calcula mediante la ecuación:

$$t_c = \frac{L}{3600 v} \quad (1.1)$$

Donde t_c es el tiempo de concentración en h, L es la longitud del cauce principal de la cuenca en m y v es la velocidad media del agua en el cauce principal en m/s. Según Aparicio - Ref.Bib. N° [2], la velocidad media v se estiman con las Tablas N° 1.1a y 1.1b. Nótese que la fórmula 1.1 no toma en cuenta el recorrido del agua de lluvia desde que llega a la superficie hasta los cauces.

Tabla N 1. 1 Estimaciones en valores de Velocidades medias

Pendiente del cauce principal, %	Velocidad media, m/s	Velocidad media, m/s			
		Pendiente %	Bosques	Pastizales	Canal natural no bien definido
1-2	0.6	0-3	0.3	0.5	0.3
2-4	0.9	4-7	0.6	0.9	0.9
4-6	1.2	8-11	0.9	1.2	1.5
6-8	1.5	12-15	1.1	1.4	2.4

a)

b)

Otra manera de estimar el tiempo de concentración es mediante la fórmula de Kirpich, presentada a continuación:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde S es la pendiente del cauce principal, L se expresa en m y t_c resulta en h.

En una cuenca no impermeable, solo una parte de la lluvia con intensidad i escurre directamente hasta la salida. Si se acepta que durante la lluvia, o al menos una vez que se ha establecido el gasto de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración en la cuenca, se puede escribir la llamada fórmula racional:

$$Q_p = Ci A_c$$

Donde C es un coeficiente de escurrimiento, que representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y Q_p es el gasto máximo posible que puede producirse con una lluvia de intensidad i en una cuenca de área A_c y coeficiente de escurrimiento C. Es conocido, que el coeficiente de escurrimiento toma valores entre 0 y 1 y varía apreciablemente de una cuenca a otra y de una tormenta a otra debido a las condiciones de humedad iniciales. Sin embargo, es común tomar valores de C representativos de acuerdo con ciertas características de las cuencas. Algunos de estos valores se muestran en la Tabla N 1.2, los cuales generalmente son conservadores para que puedan ser usados para diseño.

Tabla N 1. 2 Valores del Coeficiente de escurrimiento

TIPO DEL ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
ZONAS COMERCIALES:		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES:		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES:		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.25
CAMPOS DE JUEGO	0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20	0.40
ZONAS SUBURBANAS	0.10	0.30
CALLLES:		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adequinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
TECHADOS	0.75	0.95
PRADERAS:		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

1.3.2 Hidráulica

El tipo de Flujo que se presenta en épocas de fuertes lluvias, y en eventos extremos como ENSO es el conocido como huaycos, que en su acepción inglesa corresponde a los torrentes de escombros (Debris Torrents), una forma del flujo de escombros (debris flow), denominado así por discurrir sobre un cauce existente, el comportamiento mecánico de los flujos de escombros es muy distinto al de los flujos de avenida. Por lo cual en esta sección se mostrarán las características fundamentales del flujo de escombros y conceptos relacionados a la erosión producida por los flujos.

a) Flujo de Escombros

Son los que mejor describen a los huaycos, en su mayoría formados predominantemente por granos gruesos y material orgánico e inorgánico.

Los escombros son materiales muy complejos, sólidos granulares con un gran rango de distribución de tamaño, y escombros accidentales como pueden ser troncos, animales, etc. Cada componente afecta de una u otra forma el comportamiento del flujo, sin considerar los escombros accidentales, la composición de los escombros sigue siendo muy compleja. Se intentará entonces presentar brevemente las propiedades más relevantes de los escombros.

De acuerdo con el libro de Takahashi T. (2007) Debris Flow - Mechanics, Prediction and Countermeasures: Debris flow o flujo de escombros es un flujo mixto de sedimentos y agua, de tal manera que sea un flujo continuo conducido por gravedad, alcanzando una gran movilidad a partir del espacio vacío engrandecido y saturado con agua o slurry.

Características

Los flujos de escombros tienen en muchos casos cortas duraciones (minutos), y típicamente comienzan con el rápido paso de un frente pedregosamente escarpado, seguido por el cuerpo principal del torrente, consistente de partículas gruesas no clasificadas alcanzando desde gravas a pedregones de cantos rodados y troncos, flotando en una masa de arena licuada y material más fino. Los flujos de escombros no están solamente relacionados con las

precipitaciones y escorrentías líquidas, sino también con el material disponible en el cauce y las laderas, que pueda ser arrastrado durante el evento.

Propiedades

Se entiende por volumen de escombros a la magnitud total de material grueso y fino transportado hasta el cono de deyección durante un solo evento. Muchas veces es usado como un índice general de la severidad del evento.

Este volumen depende de factores como el tamaño de la cuenca de recepción de la quebrada, la naturaleza del suelo, etc. que involucran condiciones climáticas, topográficas, geológicas, climáticas, hidráulicas, hidrológicas e incluso biológicas, lo que hace difícil determinar este parámetro.

Frecuencia de Ocurrencia

La frecuencia de ocurrencia no se encuentra directamente relacionada con la frecuencia obtenida por los métodos hidrológicos, es decir, no se puede aplicar el periodo de retorno de precipitaciones y descargas a la frecuencia de escombros, pues no se encuentran directamente relacionados. La ocurrencia del evento no depende sólo de la intensidad de lluvia que se presentó previa y durante el evento de flujo de escombros, pudiendo ser el periodo previo de días o meses, y de determinadas intensidades, además, estos eventos muchas veces no son registrados por la separada red meteorológica, pues las celdas que los producen son pequeñas; depende también de las características de la cuenca como pueden ser las condiciones del suelo (material disponible). Estas características inducen a la existencia de variaciones no estacionarias de la frecuencia del evento para flujos de escombros, hecho que no se observa en fenómenos de precipitación y de avenidas.

Una dificultad adicional para el tratamiento de la frecuencia es la falta actual de datos de registros de flujos de escombros. Ante estos inconvenientes, debemos acudir a la clasificación de quebradas según el riesgo que representan, y considerar el riesgo que representan, en lugar de la frecuencia o periodo de retorno, para establecer las medidas de diseño para las obras a construir en el entorno de la quebrada.

Capacidad de Transporte

Luego de obtener el valor del caudal de escurrimiento, podemos definir en la sección de interés las características hidráulicas del flujo, como el área, el

tirante, radio hidráulico, etc., y con esta información podremos realizar los cálculos necesarios para estimar la capacidad de transporte de dicho flujo en la quebrada.

La capacidad de transporte es la máxima cantidad de material sólido de fondo de determinada granulometría que puede transportar una corriente líquida, con un gasto dado, de estar disponible este material. La capacidad de transporte queda representada por el transporte de material sólido de fondo t_f . No se considera el transporte en suspensión, debido a que su determinación requerirá de mediciones con instrumentos que difícilmente podrían utilizarse en una quebrada. Además el t_f es el que mayor preponderancia tiene en el caso de quebradas.

b) Erosión

Los estudios que se realizan sobre erosión están enfocados a la erosión producida por el flujo de agua en cauces de baja pendiente y por lo general en régimen subcrítico, tratándose la erosión generalizada en el cauce, y la localización, en las inmediaciones de estructuras que están dentro de él, como pilares de puentes, o aquellas que involucran estructuras hidráulicas como presas, compuertas, etc.

Respecto a la erosión producida por los flujos de escombros no se ha avanzado mucho debido a la complejidad del fenómeno, y se acostumbra a tomar como referencia la erosión registrada en eventos anteriores.

1.3.3 Geomorfología Fluvial

Desde el punto de vista de la hidráulica fluvial, todos los ríos están sujetos en mayor o menor grado a procesos de erosión o degradación, equilibrio y sedimentación o agradación. Un río se considera en estado de equilibrio cuando no varía el perfil del fondo y de las márgenes del cauce y por lo tanto, existe compensación entre los sedimentos que son transportados hacia el sitio y desde el sitio.

La degradación es un proceso erosivo que se manifiesta a lo largo de un tramo significativo y en un lapso prolongado de tiempo. Se origina cuando el aporte sólido real es menor que la capacidad de transporte sólido.

Por otro lado, la agradación es un proceso de deposición que se manifiesta a lo largo de un tramo significativo y en un lapso prolongado de tiempo. Se origina cuando el aporte sólido real es mayor que la capacidad de transporte sólido.

Estos procesos se aceleran e intensifican durante El Niño, debido a las grandes precipitaciones que se presentan, que además originan el problema de las inundaciones sobre todo en las zonas planas aluviales de los ríos. - **Ver A-06 en sección Planos** -

Los cambios morfológicos en los ríos pueden deberse a causas naturales como el desequilibrio de la energía solar en la tierra o antrópicas como la depredación de la cobertura natural. Esto último tiene gran relevancia en la zona alta del río Puyango -Tumbes ya que, debido a la minería artesanal en el sur del Ecuador, la tala de árboles es intensa y en grandes cantidades. Las intervenciones humanas sobre un sistema hidráulico pueden desencadenar procesos a altas velocidades que naturalmente tardarían mucho tiempo en producirse y en algunos casos pueden llegar a ser irreversibles.

- i. Causas naturales
 - ✓ Migración lateral y longitudinal del cauce
 - ✓ Corte de meandros
 - ✓ Erosión de orillas
 - ✓ Incisión de cauces
 - ✓ Avulsión de cauces
 - ✓ Formaciones de lecho como barras e islas
- ii. Causas antrópicas
 - ✓ Construcción de obras hidráulicas como presas, diques, espolones, puentes, corte artificial de meandros, revestimientos del cauce.
 - ✓ Actividades de minería en la cuenca pueden generar la producción de sedimentos que al ser conducidos al cauce aumentan las posibilidades de agradación.
 - ✓ Cambios en la aptitud de uso del suelo; por ejemplo zonas agrícolas pasan a ser urbanas, cambios inapropiados de cultivos.
 - ✓ Aterramiento de lagunas, desecación de pantanos.

Con el interés de entender, al menos preliminarmente, el comportamiento de los ríos en la Costa Norte en temporadas de El Niño, se considera como procesos

más relevantes - desde el punto de vista de la dinámica fluvial – los siguientes: degradación, agradación e inundación y se tratan a continuación de manera introductoria.

a) Degradación

La degradación de un cauce se refiere a la pérdida de material en una zona del río y es el producto del desequilibrio entre el aporte sólido que trae el agua a una cierta sección y la mayor cantidad de material que es removido por el agua de esa sección. La posibilidad de arrastre de los materiales en cada punto se considera dependiente de la velocidad media del agua y de la velocidad media requerida para arrastrar las partículas de sedimento. Para suelos sueltos, esta velocidad es la que mantiene un movimiento generalizado de partículas; para suelos cohesivos, es la velocidad capaz de ponerlos en suspensión.



Fuente: Campaña T. R. Apuntes de clase Postgrado Uni-Fic.
Figura N° 1 . 16 Proceso de Degradación en el cauce de un río.

En el **anexo 01** se explican brevemente los procesos de degradación incluyendo: remoción en masa, migración y divagación de un cauce, socavación a largo plazo, socavación general y socavación local.

b) Agradación

La agradación es el proceso que se presenta si el nivel del lecho del río se eleva o si las márgenes se desplazan hacia el interior del cauce y ocurre cuando hay exceso de sedimentos que la corriente no puede arrastrar.

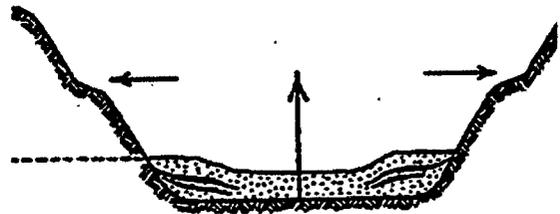
Este problema se presenta especialmente en las zonas bajas en que las corrientes llegan con gran cantidad de material sólido proveniente de la degradación en las zonas altas, que al llegar a zonas de bajas pendientes no pueden ser transportados quedando depositados.

El principal problema que causa la agradación es la disminución de la sección hidráulica y de la capacidad de transporte de caudal en una corriente, lo que puede inducir o agravar el problema de inundaciones. En los años que se presenta un Meganiño este proceso se agrava en varios tramos de las zonas bajas de la cuenca del río Puyango-Tumbes, zona donde se localiza la ciudad de Tumbes.

Este problema se ilustra en las fotos **Figura N° 1 .17 a)**; es muy común ver en los ríos que existe una gran agradación de materiales que el cauce no puede arrastrar. Esto hace que el nivel del fondo se eleve y que el cauce al tratar de mantener su capacidad hidráulica, empiece a socavar las laderas, presentando procesos combinados de agradación del lecho y degradación de las orillas. Este problema se esquematiza en la **Figura N°1.17 b)**.



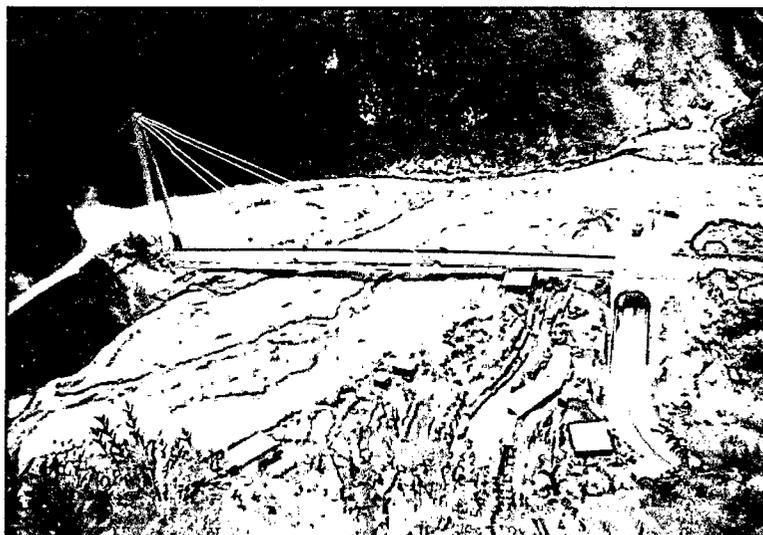
a)



b)

Fuente: Lagasse, O.F., Schall J.D., Richardson, E.V. (2001)

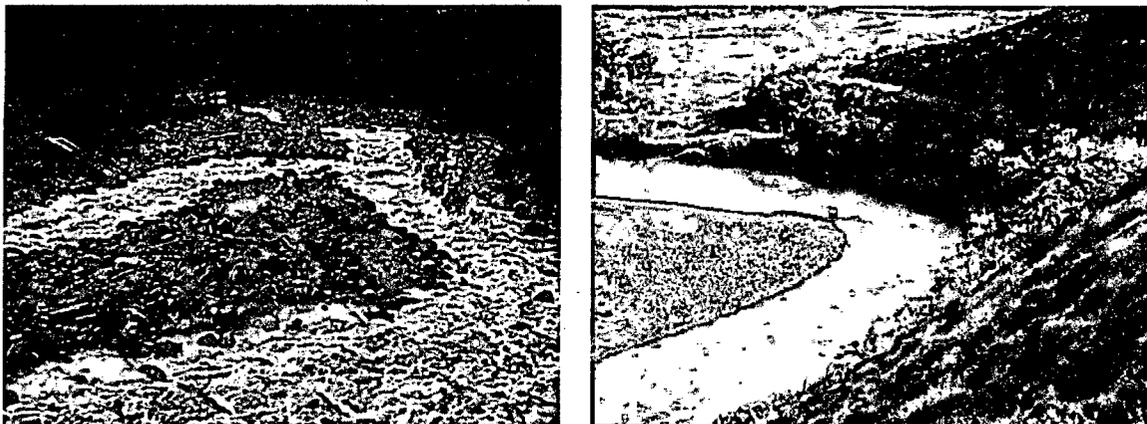
Figura N° 1 . 17 Depósitos de sedimentos en barras e islas. a) Río Desbaratado b) Agradación del cauce y ampliación de las orillas por erosión marginal.



Fuente: Campaña T. R. Apuntes de clase Postgrado Uni-Fic.

Figura N° 1 . 18 Proceso de agradación en el río Yanango. La Merced - Junín.

Se presenta también en la parte interna de los meandros en donde se forman barras punta. Otras evidencias de agradación son las islas y los procesos de orillares en que barras de sedimentos tienden a unirse con las orillas, **Figura N° 1. 19.**



Fuente: P. Julien (2002) *RIVER MECHANICS*

Figura N° 1 . 19 Barras intermedias y barras punta.

c) Inundación

Es la acumulación de agua causada por: lluvias intensas sobre áreas planas; deficiencias de drenaje; desbordamiento de corrientes naturales; desbordamiento de ciénagas; avalanchas producidas por erupciones volcánicas, sismos, deslizamientos y formación de presas naturales; obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles y sedimentación de cauces.

Las inundaciones son parte de un proceso natural como respuesta a eventos climáticos de autorregulación del propio ciclo hidrológico. Estos eventos influyen con mayor fuerza la dinámica fluvial, sin embargo, cuando los asentamientos humanos no consideran los límites naturales necesarios para evacuar las crecientes, se crea por ende una susceptibilidad al evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos debido a él es función de la capacidad de protección que desarrolle el asentamiento.

Los valles aluviales están formados por depósitos de sedimentos transportados por corrientes superficiales. En épocas de lluvias y/o caudales altos, en ocasiones, la capacidad hidráulica del cauce llega a su límite (banca llena), el agua sobrepasa las bancas y discurre por la llanura de inundación, depositando los sedimentos transportados y conformando lentamente el valle aluvial.

El tipo de cauce y las características geométricas de las secciones condicionan directamente la severidad de la creciente y la vulnerabilidad de las áreas ribereñas asociadas. De esta forma, secciones hidráulicas de ríos de montaña podrán contener mejor crecientes menos frecuentes, que un canal aluvial con llanuras y/o planicies de inundación. En ambos casos, la pendiente del cauce está relacionada con el tamaño de los materiales transportados, los cuales influyen la rugosidad del cauce; la rugosidad de las bancas y de las llanuras de inundación, se asocian a factores naturales y antrópicos afectando directamente la velocidad de propagación de la avenida.

d) Controles al flujo

Los ríos responden a las influencias hidrológicas, hidráulicas, geomorfológicas y antrópicas de diversas formas. Debido a las múltiples variables involucradas, son sistemas altamente dinámicos donde domina la variabilidad y la complejidad. Sin embargo, existen condiciones que controlan el flujo impidiendo su movimiento libre. Estos controles inducen la presentación o no de algunos de los procesos anteriormente descritos y pueden ser de cuatro tipos:

- a) Controles geológicos impuestos por la presencia de rocas o estratos resistentes al flujo.
- b) Controles estructurales como fallas y pliegues.
- c) Controles naturales como lagos y océanos que definen el nivel base de un río controlando su avance de la juventud a la vejez.
- d) Controles antrópicos como presas, diques, espolones y en general, obras de control fluvial.

Los cambios en la forma del lecho requieren la mínima cantidad de energía y tiempo. El acorazamiento del lecho requerirá más tiempo y energía; si el acorazamiento no tiene lugar (debido a la distribución, tamaño y disponibilidad de sedimento), el siguiente proceso de ajuste será el cambio en el ancho del canal. El proceso posterior será el cambio en el patrón de alineamiento que requiere mayor gasto de energía y tiempo. Sin embargo, si las condiciones hidráulicas y topográficas o los controles impuestos (restricción del movimiento lateral mediante obras para estabilización de bancas, por ejemplo) no permiten el cambio, empezarán los ajustes o alteraciones del perfil del lecho; éste último

generalmente demanda el mayor consumo de energía y tiempo de los procesos de ajuste.

El siguiente proceso es el cambio en la hidrología y transporte de sedimento, siendo crítico en épocas de Meganiño. Los controles físicos que promueven o restringen el movimiento lateral o vertical de un canal son los responsables de su forma y en consecuencia, de sus características sedimentológicas.

Es posible que el sistema llegue a una condición de equilibrio dinámico sin necesidad de llevar a cabo todos los procesos de ajuste mencionados; también puede realizarse una combinación simultánea de varios ajustes. Es muy importante conocer la profundidad y características del estrato subaluvial y las formaciones geológicas que puedan estar controlando la pendiente, ya que ésta es una de las principales variables que determina la dinámica de los procesos del cauce.

e) Metodología para el análisis de un Problema Fluvial

El estudio y análisis de un problema fluvial implica que se lleven a cabo las siguientes actividades:

- a. Identificación del problema.
- b. Recopilación y análisis de información necesaria.
- c. Realización visita de reconocimiento en campo.
- d. Análisis geomorfológico de la cuenca de drenaje.
- e. Análisis geomorfológico del cauce.
- f. Análisis y diseño de las estructuras y acciones de protección y complementarias.
- g. Análisis de las posibles respuestas del sistema fluvial.
- h. Construcción e implementación del proyecto.
- i. Monitoreo de la respuesta del sistema fluvial.

1.4 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

1.4.1 Deslizamientos

Los deslizamientos o remoción de masas en pendiente cuesta abajo, son causados por humedecimiento debido a fenómenos de origen climático como

lluvias o por vibraciones sísmicas que tienen origen geológico, por lo que los deslizamientos son considerados fenómenos hidrogeológicos.

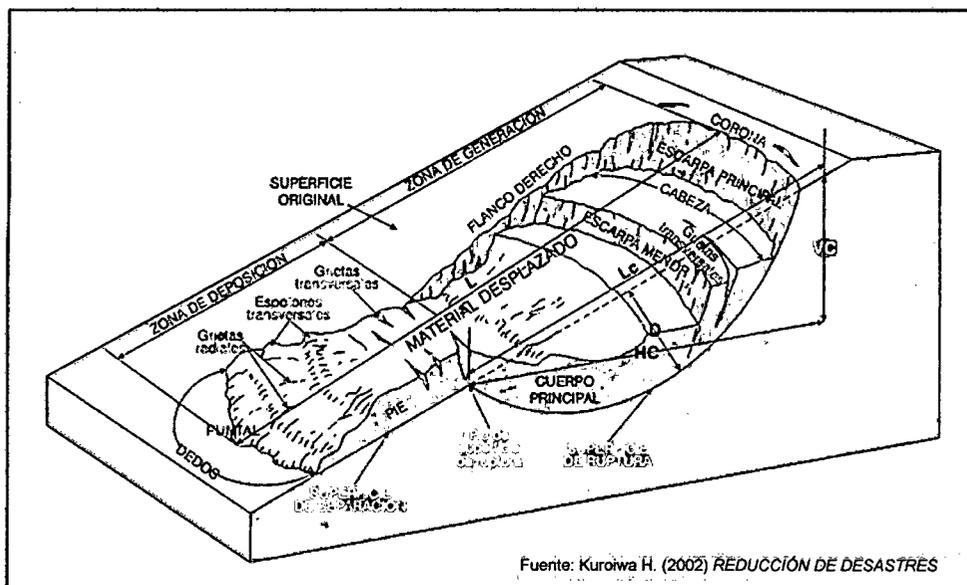


Figura N° 1 . 20 Elementos de un deslizamiento

Estos son eventos muy destructivos que causan el colapso y daños severos en edificaciones e infraestructuras, entre ellas, sistemas de agua y alcantarillado.

Tanto el humedecimiento del suelo como los sismos, tienen doble efecto negativo: debilitan la resistencia del suelo al corte, e incrementan la carga que actúa sobre él mismo cuesta abajo. Cuando ésta última supera a la primera, se produce desequilibrio de fuerzas y ocurren deslizamientos, por acción de la gravedad, de suelos depositados en pendientes inestables.

Estabilidad de taludes

La estabilidad de un talud depende de las características del terreno, del material de la pendiente, de las condiciones hidrológicas y climáticas y de la amenaza sísmica que en nuestro caso, la hacemos en función intensidad sísmica, parámetro conocido por ingenieros peruanos y latinoamericanos.

Identificar en las formas del terreno, indicios que señalen la ocurrencia de pasados deslizamientos, ayuda a establecer la ubicación de los sectores inestables y, por lo tanto, de las zonas en las que es altamente probable que vuelvan a ocurrir estos fenómenos, donde debe evitarse desarrollar todo tipo de construcciones, a menos que sea absolutamente necesario, ya que lograr su estabilización puede ser difícil y costoso.

La **geomorfología** es la disciplina que se ocupa de la observación sistemática del paisaje actual, teniendo en cuenta todos los fenómenos que lo modelaron a través del tiempo geológico. En este caso la geomorfología ayuda a determinar en qué medida los eventos ocurridos en un área dada, relacionados o condicionados por la naturaleza de suelo, los cambios climáticos, el comportamiento de las aguas, la actividad sísmica de la zona, etc., han influido en la estabilidad de un talud.

Características del terreno

Son muy importantes los accidente del relieve como fracturas o algún tipo particular de junta o discontinuidad, sobre todo si se encuentran desfavorablemente ubicados respecto a la pendiente ya que, por ser zonas inestables, las fuerzas gravitacionales que hacen fallar al suelo actúan sobre ellos.

Características del material de la pendiente

Características y atributos de las partículas del suelo y de su material cementante tales como estructura, composición, textura o espesor son de crucial importancia ya que están en directa relación con el nivel de intemperismo y propiedades tales como la resistencia mecánica, factores de los cuales depende a su vez la estabilidad del talud.

Los deslizamientos se pueden clasificar según la clase de movimiento y las características del suelo que se desplaza.

Clasificación según los tipos de movimiento

Caída.- Cuando masas de suelo, roca u otro material se precipita en dirección de la pendiente, ya sea en caída libre o rebotando en varios lugares.

Volteo.- Se produce cuando una masa de roca o tierra gira en torno a un eje horizontal ubicado en la parte baja y, una vez que cae, continúa deslizándose cuesta abajo.

Deslizamiento rotacional.- Si la masa tiende a rotar en torno a un eje horizontal que está por encima de la misma.

Deslizamiento traslacional.- Si el movimiento es fundamental a lo largo de un plano inclinado.

Desplazamiento lateral.- Es el movimiento lateral de masas consistentes en suelos fracturados.

Movimiento de flujo.- Es similar a lo que ocurre con flujos viscosos y puede tener uno o más lóbulos que se muevan a diferentes velocidades, dependiendo de la viscosidad del material y la pendiente del terreno.

Es necesario mencionar que muchos de los desplazamientos son bastantes complejos, de manera tal que puede resultar difícil clasificarlos de acuerdo a los tipos descritos, siendo común que se produzcan en forma simultánea o subsecuente.

Clasificación según las características del material

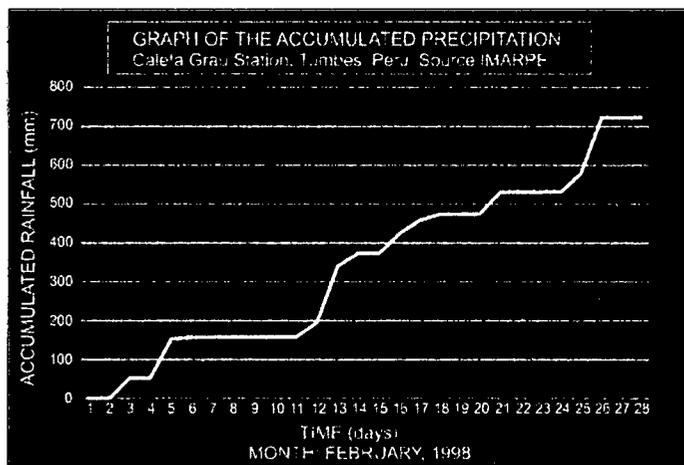
- **Deslizamiento de rocas.**- Si son bloques rocosos los que se desplazan.
- **Deslizamientos de suelos.**- Si son materiales discontinuos y homogéneos que se sub dividen a su vez en granulares y finos.

Cada uno de estos materiales es potencialmente susceptible a cualquiera de los tipos de movimiento antes mencionados, además de estar sometido a una variedad de posibilidades derivadas de las características físicas de su entorno.

1.4.2 Deslizamientos y Condiciones Hidrológicas y Climáticas

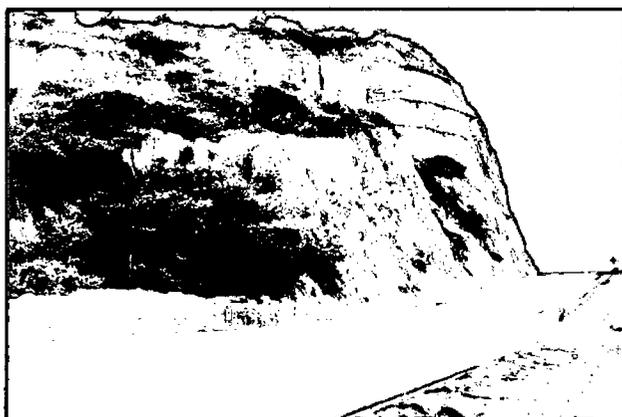
El agua juega un rol crítico en la desestabilización de suelos y su presencia depende de las variaciones climáticas. Las lluvias pueden afectar directamente la masa del suelo al infiltrarse en él, lo mismo que el incremento de los volúmenes de los cursos o masas de agua, como ríos y lagos. Los derrumbes son más susceptibles de ocurrir en lugares donde antes ya han ocurrido. Los flujos semilíquidos son también frecuentes.

Los deslizamientos se producen comúnmente después que ocurren lluvias intensas. En el gráfico de lluvia acumulada versus tiempo, en el eje horizontal están los días y en el vertical la lluvia acumulada. Los días en que se producen lluvias intensas, la pendiente de la curva tiende a ser vertical y cuando deja de llover o cuando la precipitación disminuye sensiblemente, la curva se vuelve horizontal (**Figura N° 1.21**). Se muestra el sector del Malpaso, Perú, (**Figura N° 1.22**) en la carretera Panamericana, N-W, lugar donde se obtuvo la curva de precipitación acumulada en el tiempo. Entre los días 12 y 14 de febrero de 1998 cuando llovió 200 mm y el 15 se produjo un importante deslizamiento. La curva muestra una clara correlación entre intensidades de lluvia, humedecimiento del suelo y deslizamiento.



Fuente: Guía Práctica (GP) – Banco Mundial

Figura N° 1 . 21 Precipitación acumulada en el tiempo, producida entre el 12 y 14 de febrero de 1998 en Malpaso. Tumbes.



Fuente: Guía Práctica (GP) – Banco Mundial

Figura N° 1 . 22 Vista general de Malpaso. Carretera Panamericana Norte. Tumbes.

Cada tipo de deslizamiento se desplaza a diferente velocidad. Los que viajan a mayor velocidad, causan más víctimas porque no dan tiempo suficiente para abandonar la zona amenazada y producen un alto grado de destrucción debido a la gran energía cinética que desarrollan, generando pérdidas por impacto y erosión. Sin embargo, desplazamientos lentos como la reptación, causan sustanciales daños si hay construcciones, edificación o tuberías enterradas sobre o dentro de suelos en proceso de falla.

1.5 DISEÑO DE OBRAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

El Norte del Perú abastece sus poblaciones mediante sistemas por gravedad y bombeo. Estos pueden ser por fuentes **superficiales** (provenientes de ríos en su mayoría) o **subterráneas**.

Los sistemas por gravedad utilizan fuentes de captación que corresponden a aguas superficiales (ríos, manantiales, lagunas, galerías filtrantes), que luego de ser captadas se **conducen por gravedad** (Línea de Conducción) o **bombeo** (Línea de impulsión) hacia su **tratamiento**, para lograr su potabilización. El agua tratada es llevada, mediante líneas de **conducción o impulsión**, hacia una estructura de almacenamiento (reservorio) y desde allí se distribuye (Línea de Aducción) hacia las redes de agua potable (Redes de Distribución), que finalmente llegan al **usuario final** (Conexiones Domiciliarias).

Los sistemas por bombeo (ejm. La ciudad de Piura) utilizan como fuentes de captación las aguas subterráneas a través de pozos tubulares, equipados por bombas de eje vertical o electrobombas (bombas sumergibles), en los cuales se incluye, generalmente, en el árbol de descarga, el proceso de cloración. Al igual que el sistema anterior, las aguas tratadas son posteriormente almacenadas y distribuidas mediante redes urbanas de diferente jerarquía.

1.5.1 Piura

La fuente de agua para las localidades de Piura y Castilla es subterránea y superficial; la primera se realiza por extracción a través de 28 pozos tubulares (9 en stand by) que tienen un rendimiento promedio de 54 l/s y un funcionamiento de 14 horas al día. Todos los pozos operan con energía eléctrica, utilizando electrobombas sumergibles, disponiendo algunos de grupos electrógenos de emergencia. La segunda fuente es el Canal Daniel Escobar que suministra agua cruda a la Planta de Tratamiento de Curumuy que bombea agua a través de 18 km. de tubería de 24" Ø HD hasta los reservorios de la ciudad de Piura y Castilla.

Con respecto a la capacidad de almacenamiento, el sistema cuenta con seis (06) reservorios elevados, que en conjunto representan una capacidad de almacenamiento de 10,850 m³.

Las redes de distribución de agua potable son abastecidas directamente de los pozos y reservorios. Por su configuración y características particulares no permiten un reparto equitativo ni apropiado del líquido elemento, presentándose zonas con servicio restringido.

La red total de distribución de Piura está compuesta de 326.53 km, con una antigüedad entre 40 y 50 años de las cuales un total de 89.98 km son redes de distribución primaria, y un 236.55 km son redes de distribución secundaria.

La red total de distribución de Castilla está compuesta de 217.69 km, de las cuales un total de 59.99 km son redes de distribución primaria, y un 157.70 km son redes de distribución secundaria.

1.5.2 Tumbes

La administración del servicio de agua potable y alcantarillado para la ciudad de Tumbes se encuentra bajo la responsabilidad de la Empresa de Aguas de Tumbes S.A – ATUSA - TUMBES.

Para el abastecimiento de agua potable, la Ciudad de Tumbes explota los recursos hídricos provenientes del río Tumbes y de la napa freática. Según los Estudios desarrollados por la empresa prestadora de servicios (EPS), se afirma que el caudal del río Tumbes se muestra suficiente para atender las necesidades de abastecimiento de agua en toda la región.

En el sistema integral para el servicio de agua potable en la ciudad de Tumbes, la captación superficial del río Tumbes es conducida por bombeo a la Planta de Tratamiento para ser potabilizada mediante un proceso de sedimentación, mezclado hidráulico, floculadores, decantador, filtración y cloración. Adicionalmente se cuenta con la captación del subsuelo a través de tres pozos tubulares que reporta una calidad de agua fuertemente mineralizada.

La producción total de agua potable proveniente de la Planta de Tratamiento y de los tres pozos tubulares es de 320 l/s. Para el almacenamiento de agua potable, la ciudad dispone de cinco reservorios ubicados en El Tablazo, A.H. El Mirador A.H. Andrés Araujo y A.H. Lishner Tudela; que cuentan con una capacidad total de 5,050 m³. El reservorio "El Recreo" es usado ocasionalmente y su capacidad no ha sido considerado en este valor.

Las redes de agua potable cubren gran parte de la zona urbana; con el objeto de abastecer a las zonas que se encuentran en la periferia, se han instalado a partir de las redes existentes ramales abiertos en los que se han instalado piletas públicas. La longitud de las redes de distribución es de 154.85 km, de las cuales

la mayor parte está formada por tuberías de AC. Los diámetros oscilan entre DN 75 mm y DN 400 mm.

1.6 DISEÑO DE OBRAS DE ALCANTARILLADO

1.6.1 Piura

Con respecto al sistema de alcantarillado, la ciudad de Piura – Castilla está dividida en siete (07) cuencas para Piura y dos (02) cuencas para Castilla que drenan las aguas servidas para su disposición final a una laguna de estabilización ó en su defecto al río Piura.

La red de alcantarillado está compuesta por 435.37 km de tuberías de diferentes diámetros y 18 Cámaras de Bombeo. La longitud de los colectores que están prestando servicio fuera de su vida útil representa casi la mitad de la red de colectores principales.

Los desagües de Piura y Castilla son tratados en lagunas de oxidación, cuyos efluentes se usan en riego, otros son lanzados crudos al río Piura (la solución a este problema viene ejecutada con la ejecución del Lote 3b del Proyecto PE-25).

Los drenes pluviales existentes en la ciudad de Piura y Castilla, resultan insuficientes para drenar el agua en el período de lluvias y especialmente durante el fenómeno El Niño.

1.6.2 Tumbes

El actual sistema de alcantarillado de Tumbes sirve a un área de 577 ha. El total del área servida y atendida mediante conexiones domiciliarias ha sido dividido en 06 áreas de drenaje y 03 zonas de disposición. Dos áreas de drenaje en la ciudad descargan directamente al río Tumbes sin tratamiento alguno, 03 áreas descargan a las lagunas de estabilización "JOSE LISHNER TUDELA I – II" y la última descarga directamente a la quebrada Pedregal ubicado en el sector denominado El Bosque.

De acuerdo a información proporcionada por ATUSA-TUMBES, se ha determinado que a la fecha de Agosto – 2009, los colectores tiene una longitud total de 123.70 km.

Existen en Tumbes las siguientes cámaras de bombeo (CBD):

- ✓ CBD N° 05 Salamanca
- ✓ CBD N° 04 Los Jardines
- ✓ CBD N° 03 Pampa Grande
- ✓ CBD N° 02 Urbanización
- ✓ CBD N° 01 Coloma

Además de servir las aguas al río Tumbes, el sistema cuenta con dos cuerpos receptores de descargas de aguas negras:

- ✓ Quebrada Pedregal
- ✓ Laguna Lishner Tudela

1.7 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS

Esta parte de la Tesis resalta los puntos más importantes, a criterio del autor, de un artículo escrito por el Dr. Rocha Ref. Bib. N° [36]:

En los últimos cinco siglos han ocurrido diez Meganiños que han causado pérdida de vidas humanas, destrucción de ciudades, de carreteras, de puentes y de las más diversas estructuras, incluyendo por cierto, las hidráulicas.

Hace años los mayores daños ocasionados por el FEN correspondían a la vida y a la salud de las personas. Así por ejemplo el Meganiño de 1891 causó 2000 muertes. A medida que el tiempo pasa, que el progreso se manifiesta y que se construyen más y mejores infraestructuras, éstas vienen sufriendo importantes daños al presentarse un Meganiño; en consecuencia, surge la necesidad de conocer más acerca de las manifestaciones meteorológicas e hidrológicas del Fenómeno y del comportamiento de las estructuras, lo que incluye analizar sus fallas y obtener así información útil para los futuros diseños.

Lo expuesto en los párrafos precedentes sería motivo más que suficiente para añadir al estudio científico del Fenómeno la necesidad de hacerlo desde el punto de vista de la ingeniería, con la aplicación específica a los diseños. En varios trabajos de los últimos años se ha desarrollado diversos aspectos concernientes al estudio de fenómenos desde esta perspectiva. Sin embargo, no existen estudios acerca del efecto de ENSO en las estructuras hidráulicas, incluyendo

sistemas de agua y alcantarillado. El tema es difícil y la respuesta tendrá que encontrarse mediante un proceso de aproximaciones sucesivas.

Investigaciones recientes han permitido establecer la posibilidad de que los Meganiños sean eventos relativamente frecuentes. A partir del procesamiento de la información disponible de los últimos cinco siglos se calcula que en la costa norte peruana su periodo de retorno podría ser del orden de 50 años. Como los Meganiños son eventos hidro-meteorológicos estadísticamente atípicos, es decir, diferentes a los que usualmente se presentan en la serie de máximas precipitaciones y avenidas, ha sido necesario estudiarlos específicamente y determinar sus características.

Siendo la intención de esta investigación, el contribuir, aunque sea preliminarmente, con tener una idea del efecto de las grandes lluvias en sistemas de agua y alcantarillado, desarrollándose consideraciones de diseño para cada componente de los mismos.

1.8 CIUDADES DEL NOROESTE PERUANO.

El impacto de El Niño comprende una extensa zona del territorio nacional; especialmente, cuando por su gran magnitud, tiene características de Meganiño. Sin embargo, es necesario reconocer que se trata de una alteración climática esencialmente costera. Ref. Bib. N° [37]. El Niño se presenta frecuentemente y con gran magnitud en la región norte de la costa peruana, y es también allí donde ocurren los más grandes daños en los S A y A.

Las localidades en las cuales se realizó el análisis de daños ocasionados por el Niño son ciudades de la costa noroeste del Perú. Los estudios estuvieron enfocados principalmente en la ciudad de Tumbes por considerarla más interesante desde el punto de vista de la ingeniería. Además, información sobre lo ocurrido en ciudades como Piura, Chiclayo, Sullana y Talara es desarrollada y analizada de manera resumida en los ítems siguientes.

En la **Figura N° 1.20** se muestra un mapa de precipitaciones en el periodo 97-98 en la costa noroeste Peruana. Además, se indican los lugares considerados en el estudio, donde se realizó el análisis de los daños en los sistemas de agua y alcantarillado.

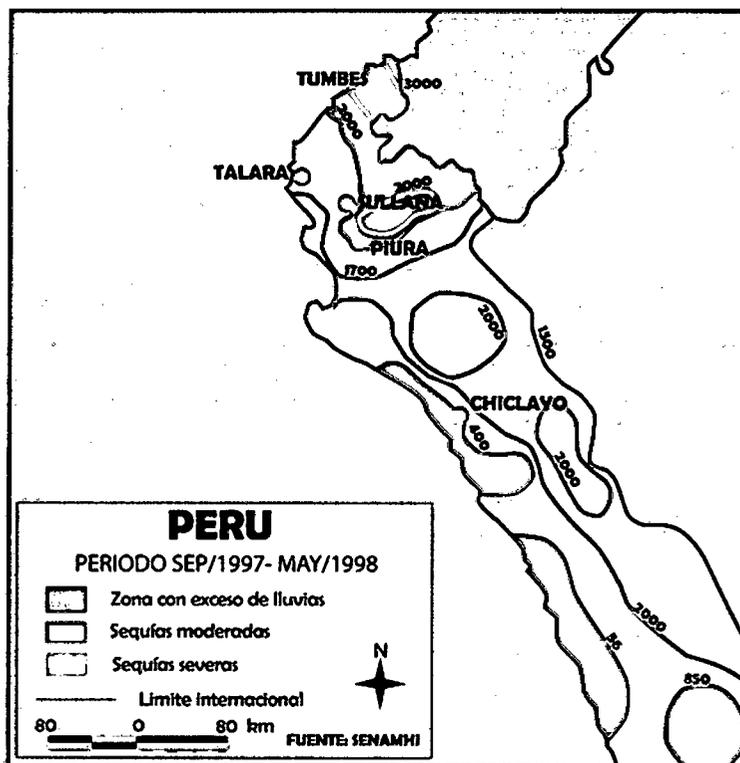


Figura N° 1 . 23 Precipitaciones en el periodo 97-98 en la costa noroeste Peruana.

1.9 PROGRAMA CIUDAD SOSTENIBLE Y LOS MAPAS DE PELIGRO

En el desarrollo de esta tesis se utilizarán como herramientas de análisis los mapas de peligro de la ciudad de Tumbes. Estos mapas fueron elaborados en el marco del Programa Ciudad Sostenible -1Etapa (PCS – 1E).

Desde noviembre de 1999 en que se inició el PCS-1E hasta la fecha, dicho programa ha producido los mapas de peligros de unas 140 ciudades capitales provinciales y distritales, ubicadas a lo largo y ancho del territorio peruano, entre ellas Tumbes. Ver A-11 hasta A-18 Sección Planos

Se ha comprobado que existe una buena correlación entre daños en general, producidos en edificaciones e infraestructuras, generados por fenómenos naturales intensos, sismos, inundaciones, deslizamientos, etc. y las condiciones naturales de sitio incluidos en mapas de peligros. Por lo que serán importantes para estudiar daños en S A y A y desarrollar métodos prácticos para reducirlos objeto de esta Tesis. Las características de este programa son las siguientes:

Objetivo

El **objetivo principal** del programa es tratar de detener el crecimiento caótico de las ciudades peruanas que se están convirtiendo en cada vez más riesgosas para sus habitantes. El accionar se focaliza sobre el primer atributo de una ciudad sostenible (CS), la **seguridad**. Reducir el riesgo de la parte de la ciudad que se densifica o expande, es también el primer paso para hacerla competitiva a largo plazo, al evitar que se destruya su capacidad productiva.

Estrategia

La **estrategia** se centra en la **participación activa de todos los actores** interesados en un desarrollo urbano sano: la población, los gobiernos locales, regionales y central, las universidades, y el núcleo del equipo de trabajo constituido por personal CEREN, PNUD e INADUR. En este sentido, se proyectaron reuniones con los alcaldes de las ciudades considerados prioritarias, para explicarles los alcances y beneficios del programa.

Hay que programar acciones que se puedan ejecutar con **grandes y claras ventajas costo-beneficio**. Para que la **oposición sea mínima**, no debe disponerse la demolición irracional de viviendas y/o de importantes construcciones ubicadas en sectores peligrosos. Es posible de manera práctica y a costos razonables reducir la vulnerabilidad de las edificaciones allí construidas.

Lo que no se puede postergar es la gradual reubicación de las edificaciones construidas en sectores de muy alto peligro. Para ello debe informarse a los residentes del riesgo al que están expuestos y de la necesidad que participen en la preparación de planes de contingencias para proteger sus vidas. El programa PCS-1E da énfasis a la densificación y la expansión de las ciudades hacia sectores donde los estudios de microzonificación indiquen que el peligro es medio o bajo. Si es alto, se aplican las restricciones de uso incluidas en siguiente **Tabla N° 1.1** y, si es muy alto, no se permite para usos urbanos.

Para obtener **resultados tangibles, rápido, y demostrar que el programa es altamente rentable**, se empezó por las ciudades más afectadas por El Niño 1997-98, que ya tenían estudios de microzonificación efectuados previamente por el centro de Investigación Sísmica y Mitigación de desastres de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI-CISMID FIC/UNI. De esta manera se aseguró la

obtención de recursos, que no se consiguen fácilmente y la continuidad y posible expansión del programa a otras ciudades.

El programa enfoca el problema integral incluyendo ordenanzas municipales que todos respetan y están dispuestos a cumplir por haber sido aprobados por consenso, lo que permite un estricto control municipal que es complementado por un sub-programa de fortalecimiento institucional.

Pasos programados PCS-1E

De acuerdo a los objetivos del programa y la estrategia planteada para lograr resultados tangibles de manera eficiente, los pasos programados son los siguientes:

1.- **Iniciativa del alcalde** con el firme compromiso de las autoridades locales de participar activamente en el programa, y una solicitud dirigida al CEREN-PNUD en ese sentido.

2.- **Formulación del programa** a cargo de MUNICIPIOS-CEREN-PNUD-INADUR-UNIVERSIDADES, de acuerdo a esquemas preestablecidos, para ser aplicado de manera flexible de acuerdo a la realidad de cada municipio.

3.- **Estudios de microzonificación** y su sintetización en el **mapa de peligro**. Seis de las diez (10) ciudades del GRUPO A del programa 1999-2000 contaban con estudios previos realizados en la UNI.

Para una fluida y fácil coordinación con los planificadores urbanos, se ha preparado las siguiente **Tabla N° 1.1** donde el incluye el grado de peligro y la descripción de sus características, se dan algunos ejemplos ilustrativos, se fijan restricciones para el uso del suelo y se dan algunas recomendaciones en cuanto al nivel de investigación necesario del sector respectivo.

4.- **Desarrollo del plan del plan de uso de suelo**, efectuado en casi todos los casos por INADUR y basado principalmente en el **Mapa De Peligros y La Tabla N° 1.1** que orienta al planificador urbano en su aplicación. Consiste en propuestas que establecen pautas técnico-normativas para uso racional del suelo. No se ocupan sectores altamente peligrosos, para reducir el impacto negativo de futuros eventos intensos o extremos, tampoco terrenos agrícolas, para evitar su destrucción, con nefastos efectos sobre el medio ambiente.

La **parte innovadora** del proceso es que no se permite el uso para fines urbanos de sectores altamente peligrosos; y en los sectores peligrosos, solo se permiten edificaciones de determinado tipo de construcción y según los materiales que se vaya a utilizar. Por ejemplo, se prohíbe construcciones de adobe en sectores donde se prevé ocurrirán altas aceleraciones sísmicas o que pueden llegar a permanecer bajo agua varios días. La experiencia peruana acumulada entre 1970 y 1998, ha comprobado que, en dichos casos, las viviendas de adobe se pierden en su totalidad.

5.- **Proceso de aprobación** mediante consulta popular del mapa de peligros, plan de uso del suelo y medidas de reducción de desastres para la ciudad. El proyecto es explicado a personas representativas de las organizaciones locales y autoridades municipales, luego se expone al público en un salón municipal especialmente acondicionado durante un mínimo de 30 días, para recibir las sugerencias y objeciones, las que son procesadas por los técnicos del municipio y el equipo CEREN-PNUD-INADUR. El proceso culmina con la aprobación en principio del proyecto, por el alcalde.

6. – **Preparación de las ordenanzas** municipales, sometidas a votación de todos los regidores, y **promulgación** de estas por el alcalde.

7.- **Control municipal** para el cumplimiento de las ordenanzas, puesto que durante la ejecución del programa se encontró que, en la mayoría de los municipios, era necesario un sub-programa de **fortalecimiento institucional** para mejorar el manejo administrativo y económico y para cautelar que las ordenanzas se cumplan. También el sub-programa dio orientaciones sobre cómo formular proyectos detallados y como implementar proyectos prioritarios de reducción de desastres, con la debida asesoría.

Cuadro N° 1. 1 Sectores según el Grado de Peligro

GRADO DE PELIGRO	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS	RESTRICCIONES Y RECOMENDACIONES DE USO
ALTAMENTE PELIGROSO	<p>a) Las fuerzas naturales o sus efectos son tan grandes que las construcciones efectuadas por el hombre no las pueden resistir.</p> <p>b) De ocurrir el fenómeno las pérdidas llegan al 100%.</p> <p>c) El costo de reducir los daños es tan alto que la relación costo - beneficio hace impracticable su uso para fines urbanos.</p>	<p>a) Sectores amenazados por alud-avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo (huaicos).</p> <p>- Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebradas que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo.</p> <p>b) Sectores amenazados por deslizamientos. Zonas amenazadas por inundaciones con gran fuerza hidrodinámica, velocidad y poder erosivo.</p> <p>c) Sectores contiguos a las vértices de las bahías en forma de V o U amenazados por tsunamis.</p> <p>- Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones.</p>	<p>Prohibido su uso con fines urbanos.</p> <p>Se recomienda utilizarlos como reservas ecológicas, recreación abierta, o para el cultivo de plantas de ciclo corto.</p>
PELIGROSO	<p>a) La amenaza natural es alta pero se pueden tomar medidas efectivas de reducción de daños a costos aceptables, utilizando técnicas y materiales adecuados.</p>	<p>a) Franjas contiguas a los sectores altamente peligrosos, la amenaza se reduce notoriamente, pero el peligro todavía es alto.</p> <p>- Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas.</p> <p>- Sectores, que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días.</p> <p>- Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos.</p>	<p>Se permite su uso urbano después de estudios detallados por especialistas con experiencia, para calificar el grado de peligro y fijar los límites con el sector anterior.</p> <p>Recomendable para usos urbanos de baja densidad.</p>
PELIGRO MEDIO	<p>a) Amenaza natural moderna.</p>	<p>a) Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas.</p> <p>- Inundaciones muy esporádicas con bajo tirante y velocidad.</p>	<p>Adecuado para usos urbanos.</p> <p>Investigaciones geotécnicas normales.</p>
PELIGRO BAJO	<p>a) Suelos donde se producirá baja amplificación de las ondas sísmicas.</p> <p>b) Donde es muy remota la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales intensos o falla gradual del suelo.</p>	<p>a) Terrenos planos o con poca pendiente, roca o suelos compacto y seco, con alta capacidad portante.</p> <p>b) Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por actividad volcánica o tsunamis.</p>	<p>ideal para usos urbanos de alta densidad y la ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, cuarteles de policía, bomberos, etc.</p>

Capítulo II EXPOSICIÓN DE HIPÓTESIS

2.1 HIPÓTESIS

- i. La tesis desarrollará un diagnóstico post-evento de los S A y A fundamentado principalmente en la experiencia de los profesionales involucrados en el tema o que sufrieron los efectos de El Niño. Han pasado 13 años desde el último Meganiño de 1997-98.
- ii. Debido al recurrente fenómeno hidro-meteorológico conocido como El Niño, el S A y A de la ciudad de Tumbes colapsó por la combinación de factores como la topografía irregular y características de sitio que presenta la ciudad y que es atravesada por quebradas, inestabilidad fluvial y morfológica del río Tumbes, falta de mantenimiento, antigüedad del sistema y adecuada operación de los sistemas durante el fenómeno en mención.
- iii. En su mayoría, los daños en los S A y A en 1997-98 son los mismos que ocurrieron en 1982-83. Se asocian deslizamientos a El Niño como causa del aumento en la precipitación.

2.2 INTRODUCCIÓN

En lo que respecta a fenómenos de origen climático que afectan S A y A, el presente estudio se centraliza en inundaciones, que causan severas erosiones cuando la corriente de agua superan los 4-8 m/s destruyendo por erosión del suelo, tuberías de agua y desagüe. Además los materiales erosionados en las partes altas de las ciudades son depositados en las zonas bajas, enterrando construcciones y colmatando desagües. Al destruirse los componentes más importantes de los S A y A, no sólo se priva de agua potable a los damnificados; sino que los daños en tuberías de desagües causan contaminación, bien sea por rotura de tuberías de agua y desagüe enterradas muy cercanas entre sí, o cuando las aguas negras inundan sectores bajos de las ciudades, como está sucediendo en la actualidad -2010- en la ciudad de Tumbes.

En el Perú, durante el fenómeno de El Niño de 1982-83 y el ocurrido en 1997-98, muchas de las ciudades en la costa noreste (NW) quedaron devastadas. Un gran porcentaje de la infraestructura: carreteras, puentes, sistemas de agua y alcantarillado, se construyeron en los años 50, a raíz del boom exportador, efecto

de la guerra de Corea. Para entonces se había olvidado o no se conocían los efectos de El Niño de 1925, el otro evento extraordinario del siglo XX.

Cuando ocurrió El Niño 1982-83, ciudades como Tumbes, Talara, Paita, Sullana, y Piura; y las infraestructuras que las unen, carreteras y puentes, no estaban diseñadas ni construidas para soportar inundaciones severas, de tal manera que el escenario para el desastre estaba preparado. Las tuberías de agua y alcantarillado que cruzaban quebradas secas por décadas, se convirtieron en caudalosos ríos, que erosionaron de manera severa las obras que cruzaban sus cauces, que se profundizaron y ancharon de manera considerable. En medio del cauce ampliado se pudieron observar después de El Niño "puentes cortos", que cubrían el ancho original del cauce, que se habían ensanchado de 2 a 4 veces. Las tuberías de abastecimiento de agua del eje Paita-Talara quedaron totalmente inutilizadas y arrancadas de sus posiciones originales, y quedaron esparcidas aguas abajo.

Antes del viaje de estudios, hacia el noroeste del Perú, Tumbes, Sullana, Piura y Chiclayo en Junio de 2010, en Lima se revisaron de tesis desarrolladas en la FIC/UNI - Ref. Bib. N° [1] [12] [24] [32] [39] - para investigar los efectos de El Niño de 1982-83 y de 1997-98 que tratan temas directamente vinculadas con los objetivos de la presente Tesis. Entre ellas la tesis de Cesar Tapia Ref Bib. N° [39]. Por la geomorfología de la ciudad y los severos daños en S A y A se decidió en principio, focalizar los estudios en la ciudad de Tumbes.

Como resultado de ese viaje de inspección, se verificó que la decisión previamente tomada en Lima era adecuada, y se decidió centrar los estudios en los efectos de inundaciones en los servicios de agua y alcantarillado de la ciudad de Tumbes, por las siguientes razones:

- El área urbana de Tumbes - **Ver A-04 Sección Planos** - se desarrolla sobre un terreno ondulado, cruzado por 5 quebradas en pendiente, que cuando llueve en la zona, los torrentes de agua que genera, causan erosión severa en el suelo de fondo y costado de las quebradas y las tuberías de agua y desagüe enterradas se destruyen.
- Parte importante de la ciudad también está asentada sobre una planicie **Ver A-04 Sección Planos** que se inunda cuando el río Tumbes incrementa su caudal a 1500m³/s.- año 1998 - , e incluso se inunda la Plaza de Armas, cuando el volumen llega a 3000m³/s – año 1983 - . En la actualidad con la

colmatación del cauce bajo del río Tumbes estos parámetros deben haber cambiado y es necesario estudiarlos. Debido a la deforestación de la cuenca alta del río Tumbes, que en Ecuador se llama Puyango, y en su cauce medio en territorio peruano, se produce erosión de laderas y quebradas, emitiendo gran volumen de suelo que el río transporta, y luego se deposita en su cuenca baja, donde se ubica la ciudad de Tumbes. De acuerdo a la dinámica del río Tumbes, su curso se ha alejado de la bocatoma de la planta de tratamiento de agua, y ahora es necesario conducir el agua por un canal.

- Este estudio de caso, puede ser de utilidad para otras ciudades que se desarrollan tanto sobre terrenos ondulados, como en planicies.

Además, a raíz del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales DIRDN 1990-99 se efectuaron estudios de microzonificación y plan de uso de suelos para la ciudad de Huancabamba "la ciudad que camina", pues se está deslizando cuesta abajo, detectado desde inicios del siglo XX. Acelerándose este deslizamiento cuando el Niño se presenta, esto debido a la gran cantidad de agua que se infiltra. Una tesis de Ing. Civil - Ref. Bib. Nº 12 - desarrollada en la UNI en 1991 investigó, con cierto detalle, los deslizamientos que están afectando Huancabamba.

Posteriormente el Programa Ciudades Sostenibles CEREN/PNUD desarrolló el mapa de peligros de las ciudades del Norte, el plan de uso de suelos y perfiles de proyectos para la reducción del riesgo de desastres (Ref. Bib. Nº [7]). Estos estudios constituyeron datos de soporte, utilizados para estudiar in situ, en julio de 2010, el estado actual del sistema de agua y alcantarillado de Tumbes, y los daños acumulativos que se han ido produciendo.

El Eje Paita-Talara, que provee de agua a estas ciudades, tiene su bocatoma en la margen izquierda río Chira. Durante El Niño de 1982-83, la erosión de las quebradas por donde cruzaban las tuberías hacia el norte (Talara) y hacia el sur (Paita), fueron arrancadas de sus bases y arrastradas aguas abajo. En esa oportunidad se inspeccionó los daños causados en las tuberías en el área cercana a Talara, pero no se pudo inspeccionar daños a lo largo de su eje, ni en la bocatoma, pues las ciudades quedaron aisladas por la destrucción de carreteras y puentes; y las secas quebradas se convirtieron en caudalosos ríos, difíciles de cruzar.

La bocatoma, la casa de bombas, y el primer tramo de la tubería de impulsión de dicho eje, están contruidos sobre una pendiente inestable en proceso de deslizamiento. En julio de 2010, se visitó el área de la bocatoma y se observó que el proceso de deterioro es más grave de lo que se suponía antes de la visita. El deslizamiento en proceso activo, que en la práctica es difícil y costoso controlar, sigue afectando la bocatoma, la casa de bombas y la tubería de impulsión, con daños acumulativos provocados por El Niño de 1982-83, el evento de 1997-98 y lluvias torrenciales de 2007. Ver Figuras N° 1.2, 1.3 y 2.1.

Los daños causados en el S A y A de Huancabamba y del sector de la bocatoma del Eje Paíta Talara son dos estudios de caso, que dan luces para desarrollar criterios de diseño para proteger adecuadamente S A y A de daños que pueden ser causados por deslizamientos. Por lo que, se recomienda se hagan estudios específicos y/o actualicen los ya existentes – como complemento a esta investigación.

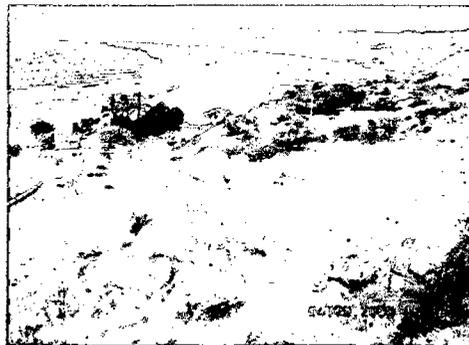


Figura N° 2 . 1 Bocatoma del Eje Paíta-Talara.

Fuente: ing. Julio Kuroiwa Horiuchi

2.3 LAS INUNDACIONES

Son fenómenos de origen climático, hidrometeorológico, de **rápido desarrollo**, son los más frecuentes y los que más pérdidas causan a nivel mundial, aún en países desarrollados como los EE.UU. Los fenómenos climáticos de **lento desarrollo** como la desertización o sequía en general no causan daños en sistemas de agua y alcantarillado, sin embargo los efectos sobre la economía y el medio ambiente pueden ser desastrosos. En 2005 las severas sequías en los países del sur de Europa: Grecia, Francia, España y Portugal, unido a las altas temperaturas, no solamente causaron la muerte de miles de personas de la tercera edad, sino que originaron incendios forestales muy extendidos, que amenazaron ciudades importantes e históricas, como Coimbra en Portugal.

Las **inundaciones** han ocurrido siempre, desde los albores de la historia de la humanidad. Lo que hace que las inundaciones se conviertan en situaciones de desastre, es que el hombre, debido a la comodidad para la vida diaria y los atractivos que ofrecen los cursos o masas de agua, quiere ubicarse muy cerca de ellos y ocupa las **planicies de inundación**. Estas planicies son áreas adyacentes que tienen los ríos como reserva para evacuar el exceso de agua, o como zonas de expansión cuando lluvias torrenciales o rápidos deshielos en las partes altas de sus cuencas, hacen se salgan de sus lechos.

En el Perú entre los meses de enero y marzo, en las alturas medias del flanco oeste de la cordillera Occidental de los Andes, año tras año, los huaicos destruyen cultivos, viviendas, canales de irrigación, caminos, interrumpiendo el tránsito automotor y ferroviario.

Las inundaciones que provocan los ríos pueden ser de dos tipos: Flujos rápidos y desbordes de ríos. Los lagos también pueden desbordarse.

Flujos rápidos o inundaciones repentinas (Flash floods).- Son las inundaciones que se producen súbitamente en zonas montañosas, como resultado de lluvias torrenciales cuyas precipitaciones son captadas por cuencas relativamente pequeñas que, por su forma, concentran el agua en su curso de evacuación.

Los llamados **huaicos** en el Perú pueden ser incluidos dentro de este grupo. Estos fenómenos son frecuentes en los tributarios de cursos medios de los ríos que, desde la cordillera Occidental de los Andes, bajan hacia el océano Pacífico. A veces, los huaicos arrastran grandes rocas, y la carga de sedimentos por lo general es alta.

Desbordes de ríos y lagos. Son fenómenos que ocurren con lento desarrollo de por lo menos 12 horas. Puede tomar días o hasta semanas si se trata de ríos y lagos que coleccionan aguas de cuencas muy extensas o se producen por deshielo de montañas, debido al incremento gradual de la temperatura. Un ejemplo son las extensas inundaciones causadas por el lago Titicaca en todo su borde en Perú y Bolivia. Al incrementar su nivel en más de 1,5 m, manzanas completas en la ciudad de Puno quedan bajo el agua por semanas o meses.

En enero de 2010, ocurrieron intensas lluvias que afectaron las regiones Cusco y Puno. En Cusco, debido a varias décadas de escasas lluvias, los lechos de

varias lagunas estaban secos. En la ocupación desordenada de esos terrenos, en general por invasión, numerosas familias se asentaron en sectores inundables.

Al ocurrir lluvias por encima del promedio, las lagunas recuperaron sus antiguos niveles. Miles de viviendas de adobe quedaron por semanas bajo agua. Primero se humedecieron las paredes, luego colapsaron sobre el agua a profundidades de 0.80 a 1.20 m y se deshicieron.

En la región Cusco, la concentración del agua de lluvia en laderas de montañas, al ir incrementando su volumen, corren cuesta abajo por quebradas de pendiente pronunciada generando huaicos que destruyen o causan severos daños en centros poblados.

En el altiplano puneño, habituados por cíclicas sequías e inundaciones del lago Titicaca y de sus ríos tributarios, manejaron mejor las inundaciones por desbordes y los efectos fueron menores que en Cusco. Sin embargo en la cuenca oriental de la cordillera de los Andes las lluvias intensas y las pendientes de las montañas causaron daños de consideración.

2.3.1 Evaluación del Peligro y Vulnerabilidades de las construcciones sujetas a Inundaciones

La evaluación del peligro de inundación involucra en la mayoría de los casos la estimación de los **picos de las descargas**, incluyendo el **nivel** que alcanza y su **frecuencia de ocurrencia**, en una sección transversal de un río.

Alternativamente puede incluir la estimación de la **máxima descarga** en condiciones extremas, como la ocurrida en los ríos del departamento de Tumbes, Perú, durante el fenómeno de El Niño de 1982-83 y el de 1997-98.

Los métodos estándares sólo consideran la evaluación de los siguientes parámetros: profundidad del agua, velocidad, frecuencia de ocurrencia, rapidez del incremento del nivel del agua y duración del periodo crítico.

De la **profundidad** de la inundación dependen la estabilidad de las construcciones contra la flotabilidad, daños en la cimentación y la tolerancia de diferentes tipos de plantas para sobrevivir bajo el agua.

De la **velocidad** depende la fuerza erosiva del agua y la presión hidrodinámica que ejerce sobre las estructuras. Altas velocidades ocurren en los flujos rápidos,

en la parte central de los ríos y también en los planos de inundación en pendiente con la velocidad se incrementa la fuerza erosiva.

Teniendo en cuenta el objetivo principal de esta Tesis, sólo se considera la vulnerabilidad de los componentes de sistemas de agua y alcantarillado que sufren daños frente a inundaciones.

El tema de daños causados por inundaciones es muy amplio. Para evitar dispersión en su presentación en esta Tesis se focaliza en el fenómeno de El Niño.

En 1982-83, en la región noroeste (NW) del Perú las regiones Tumbes y Piura quedaron destruidas - Ver A-15 en Sección Planos -. Las ciudades con sus edificaciones y servicios públicos vitales, la infraestructura que unen los centros poblados: carreteras y puentes se destruyeron y las capitales regionales y provinciales quedaron aisladas. El aparato productivo de la industria petrolera - las más importante en el NW para entonces - , la actividad agrícola, pesquera, los pozos de cultivo de langostinos, quedaron destruidos. Las pérdidas totales pasaron los US\$ 2000 millones. Según el Instituto Nacional de Desarrollo – INADE, representaron el 6.2% del PBI del Perú de 1983.

El fenómeno de El Niño 1997-98, también causó daños muy importantes, pero debido a las medidas de mitigación que se tomaron antes de su ocurrencia, los daños alcanzaron el 3.0% del PBI de 1998. El importe total de las pérdidas también pasaron de los US\$ 2,000 millones, pero debido al crecimiento de la economía peruana y la devaluación del dólar en esos 15 años, el impacto socio-económico sobre la nación peruana fue menor.

En el estudio “Primer Proyecto de Defensas Ribereñas-Informe de Factibilidad – Valle de Tumbes” de PRONADRET FAO – DGI Ministerio de Agricultura, (Julio de 1988), se ha establecido las áreas inundables para diferentes caudales, tal como se muestra en el mapa de “Zonas Inundables en el Valle del Río Tumbes”, así se tiene:

DESCARGAS DE INUNDACIÓN (m ³ /seg)	ÁREAS INUNDADAS (ha)
700	4,196
1,500	8,560
3,000	9,736
4,000	10,910

		TUMBES		
		CIUDAD ANTIGUA	CIUDAD INTERMEDIA	NUEVO TUMBES
TIPO DE OCURRENCIA	Erosiones y sedimentación	X	X	
	Inundaciones por río, canales y/o precipitación directa.	X	X	X
POBLACIÓN AFECTADA	Damnificados	38,605	2,050	40
	Reubicados	1,130	36	34
INFRAESTRUCTURA AFECTADA	Drenes y/o canales (km)	3.2	0.8	0.2
	Agua y Alcantarillado (Km)	15.0	-	8.0

Fuente: INADUR - Adaptado del Cuadro N 01 "Dimensionamientos de los daños según ocurrencias", del estudio de asesoría técnica para la recuperación y el acondicionamiento de los centros poblados afectados por el fenómeno "El Niño"

Cuadro N° 2. 1 Reporte de Inundaciones años 1997-98

2.4 IMPACTO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, los sistemas de agua y alcantarillado (S A y A) en los cuales se realiza el análisis y reporte de daños causados por el fenómeno de El Niño (ENSO) pertenecen principalmente a las ciudad de Tumbes. Información de ciudades como Piura, Talara y Sullana son puntuales y solo refieren a daños producidos en los años 97-98.

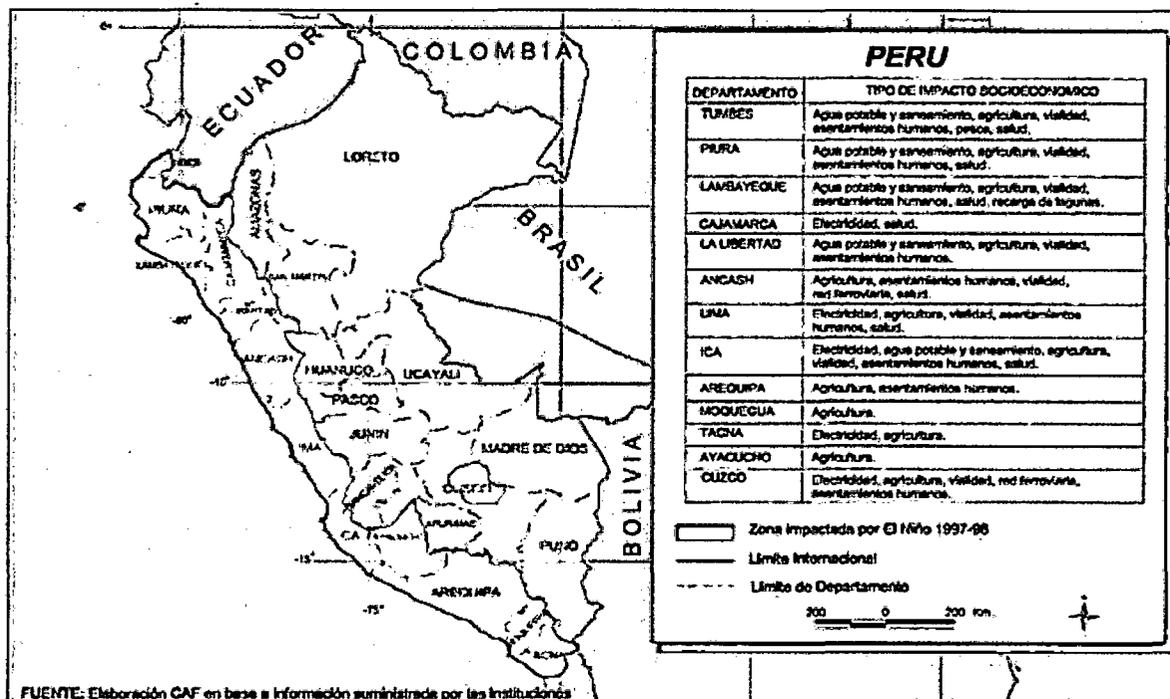


Figura N° 2. 2 Influencia del Fenómeno de El Niño 1997-98

En el cuadro que acompaña al mapa – Ver Figura N° 2.2 -, el CAF resalta como principal impacto socioeconómico en los departamentos de PIURA, TUMBES y LAMBAYEQUE aquel causado en los S A y A.

Adicionalmente, un análisis comparativo entre los daños de El Niño 82-83 y 97-98 es presentado a continuación – Ver Figura N° 2.3. En el mismo análisis, una proyección del presupuesto para el año 2002 nos da una idea de los recursos que regularmente se asignan a los departamentos afectados por el Niño.

Los impactos del Fenómeno El Niño sobre los S A y A se originaron fundamentalmente de amenazas asociadas a los aumentos de precipitación. Por esta razón, la mayor cantidad e intensidad de las afectaciones se produjeron entre los meses de enero a mayo de 1983 y 1998.

N°	LUGAR	Dist. Océano en Emergencia	Daños Fenómeno "El Niño" en el año 1983		Financiamiento aprobado para prevención año 1997-98		Daños Fenómeno "El Niño" en el año 1998			% Asignado Departamentos en emergencia	Monto en \$/ que deben recibir Deptos. en emergencia 2002		Monto ajustado al 30 % del presupuesto Plaza y Turbay	
			Miliones \$	%	Miliones \$	%	Dólo. Emerg.	Resto Depto.	%		Miliones \$	%	Monto en \$/	
1	ANCASSH	*	188,583	0.97	49.31	0.00	185.92		8.13	10,057	12,571,250	12.72	15,600,000	
2	APURIMAC		38.09	1.4	9.6	1.586		21.79	0.9					
3	AREQUIPA		106,600	3.80	25.73	4.205		30.95	1.27					
4	AYACUCHO		58,304	2.07	13.33	2.176		66.66	3.69					
5	CAJAMARCA	*	153,136	5.63	49.41	6,605	185.14		7.80	9,204	11,860,000	12.60	15,025,000	
6	CUSCO		105,808	3.80	20.2	3,302		89.83	3.70					
7	HUANCAVELICA		21,216	0.78	5.34	0,876		62.26	2.58					
8	ICA	*	132,191	4.85	43.21	7,053	107.30		4.45	5,506	6,988,250	4.988	6,710,000	
9	LA LIBERTAD	*	144,703	5.32	75.60	12,351	238.84		8.67	10,121	13,401,250	13.52	16,950,000	
10	LAMBAYEQUE	*	787,776	29.33	102.51	16,757	594.83		24.74	30,617	38,775,000	38.777	49,408,750	
11	LIMA (DISTRITOS)		14,144	0.52	3.25	0.531		61.02	2.54					
12	MOQUEGUA		83,850	1.86	12.28	2,104		15.37	0.64					
13	PARCO (OXAPAMPA)		33,455	1.23	7.11	1,182		30.62	1.27					
14	PIURA	*	464,777	18.18	192.30	16,737	808.25		21.11	26,662	33,365,000	33.009	40,010,000	
15	PUÑO		102,272	3.45	10.4	1.7		33.46	1.39					
16	TACNA		29,902	1.1	7.01	1,148		38.60	1.19					
17	TUMBES	*	104,012	0.21	53.42	0,732	144.13		5.06	7,497	9,371,250	2.248	2,811,250	
18	TÓRTOGUA		78,977	2.83	30.64	5.02								
19	SAN MARTÍN	*										5.746	7,186,000	
SUB TOTAL							1,948.16	482.62	100%	100%				
TOTALES ACUMULADOS		8	2,720.00	100%	811.74	100%	SUMA 2,408.78	100%	100%	100%	127,000,000	100%	127,000,000	

Elaborado por Marco Tulio Tacía

Fuente : CEREN (Comité Ejecutivo Rehabilitación El Niño)

Figura N° 2 . 3 Análisis Comparativo ENSO 82-83 Y 97-98

Los impactos del Fenómeno El Niño sobre los S A y A se originaron fundamentalmente de amenazas asociadas a los aumentos de precipitación. Por esta razón, la mayor cantidad e intensidad de las afectaciones se produjeron entre los meses de enero a mayo de 1983 y 1998.

A continuación se desarrollará un resumen específico – se incluyen ejemplos puntuales - de la hipótesis que se expone en este capítulo, el mismo que está enfocado en plantear la problemática existente en los S A y A, razón por la cual éstas facilidades son tan vulnerables a los efectos de las inundaciones y/o ocurrencia de Meganifios. Estos efectos son causantes de daños en S A y A y parte principal de la hipótesis.

- Los caudales extraordinarios de ciertos ríos, al ocasionar la destrucción de los bordes de las riberas, produjeron daños a las obras de captación de

algunos sistemas de abastecimiento de agua. Estos mismos caudales, al erosionar los puentes que sirven de soporte a líneas de conducción, hicieron colapsar tuberías de abastecimiento que cruzaban colgadas a lo largo de los mismos (línea de conducción sobre el puente Simón Rodríguez del eje Paita-Talara, Puente Viejo en Tumbes, entre otros).

- Los desbordes e inundaciones, al superar las líneas de rebose, dañaron cámaras de bombeo, casetas, redes de agua (líneas de conducción, captaciones, redes de acueductos, conexiones domiciliarias), redes de desagüe, las últimas de las cuales fueron en muchos casos saturadas y azolvadas con lodo, porque sirvieron como medio de drenaje de aguas pluviales. En muchos centros poblados se contaminaron las aguas pluviales con las residuales, constituyendo focos infecciosos (en el barrio San José Tumbes, Piura, Castilla y otros). Las inundaciones se produjeron también en pozos de las zonas rurales que no tenían protección, contaminándolos e inhabilitándolos temporalmente.
- En algunos lugares se produjo el colapso de pozos sépticos y/o estructura de disposición final por colmatación, causando un problema de saneamiento crítico (se presentó flujo en sentido inverso en la disposición final que llega al río Tumbes)
- Los arrastres de sedimentos y lodos por los ríos incrementaron la turbidez de las aguas, lo que hizo más difícil y caro su procesamiento. (Agua en los pozos de Piura)
- La caída de avalanchas de lodo, así como el incremento de las escorrentías superficiales en quebradas y cárcavas, causaron el colapso de líneas de abastecimiento de agua con consecuencias severas, siendo el caso de Talara – eje Paita Talara - y Sullana el más crítico.
- Los daños producidos en la infraestructura y las dificultades para el procesamiento de agua, tuvieron sus efectos finales en la reducción de la oferta de agua. Paralelamente, la afectación de la infraestructura de desagüe por saturación y atoro, así como el colapso de alguna poza de disposición final, tuvieron efectos en las condiciones de saneamiento ambiental, y por lo tanto, sobre la salud de la población. El ingreso de dinero a las empresas prestadoras de servicio (EPS) se cortó debido a la crisis en la población, esto trajo como consecuencia el colapso administrativo de las EPS.

- Adicionalmente a los efectos negativos antes señalados, también se recogen algunos efectos positivos, relacionados con el incremento del agua almacenada – aunque se debe considerar la pérdida de volumen útil - en los embalses, y por lo tanto, redundando en una mayor disponibilidad del recurso, entre otros factores como la posibilidad de forestar ciertas áreas.

Las afectaciones sobre los sistemas de agua potable se produjeron mayormente en las captaciones, estaciones de bombeo, estructuras de almacenamiento, líneas de conducción e impulsión y redes de agua potable, y pueden considerarse puntuales dependiendo de la exposición a la que estaban sometidas algunas infraestructuras y redes.

En el alcantarillado, los mayores daños ocurrieron en las cámaras de bombeo, lagunas de estabilización y redes de colectores.

En total, todas las empresas de agua potable y alcantarillado en Tumbes, Piura y Chiclayo sufrieron el colapso de sus sistemas. Las poblaciones sujetas a los mayores impactos fueron las urbanas, por los daños en las redes de agua y desagüe a causa de múltiples efectos encadenados como fueron las inundaciones, colgamientos por caída de puentes, etc.

2.5 POSIBLES FALLAS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA – COMPONENTES MAS VULNERABLES

En general un sistema de agua potable - **Ver A-07 Sección Planos** - consta de:

Fuente de abastecimiento del recurso hídrico, canal o tubería de conducción de agua cruda, planta de tratamiento, incluyendo depósitos de agua cruda y tratada, tuberías de distribución de agua con tanques elevados o sistemas de bombas de impulsión, y conexiones a los usuarios: domésticos, institucionales o industriales.

- **Fuentes del recurso hídrico.** En la mayoría de casos, el agua para uso doméstico se capta de ríos o lagos mediante bocatomas. También es de uso frecuente, desde épocas ancestrales, las galerías filtrantes para extraer agua del subsuelo, mediante túneles o tuberías permeables. Las ciudades asentadas sobre acuíferos con el nivel freático, en general a decenas de metros, los pozos de donde se extrae agua por bombeo, es una fuente

práctica y económica, pues con un tratamiento de poco costo, y su transporte a distancias cortas, proveen agua de calidad.

Uno de los componentes más vulnerables son las bocatomas que pueden deteriorarse por acción sísmica, erosión del río; o pueden quedar fuera de servicio por cambio de curso del mismo o por deslizamiento del suelo. Lo último sucedió, por ejemplo, en el sistema de captación de agua en el río Chira, tuberías de impulsión y casa de bombas del sistema de agua Eje Paita-Talara sufrió daños durante El Niño 1982-83, 1997-98 e intensas lluvias de 2007. En 1983 el sistema de captación de agua y la casa de bombas se inclinaron y se rompió la tubería de impulsión que fue reparado. En 1998, la inclinación de la bocatoma y casa de bombas se incrementó, sin causar daños notorios en la tubería de impulsión. En 2007 se volvió a fracturar la tubería de impulsión que fue reparado. Pero la estructura de captación de agua y la casa de bombas continúan inclinándose.

- **Canal o tubería de conducción de agua cruda**, que transporta el agua desde la fuente hasta la planta de tratamiento. Los canales o tuberías de conducción de agua cruda son vulnerables ante fenómenos naturales intensos como sucedió durante el terremoto de Pisco y en el Niño de 1998 en muchas de las ciudades del Noroeste. En el Perú durante el sismo de la región Ica del 15 de agosto de 2007 las tuberías de conducción de agua cruda del sistema de agua potable de Pisco se destruyen en el tramo Cuchilla-Reservorio R-2.

Lo mismo sucedió en el verano de 1998 con la tubería de transporte de agua cruda en el tramo Paita – Talara cuando las quebradas se activaron súbitamente, convirtiéndose – literalmente - en nuevos ríos.

Lecciones que dejan estas experiencias:

- Es recomendable tener más de una fuente de abastecimiento de agua, es decir debe ser redundante.
- Las tuberías troncales en lo posible no deben cruzar quebradas ni tener el trazo paralelo a éstas si la distancia es muy corta (planicie de inundación). Si ello es inevitable deben utilizarse tuberías de materiales y uniones altamente resistentes a la erosión y/o utilizarse obras civiles como sifones invertidos o acueductos.

- **Planta de tratamiento de agua.** Recibe el agua cruda y después de su tratamiento y purificada inyecta el agua potable a la red pública de distribución. En la **Figura N° 2.4** se muestra un esquema de la planta de tratamiento de agua de la Atarjea en Lima, y en la **Figura N° 2.5** una vista aérea parcial de dicha planta.

Como se aprecia en la Fig N 2.3 al agua cruda se le despoja de su material grueso -arena- mediante el desarenador, el agua es depositada en tanques reguladores. Al pasar hacia las piscinas decantadoras, se le agrega coagulante, para que las partículas finas se junten entre sí y precipiten, produciéndose una segunda sedimentación en los pozos decantadores, Pasa luego por un segundo filtro, y el agua tratada pasa a diferentes depósitos reguladores, desde donde se inyecta el agua al sistema de distribución de la ciudad. Para la desinfección de agua se utiliza cloro. Para el trasvase del agua de los tanques decantadores y depósitos reguladores, generalmente se utilizan bombas de agua para acelerar el proceso de tratamiento.

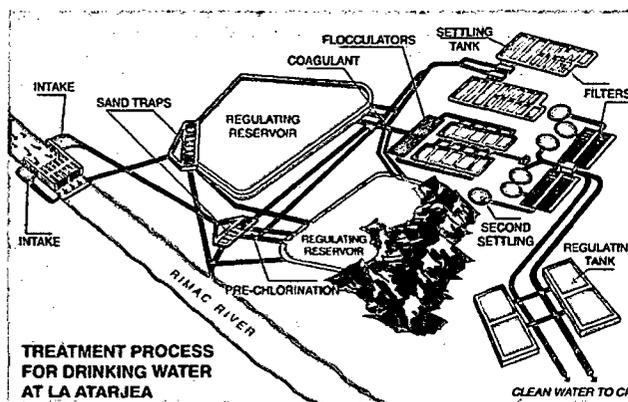


Figura N° 2 . 4 Esquema de la planta de tratamiento de agua de la Atarjea en Lima



Figura N° 2 . 5 vista aérea parcial la planta de tratamiento de agua de la Atarjea en Lima

- **Sistema de distribución.** Consta de tuberías matrices y secundarias que pueden estar dispuestas en circuitos, en forma abierta o cerrada . Luego se tiene la red de distribución por barrios o sectores que generalmente incluyen reservorios elevados o bombas de impulsión. Con tuberías de menor diámetro, se tienen las conexiones domiciliarias a viviendas, edificios de departamentos u oficinas o plantas industriales.

Los componentes más vulnerables en caso de inundaciones son las tuberías y sus uniones, y las conexiones domiciliarias, cuando están instaladas sobre suelos no pavimentados que aumentan la posibilidad de colapso por erosión.

2.6 POSIBLES FALLAS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO – COMPONENTES MAS VULNERABLES

Un sistema de alcantarillado tradicional - **Ver A-08 Sección Planos** - consta de los desagües domiciliarios e industriales y las redes de tuberías que van colectando las aguas servidas por gravedad y las conducen hasta las plantas de tratamiento de desagües. En algunos casos, cuando la topografía es muy plana es necesario incluso contar con un sistema de bombeo.

Sin embargo todavía gran número de ciudades de países en vías de desarrollo vierten los desagües a ríos, lagos y mares, causando grave contaminación y deterioro del medio ambiente. Como consecuencia de la Cumbre de la Tierra organizada por la ONU en Río de Janeiro, Brasil en 1992, y su resultado la Agenda 21, muchas ciudades en la América Latina están construyendo plantas de tratamiento de agua municipales e industriales antes de ser vertidas a los cursos o masas de agua.

Los sistemas de alcantarillado han sufrido los mayores daños cuando colapsan por el ingreso de altas cantidades de agua pluvial a las redes, donde ocurre presurización en varios puntos y un aumento de la corrosión de tuberías en caso de ingreso de aguas con pesticidas provenientes de terrenos agrícolas. Es evidente la falta de capacidad para evacuar grandes cantidades pluviales y de desagüe en conjunto. También las tuberías de desagües, se destruyen en zonas donde las inundaciones han tenido gran fuerza erosiva, o han ocurrido deslizamientos de masas de suelos, con grandes desplazamientos.

Otro componente vulnerable de sistemas de aguas servidas son sus plantas de tratamiento. Por razones topográficas, se ubican en cotas bajas para colectar por gravedad las aguas negras, donde en general el nivel de la napa freática se ubica a poca profundidad y por su poca pendiente, los suelos han sido depositados a baja velocidad, resultando en partículas finas. Se dan así las condiciones locales para que grandes cantidades de agua con sedimento concurren a estos puntos.

Los bordes de las pozas de las plantas de tratamiento de agua servidas en muchos casos, son de tierra y fácilmente deteriorados por inundaciones y

erosión. Ello ocurrió por ejemplo en las lagunas de estabilización de Tumbes, se perdió capacidad de tratamiento.



Figura N° 2 . 6 Daños en tuberías 1 - Líneas de impulsión y aducción. Inundaciones, Sismos.



Figura N° 2 . 7 Daños en tuberías 2 - Líneas de impulsión, aducción y redes. Inundaciones, Sismos.

SUMINISTRO DE AGUA A CIUDADES DEL IMPERIO ROMANO
 (Esquema)

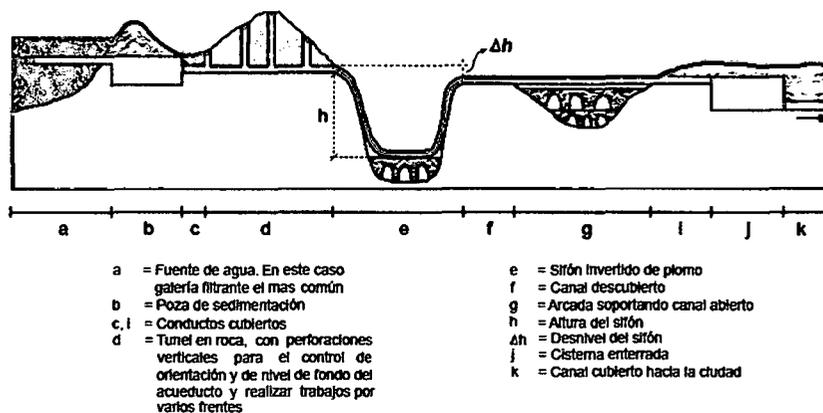


Figura N° 2 . 8 Enseñanzas en el suministro de agua - acueductos y sifones - imperio Romano

Capítulo III ADQUISICIÓN DE DATOS DEL ÁREA EN ESTUDIO

Principalmente, la adquisición de datos se realizó a través de visitas técnicas a la zona de estudio – ciudad de Tumbes – en las que se recorrió los sistemas de agua y alcantarillado en su totalidad. Información sobre características de la ciudad de Tumbes y mapas de peligro fueron recolectados de reportes desarrollados por el Programa Ciudades Sostenibles (PCS), el INEI, Tesis anteriores, entre otros.

En esta investigación se considera como data inicial, la descripción de los sistemas en mención y las características de la ciudad de Tumbes. La misma que será analizada mediante una clasificación de daños por cada componente ocurridos a causa de El Niño, la llamaremos Tipología de Daños en adelante.

Ver A-01 Sección Planos

La empresa prestadora de servicios (EPS) en la ciudad de Tumbes es relativamente nueva en creación – 2005- , no cuenta con información clasificada y detallada de los sistemas de agua y alcantarillado que administra. Asimismo, no existen informes detallados de daños o efectos de El Niño en estos sistemas los años 82-83 y 97-98.

3.1 CIUDAD DE TUMBES

A. Ubicación

Tumbes es una ciudad del extremo noroeste del Perú, capital provincial y del Departamento de Tumbes. Está situada cerca de la desembocadura del río Tumbes en el Golfo de Guayaquil (Océano Pacífico), a 30 km de la frontera con el Ecuador. Rodeada de vasta vegetación, en comparación con el resto de la costa, se encuentra a 1.256 km al norte desde Lima. **Ver A-02 Sección Planos**

B. Población

Según el Censo del 2007, el departamento de Tumbes contaba con una población de 200 360 habitantes (0,7 por ciento de la población nacional). La última tasa de crecimiento intercensal es de 1,8 por ciento. La población urbana representa el 91 por ciento. De otro lado, la población masculina es del 52 por

ciento y la femenina, del 48 por ciento. Se contabiliza aproximadamente 130 000 habitantes en la ciudad de Tumbes.

Provincia	Superficie (km ²)	Población
Contralmirante Villar	1 800	16 914
Tumbes	2 123	142 338
Zarumilla	734	41 054
Total	4 659	200 360

Fuente: INEI Censo Nacional de Población y Vivienda 2007

Cuadro N° 3. 1 Departamento de Tumbes: Superficie y Población

C. Clima

La ciudad cuenta con el clima más cálido de la costa, manteniendo una temperatura media anual de 25°C, dada su cercanía a la línea ecuatorial. Las precipitaciones pluviales son estacionales (de noviembre a marzo), con un promedio anual de 426,5 mm.

Cuando se presenta El Niño el clima predominante o clima normal cambia radicalmente; el que transitoriamente pasa de hiper árido a hiper húmedo. Este cambio dura varias semanas y, a veces largos meses. La temperatura tiene aumentos del orden del 30% en los meses de febrero y marzo; puede llegar al 50% de aumento en el periodo de julio – octubre, con respecto a los valores nominales. Ref. Bib. N° [37].

A manera de ejemplo, de agosto 1997 a julio 1998 se registró 3,067 mm y en el mismo periodo 1982/1983 alcanzó 3,511 mm. En ambos casos las precipitaciones más intensas ocurrieron entre los meses de noviembre a julio.

D. Estructura Socioeconómica

Según la estructura de participación en el Valor Agregado Bruto (VAB), calculado por el INEI para el año 2008, los transportes y comunicaciones, comercio y servicios son las actividades más relevantes en el departamento de Tumbes. Sin embargo, la agricultura es considerada más significativa desde el punto de vista de la generación de empleo, al concentrar el 23,3 por ciento de la fuerza laboral.

Valores a Precios Constantes (miles de nuevos soles)

Actividades	2008	Estructura %
Agricultura, Caza y Silvicultura	52 259	6.8
Pesca	40 541	5.3
Minería	1 038	0.1
Manufactura	44 023	5.7
Electricidad y Agua	11 954	1.6
Construcción	49 561	6.4
Comercio	128 682	16.7
Trasporte y Comunicación	143 478	18.6
Restaurantes y Hoteles	32 326	4.2
Servicios Gubernamentales	97 129	12.6
Otros Servicios	169 610	22.0
Valor Agregado Bruto	770 601	100.0

Fuente: INEI (2008)

Cuadro N° 3. 2 Tumbes: Valor Agregado Bruto

E. Entorno Geográfico

Los factores físicos geográficos que condicionan la morfología urbana de la ciudad de Tumbes son: el curso meándrico del río Tumbes, la topografía irregular del área de emplazamiento urbano consistente en una zona plana y otra alta con pendientes abruptas; y el desarrollo de quebradas naturales que discurren predominantemente en dirección norte.

La topografía es la característica más saltante y determinante en la ciudad de Tumbes pues en función a ella, se desarrolla el análisis de efectos de El Niño en el S A y A. **Ver A-04 Sección Planos.**

Se puede describir esta topografía de la siguiente manera:

a) Ciudad Antigua

La parte antigua de la ciudad tiene dos áreas diferenciadas topográficamente:

El área Baja presenta un relieve plano con una cota promedio de 5 m., se ubicada continua a la Carretera Panamericana. El área tiene una cota promedio de 6 m. en la Plaza de Armas y el sector del Antiguo Puente Viejo. Otro sector con un relieve plano es Pampa Grande ubicado sobre una cota promedio de 8 m.

La parte Alta presenta cotas que varían entre los 8 y 41 m. con depresiones pronunciadas que llegan a pendientes de 17%, formando en épocas de lluvia

quebradas dentro de la ciudad con importante poder erosivo, las cuales presentan diferentes direcciones y longitudes.

b) Ciudad Intermedia

Presenta áreas bajas con cotas de 7 m. y áreas de elevaciones con cotas que varían entre los 23 y 37 m., las cuales se dan principalmente con dirección a Nuevo Tumbes (NE). Este sector es atravesado por diversas quebradas siendo las más importantes la Quebrada Salamanca y la Quebrada Los Ficus, las cuales discurren sus aguas con dirección norte, donde se presentan cotas más bajas, afectando el A.H. Salamanca y diversas instituciones públicas ubicadas continuas a la Carretera Panamericana.

c) Ciudad Nueva

Se encuentra ubicado entre las Quebradas Pedregal y Luey, este sector presenta un relieve ligeramente plano con cotas que varían entre los 21 y 34 m., el punto más bajo se ubica a la altura de la Carretera Panamericana. En este sector algunas quebradas pequeñas han sido rellenadas. El área posterior a la Quebrada Luey presenta una topografía similar a la Ciudad Nueva, zonas relativamente planas enmarcadas por quebradas.

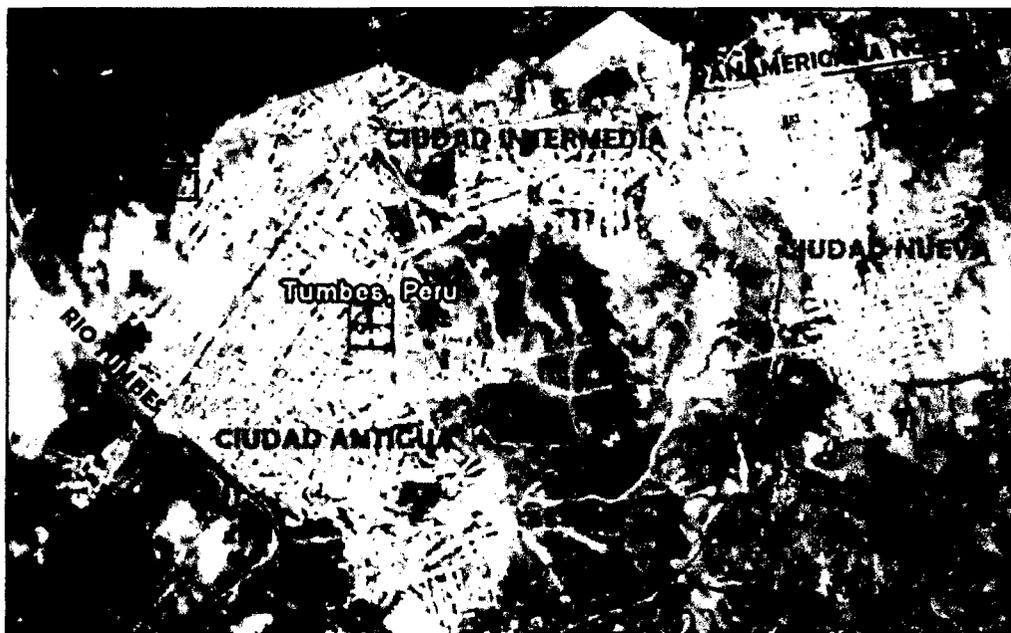


Figura N° 3. 1 Mapa de Tumbes. Ciudad en la que se desarrolla el estudio de Caso.

F. El Río Tumbes

El río Tumbes tiene una longitud total de 210 Km., con una pendiente promedio de 1.5%, sin embargo en sus últimos 40 Km. la pendiente es de 0.5 %.

El agua del río es usada mayoritariamente por el sector agrícola y en menor proporción por los sectores poblacional, industrial y pecuario.

Los caudales medios mensuales históricos (1963-2001) varían entre 626.90 y 7.70 m³/s (sin considerar el año 1983). Los meses de mayor y menor descarga promedio son marzo y octubre, respectivamente. El caudal máximo registrado es de 3,713 m³/s, que corresponde al mes de febrero de 1983, durante el Fenómeno El Niño. Mayor detalle en el **Anexo 07** de esta Tesis.

G. Fenómenos naturales que afectan Tumbes

El desarrollo del departamento está amenazado permanentemente por la ocurrencia extraordinaria del Fenómeno de El Niño, que ya ha causado daños severos y cuantiosas pérdidas.

Las Inundaciones constituyen una seria amenaza para Tumbes - **Ver A-15 Sección Planos** -, debido a su conformación geográfica y a la falta de sistemas de drenaje adecuados que permitan canalizar las aguas pluviales cuando los volúmenes de descarga sobrepasan los niveles estimados. La vulnerabilidad de estas ciudades es alta debido a la localización de viviendas en sectores de alto peligro y a la falta de acciones para la mitigación del impacto que produce este evento.

La erosión de las riberas en la cuenca alta y media del río Tumbes constituye una seria amenaza, por los problemas de sedimentación de los cauces en la cuenca baja donde se ubica la ciudad de Tumbes.

La actividad sísmica en el departamento constituye también una amenaza para la seguridad física de las ciudades, la alta probabilidad de ocurrencia de un sismo por la ubicación de nuestro país dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. Existen como antecedentes registros de sismos de intensidad mayor a los VII MMI grados durante el presente siglo, por lo que el uso de estudios de microzonificación sísmica es importante para la ciudad con la finalidad de determinar las condiciones y comportamiento del suelo. De esta manera se podría realizar la planificación del crecimiento urbano sobre áreas seguras.

El sector de Agua y alcantarillado se ve afectado por la presencia de variadas amenazas: **Ver A-03 Sección Planos**

- ✓ **Desbordes e inundaciones de los ríos y quebradas**

- ✓ Incremento de la turbidez de las aguas
- ✓ Socavación de cauces
- ✓ Avalanchas de lodo
- ✓ Intrusión de aguas salinas a la napa freática.

El sector no cuenta con estudios específicos sobre la localización y comportamiento de las amenazas que genera El Niño, lo cual es básico para manejar y minimizar las afectaciones al servicio.

H. Alcantarillado Pluvial

No existe sistema de alcantarillado pluvial urbano, por lo que el agua de escorrentía en épocas de lluvias fuertes va directamente hacia las zonas bajas como San José, Salamanca y los Jardines, especialmente durante el Fenómeno El Niño. **Ver A-10 Sección Planos**

En las quebradas existentes se han construido canales, llamados drenes, colocando taludes o sardineles laterales longitudinales, con lo que en época de lluvia el agua de escorrentía se conduce hacia zonas agrícolas o hacia el río.

Las quebradas tienen un extenso recorrido, drenan las aguas pluviales al sector con menor pendiente causando erosión en el terreno; en épocas de intensas lluvias tienen un gran caudal y el resto del año permanecen secas.

Las escorrentías en quebradas menores tienen carácter local y drenan las aguas pluviales hacia el río Tumbes y hacia el sector norte colindante con la carretera Panamericana. En épocas de lluvia se incrementa el caudal del río Tumbes y de las quebradas que cruzan la ciudad presentándose caudales extraordinarios, los cuales producen inundaciones debido a la presencia de áreas topográficamente deprimidas.

Las principales quebradas - **Ver A-04 Sección Planos** - que cruzan la ciudad de Tumbes son Chira, Nieto, Tumpis, Policía Nacional del Perú, Salamanca, Ficus, Pedregal y Luey. Las Quebradas Chira y Nieto evacuan sus aguas hacia el río Tumbes, las restantes dirigen sus aguas hacia el norte, área que presenta un nivel topográfico menor.

Quebrada Chira.- Se ubica al Sur de la ciudad; su cauce se origina en el sector de El Tablazo desde el AAHH Las Flores, sigue un curso de Este a Oeste,

evacuando sus aguas al río Tumbes, con una pendiente media de 2.7%. Recorre aproximadamente 0.9 km. de la ciudad, presenta un caudal de régimen temporal, por el que discurre gran volumen de agua en época de lluvias. En el trayecto de su cauce afecta a los AAHH Las Flores y Pampa Grande.

Quebrada Nieto.- Nace al Sur de la ciudad de Tumbes, se origina desde El Tablazo, parte posterior del AAHH El Edén, sigue un curso de Este a Oeste, evacua sus aguas al río Tumbes, con una pendiente media de 3 % y recorre aproximadamente 1.5 Km. de la ciudad. En su trayectoria afecta a los AAHH El Edén y Héroes del 41 y a parte del AAHH Pampa Grande. Su caudal es de régimen temporal y sólo transporta agua en época de lluvias muy intensas.

Quebrada Tumpis.- Nace al Este de la ciudad se origina desde el Tablazo; evacua sus aguas hacia el norte, hacia el área colindante con la carretera Panamericana, presenta una pendiente media aproximada de 2.8 % y recorre aproximadamente 1.4 Km. de la ciudad. Es la quebrada que presenta el vaso colector más importante con una cuenca de 80 ha. Actualmente se ha habilitado un Canal – Vía sobre la Av. Tumpis, el cual recoge las aguas pluviales que provocan inundaciones de considerables magnitudes.

Su caudal es de régimen temporal y sólo transporta agua en época de lluvias muy intensas. En su trayectoria afecta a parte de los AAHH San Nicolás, Mi Perú, San José, Oswaldo Cabrera, Alan García y Los Lagos.

Quebrada P.N.P. .- Discurre de Sur a Norte hacia el área colindante con la carretera Panamericana, y es un afluente de la Quebrada Salamanca; presenta una pendiente media aproximada de 0.5% y recorre aproximadamente 0.5 Km. de la ciudad. En su trayectoria afectan al AAHH Los Jardines y a las zonas continuas a la Prolongación de la Av. Tarapacá. Al igual que el resto de las quebradas es de régimen temporal y en épocas de lluvias discurre gran volumen de agua.

Quebrada Salamanca.- Se ubica al Este de la ciudad; su cauce se origina en el sector de El Tablazo, discurre de Sur a Norte dirigiendo sus aguas hacia el área colindante con la carretera Panamericana, donde se presentan áreas topográficamente deprimidas; en su trayectoria recibe aguas de la quebrada P.N.P. En su recorrido afecta a los AAHH Vista del Valle, 24 de Junio, Salamanca, Asociación Pro Vivienda Chamochoy y a la Zona Militar

comprendida entre la Quebrada Salamanca y el Instituto Superior Tecnológico José A. Encinas. Su caudal es de régimen temporal y sólo transporta agua en época de lluvias muy intensas.

Quebrada Ficus.- Discurre de Sur a Norte, se ubica al Este de la ciudad se origina en el sector de El Tablazo, dirigiendo sus aguas hacia el área colindante con la carretera Panamericana, donde se presentan áreas topográficamente deprimidas; es de régimen temporal, transportando agua en épocas de lluvia. En su recorrido afecta a los AAHH Los Ficus, 7 de Junio, al Instituto Superior Pedagógico y al Centro de Salud de ESSALUD.

Quebrada Pedregal.- Se ubica al Este de la ciudad, es el límite natural entre la Ciudad Intermedia y la Ciudad Nueva, su cauce se origina en el sector de El Tablazo, discurre de Sur a Norte dirigiendo sus aguas hacia el área colindante con la carretera Panamericana, donde se presentan áreas topográficamente deprimidas, presenta una pendiente media aproximada de 1.0% y recorre aproximadamente 1.9 Km. de la ciudad. Su caudal es de régimen temporal y solo transporta agua en época de lluvias muy intensas. En su recorrido afecta a los AAHH Mafalda Lama, El Bosque, Las Malvinas.

Quebrada Luey.- Se ubica al Este de la ciudad, es el límite natural de la ciudad de Tumbes. Discurre de Sur a Norte dirigiendo sus aguas hacia el área colindante con la carretera Panamericana, presenta una pendiente media aproximada de 1.2% y recorre aproximadamente 1.7 Km. de la ciudad. Al igual que el resto de las quebradas es de régimen temporal y en épocas de lluvias discurre gran volumen de agua. En su recorrido afecta a los AAHH Miguel Grau, Pedro Ruiz Gallo, 24 de Julio y Los Cedros.

3.2 VISITAS Y/O INSPECCIONES TÉCNICAS

3.2.1 Descripción del Sistema de Agua – Ciudad de Tumbes - Ver A-07 Sección Planos

Actualmente, no se cuenta con un Plan Maestro para los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, lo que conduce al crecimiento desordenado y no planificado de los componentes que conforman esta infraestructura. Sin embargo, en el presente estudio, será importante

precisar los problemas que determinan el nivel de riesgo y la condición de vulnerabilidad de las redes que conforman la infraestructura instalada de los sistemas de servicio de agua potable, alcantarillado y drenaje de aguas pluviales; y que constituyen el primer eje de atención prioritaria en la ciudad.

La administración del servicio de agua potable y alcantarillado para la ciudad de Tumbes se encuentra bajo la responsabilidad de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado, Aguas de Tumbes S.A. – ATUSA - TUMBES.

Para el abastecimiento de agua potable, la Ciudad de Tumbes explota los recursos hídricos provenientes del río Tumbes y de la napa freática. Según los Estudios Definitivos del PRONAP se afirma que el caudal del río Tumbes es suficiente para atender las necesidades de abastecimiento de agua en toda la región.

En el sistema integral para el servicio de agua potable en la ciudad de Tumbes, la captación superficial del río Tumbes es conducida por bombeo a la Planta de Tratamiento para ser potabilizada mediante un proceso de sedimentación, mezclado hidráulico, floculadores, decantador, filtración y cloración. Adicionalmente se cuenta con la captación del subsuelo a través de tres pozos tubulares que reporta una calidad de agua fuertemente mineralizada.

ATUSA tiene agrupadas las localidades que administra por Unidades operativas, tal como se detalla a continuación. Ver A-01 Sección Planos.

UNIDAD OPERATIVA	LOCALIDADES
Tumbes	1. Tumbes
	2. Nuevo Tumbes
	3. Puerto Pizarro
Nor Este	1. San Juan de la Virgen
	2. Pampas de Hospital
	3. Corrales
	4. San Jacinto
Norte	1. Zarumilla
	2. Aguas Verdes
	3. Papayal
	4. Matapalo
Sur	1. La Cruz
	2. Zorritos
	3. Canoas de Punta Sal
TOTAL	14

Para efectos del presente diagnóstico operacional se analizarán los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tumbes (incluido Nuevo Tumbes).

A FUENTES DE AGUA

El río Tumbes es la principal fuente de abastecimiento para la ciudad, teniendo también fuente subterránea en menor proporción en cuanto a producción.

La fuente superficial sirve como fuente para las localidades de Tumbes y Corrales y para las localidades de la zona noreste del departamento (San Juan, Pampas, San Jacinto), como recarga de su fuente subterránea de Galerías Filtrantes.

Según la hidrología local, el departamento tiene 2 cuencas importantes - Ver **A-02 Sección Planos** -, Tumbes y Zarumilla. El río de mayor importancia y navegable de la vertiente del océano Pacífico es Tumbes, siendo el periodo de avenidas de diciembre a abril de cada año. Según su comportamiento normal, es en diciembre en donde se inicia el ascenso de los caudales y descienden a partir de abril. El periodo de estiaje es de mayo hasta noviembre de cada año.

La cuenca del río Tumbes, ha pasado por una situación de sequía desde el año hidrológico 2003-04 hasta el 2005-06 - Ver **Cuadro N°3.4** -, registrándose una inundación importante en febrero del 2006. Un registro de caudales medios, desde 1963, se presenta en el **ANEXO 07**.

Cuadro N° 3. 3 Registro Río Tumbes

Estación: El Tigre		Departamento: Tumbes		Longitud 80°27' W						
Cuenca: Río Tumbes		Provincia: Tumbes		Latitud 3°46' S						
		Distrito: San Jacinto		Altitud: 40msnm						
DESCARGAS MEDIAS MENSUALES (m ³)										
AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENE	109.8	43.8	46.5	46.1	30.3	47.1	94.9	112.0	208.1	72.4
FEB	136.5	127.3	122.2	145.7	90.7	256.2	120.3	491.2	415.0	184.5
MAR	410.0	501.5	142.5	119.5	265.0	388.8	255.8	534.2	384.5	357.8
ABR	286.3	449.9	157.3	174.9	141.6	294.8	232.6	399.8	223.8	-
MAY	95.3	121.7	77.4	77.0	74.2	74.0	101.0	208.9	160.9	-
JUN	53.9	57.9	45.7	46.5	40.1	42.6	60.6	79.9	65.7	-
JUL	39.4	35.4	30.1	27.5	25.9	27.5	37.4	49.8	40.7	-
AGO	25.9	24.0	19.9	17.8	17.6	18.3	24.0	35.0	29.8	-
SET	17.3	16.7	14.6	14.9	13.4	14.6	17.0	23.5	21.4	-
OCT	14.1	16.4	12.6	16.0	11.9	11.6	14.2	21.6	16.1	-
NOV	16.5	19.5	12.5	16.6	11.0	23.2	14.8	22.3	13.8	-
DIC	19.1	33.3	26.9	25.6	17.3	86.6	17.6	28.5	23.8	-
Qm (Anual)	102.02	120.62	59.00	60.68	61.58	107.11	82.51	167.23	133.63	-

Los meses de diciembre a marzo se presentan las épocas de avenidas, donde el caudal se incrementa tal como se observa en el cuadro, los meses de abril a noviembre se presenta la época de estiaje, teniendo caudales mínimos en los meses de octubre a noviembre.

Aún con caudales mínimos la fuente de agua logra abastecer a la ciudad de Tumbes, Corrales, La Cruz y Zorritos; estas dos últimas a través del canal de Los Cedros.

El río Tumbes constituye la principal fuente de recarga de los acuíferos de esta zona. El río Tumbes se origina por debajo de los 2000 m.s.n.m. en las sierras de Zaruma (Ecuador) por la confluencia de los ríos Calera y Yaguachi en el cuál toma el nombre de río Puyango.

En el área de interés existen tres pozos localizados al Nor este de la ciudad de Tumbes, específicamente entre esta ciudad y la zona del Aeropuerto. En estos días – año 2010 -, los pozos se encuentran en producción y rinden cada uno entre 18 -20 l/s, sin embargo no es suficiente para cubrir la demanda de agua de la población.

De acuerdo a los datos de los pozos existentes, los pozos están bajo los 120 metros de profundidad. Debido a la agricultura en la zona, la calidad del agua hasta esta profundidad podría ser inconveniente por tener tendencia salobre.

B SISTEMA E INSTALACIONES DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

El sistema existente comprende fuentes de tipo superficial y subterránea, siendo la principal la superficial - que proviene del río Tumbes - cuya captación se encuentra a 300 m de la planta de tratamiento "El Milagro", en plena zona urbana de la ciudad.

Como fuente subterránea cuenta con 03 pozos tubulares profundos ubicados a 3.5 Km del casco urbano en la zona denominada Nuevo Tumbes, estos pozos abastecen a este sector de la ciudad, el cual se encuentra en proceso de consolidación.

I FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL

i. Captación

La captación se encuentra en la margen derecha del río Tumbes el cual presenta caudales que varían de 320 a 360 l/s (89 a 100 m³/h) en promedio, cuenta con una estación de bombeo para abastecer de agua cruda a la planta de tratamiento El Milagro. La estación de bombeo se encuentra ubicada en los antiguos estribos del denominado "Puente Viejo" que fue destruido por el fenómeno de El Niño en el año 1983.

La caseta de captación cuenta con dos equipos de bombeo, los mismos que se encuentran operativos y cuyas características se mencionan a continuación:

Cuadro N° 3. 4 Equipo de Bombeo

BOMBA N°	ESTADO	CAUDAL NOMINAL (l/s)	TIPO DE MOTOR	POTENCIA NOMINAL (HP)	VOLTAJE (VOLTIOS)
1	Operativo	350	Centrífuga horizontal – Helic.	150	440
2	Operativo	350	Centrífuga horizontal – Helic.	150	440

ii. Línea de Conducción

La conducción de agua cruda se realiza por bombeo a través de una tubería, cuyas características se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 5 Descripción de la Línea de Conducción

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
	TRAMO 1	TRAMO 2
Longitud (m)	210	120
Diámetro (mm)	500	500
Antigüedad (años)	24	24
Material	AC	FºFº

Antes de describir los sistemas de tratamiento es necesario mencionar que existen dos plantas potabilizadoras de agua ubicadas en forma contigua que comparten una sola captación en la ciudad de Tumbes, para fines del estudio se denominarán Planta N° 01 (Antigua) y Planta N° 02 (Planta Nueva).

iii. Planta de Tratamiento de Agua Antigua

Planta de Tratamiento El Milagro - Planta N° 01 :

Año de construcción	1954
Ubicación	El Milagro Buenos Aires, Tumbes.
Caudal de diseño	70 l/s.
Caudal de tratamiento promedio	70 l/s.
Tipo	Hidráulico – Patentada
Procesos unitarios por módulo	<ul style="list-style-type: none"> • 01 Unidad de mezcla rápida y obras de reparto de caudal. • 01 Unidad de floculación – 06 decantadores (03 hidráulicos 03 degremont). • 06 Filtros rápidos de arena y grava (03 hidráulicos de lavado con agua y 03 degremont de lavado con aire) • 01 Sala de cloración compartida con Planta N° 02 (Caseta Química) • 01 Sala de Dosificación de Coagulantes compartida con la Planta N° 02 (Caseta Química)
Cisternas	02 unidades de 280 m ³

La planta de tratamiento N° 01 cuenta con una estación de bombeo de agua tratada, con la cual bombea agua a la localidad de Corrales, y en situaciones de emergencia a las localidades de Zorritos y La Cruz.

La estación de bombeo succiona el agua de las cisternas de 280 m³ y sólo tiene capacidad para trabajar con 02 equipos de bombeo; sin embargo, cuenta con 02 equipos alternos. Actualmente se cuenta con 02 equipos antiguos (1 y 4) y 02 equipos nuevos (2 y 3), éstos últimos instalados en el año 2007 con las obras del lote 05, con los cuales se impulsa el agua a las localidades de Corrales y La Cruz. Los Lotes 01, 02, 03, 04 y 05 son proyectos de inversión de rápido impacto realizado el 2005-2007 por la EPS - ATUSA (Aguas de Tumbes), contempla una serie de obras de mejoramiento y/o sustitución de la infraestructura existente en los S A y A.

Para impulsar el agua tratada a la Localidad de Corrales se hace uso de los Equipos 3 y 4 para esta zona y 1 y 2 para el sistema La Ruta –La Cruz. Los equipos N° 02 y 03 datan del año 2007 los cuales fueron adquiridos con las obras del lote 05, a la fecha se encuentran inoperativos debido a la falta de la instalación de accesorios como válvula de retención y tubería de succión. Las bombas instaladas tienen las siguientes características:

Cuadro N° 3. 6 Características de las bombas instaladas

BOMBA N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE BOMBA	PÓTENCIA MOTOR (HP)	PÓTENCIA BOMBA (HP)	ABÁSTECE
01	Operativa	14	40'	Centrífuga eje horizontal	100.00	90.00	Cisterna La Cruz*
02	No Operativa	02	41	Centrífuga eje horizontal	75.00	62.40	Cisterna La Cruz*
03	No Operativa	02	38	Centrífuga eje horizontal	60.00	55.80	Corrales
04	Operativa	14	33	Centrífuga eje horizontal	60.00	55.00	Corrales

*:Para situaciones de Emergencia

iv. Línea De Impulsión De Agua Tratada Planta De Tratamiento El Milagro

Las líneas de impulsión conducen el agua tratada hacia Corrales, la Cruz y Zorritos.

Cuadro N° 3. 7 Características de Líneas de Impulsión

LÍNEAS	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	MATERIAL	LONG. (m)	CLASE
Cisterna 280 m ³ EQB: 1 y 2*	200	A.C.	9,453.0	N/D
Cisterna 280 m ³ EQB: 3 y 4	250	A.C.	5,932.0	N/D

*:Para situaciones de Emergencia

v. Plantas de Tratamiento de Agua Nueva

a. Planta de Pre Tratamiento

- . Año de construcción : 1981.
- . Unidad : Pre sedimentador.
- . N° unidades : 02.
- . Volumen de almacenamiento : 900 m³.
- . Espejo de agua : 300 m².
- . Profundidad promedio : 3,0 m.
- . Caudal de ingreso : 270 l/s.

b. Planta De Tratamiento El Milagro - Planta N ° 02

. Año de construcción	1 981
. Ubicación	El Milagro Buenos Aires, Tumbes
. Caudal de diseño	270 l/s.
. Caudal de tratamiento promedio	270 l/s.
. Tipo	Hidráulico (Convencional)
. N° de módulos	01.

. Procesos unitarios por módulo	01 Cámara de repartición de Caudal 04 Floculadores verticales. 04 Decantadores laminares. 08 Filtros rápidos de tasa declinante. Sala de dosificación de cloro gas con equipos de bombeo Sala de dosificación de coagulantes con equipos de bombeo (Caseta Química) 02 tanques de almacenamiento de coagulantes 02 Cisternas de 1000 m ³ . 01 Sala de Distribución equipadas con 05 electrobombas.
----------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

c. Dosificación de Coagulante

La casa química fue construida en el año 2007, con las obras del lote 04 con inversiones de KFW, cuenta con una sala de dosificación de coagulantes equipada para dosificar sulfato de aluminio en solución al 8%, polímero catiónico en polvo y cal hidratada. Así mismo cuenta con una sala de desinfección con sistema de cloro gas por inyección al vacío.

La construcción de esta sala permite ahora un mejor control en la dosificación de coagulantes en época de estiaje. En época de avenidas se manejan turbiedades altas, para lo cual se utilizan ayudante de coagulación en cámara de reparto, para bajar la turbidez en cámara de mezcla y poder operar con la casa química.

La planta de tratamiento N° 02 cuenta con una estación de bombeo de agua tratada, con la cual bombea agua hacia el reservorio existente El Tablazo y a la red de agua de Tumbes.

Los equipos de bombeo succionan el agua de las cisternas (02) de 1000 m³ y tienen capacidad para trabajar con 05 equipos de bombeo, denominados 05, 06, 07, 08 y 09; el equipo N° 06 se encuentra inoperativo, por lo cual el funcionamiento debe ser alternado entre los demás.

Cuadro N° 3. 8 Características de las bombas instaladas

BOMBA N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE BOMBA	PÓTENCIA MOTOR (HP)	PÓTENCIA BOMBA (HP)	ABASTECE
05	Operativa	02	100	Centrifuga eje horizontal	90.00	49.00	Reserv. Tablazo y Red
06	No Operativa	02	100	Centrifuga eje horizontal	90.00	49.00	Reserv. Tablazo y Red
07	Operativa	27	90	Centrifuga eje horizontal	100.00	90.00	Reserv. Tablazo y Red
08	Operativa	27	90	Centrifuga eje horizontal	100.00	90.00	Reserv. Tablazo y Red
09	Operativa	27	100	Centrifuga eje horizontal	100.00	90.00	Reserv. Tablazo y Red

vi. Línea de Impulsión de Agua Tratada – Planta N 02

Comprenden las líneas de impulsión que conducen el agua tratada hacia el Reservoirio El Tablazo y la red de agua en la ciudad.

Cuadro N° 3. 9 Características línea de Impulsión Planta N 02

LÍNEAS	DIAMETRO NOMINAL (mm)	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	MATERIAL	CLASE	LONG. (m)
Planta 02 – Reservoirio Tablazo	400	28	A.C.	A-7.5	1,058.0
	400	28	A.C.	A-7.5	1,019.0
Planta 02 – Red de Agua	600	28	A.C.	A-7.5	16.0

vii. Estaciones de rebombeo de Agua Tratada El Tablazo

Está ubicada en el Reservoirio El Tablazo a 1 km de la Planta El Milagro, actualmente cuenta con dos sub estaciones de rebombeo, las que se mencionan a continuación:

a. Sub Estación El Mirador

Fue construida hace dos años con el lote 02 de inversiones KFW, la succión del agua se realiza directamente de la línea de limpia del reservoirio El Tablazo conduciendo el agua por bombeo hacia el reservoirio El Mirador.

b. Sub Estación Sector Nuevo Tumbes

Fue construida en el periodo 2008 - 2009 con el lote 06 de inversiones KFW, la succión del agua se realiza directamente del reservoirio El Tablazo conduciendo el agua por bombeo mediante una línea de conducción hacia los reservoirios Lishner Tudela y Andrés Araujo ubicados en el sector de Nuevo Tumbes. Los equipos instalados en la estación de rebombeo, tienen las siguientes características:

Cuadro N° 3. 10 Características de la estación de rebombeo de agua tratado El Tablazo

SUB ESTACION	EQUIPO N°	CAUDAL DE BOMBEO (l/s)	TIPO DE MOTOR	POTENCIA DE MOTOR (HP)	POTENCIA DE BOMBA (HP)	ANTIGÜEDAD (AÑOS)
El Mirador	1	35	Eléctrico - sumergible	30	26	02
Sector Nuevo Tumbes	1	110	Eléctrico – eje vertical	100	86.63	0
	2	110	Eléctrico – eje vertical	100	86.63	0

Fuente: Unidad Operativa Tumbes - Gerencia Operacional

viii. Estaciones De Rebombéo Las Malvinas

Está ubicada en la carretera Panamericana a 1 km de la Ciudad, fue construida hace 15 años, cuenta con una cisterna de 50 m³, esta cisterna se alimenta de la red de agua proveniente de Tumbes, del Pozo Andrés Araujo y del Reservorio de Puerto Pizarro.

Desde esta Cisterna por medio de una línea de impulsión abastece a las zonas de Santa Rosa, 12 de Setiembre, Luciano Castillo del sector Las Malvinas parte baja. Los equipos instalados en la estación de rebombéo tienen las siguientes características:

Cuadro N° 3. 11 Características de los equipos instalados en la estación de rebombéo

BOMBA N°	CAUDAL DE BOMBEO (l/s)	TIPO DE MOTOR	POTENCIA DE MOTOR (HP)	POTENCIA DE BOMBA (HP)	ANTIGÜEDAD (AÑOS)
1	20	Eléctrico – eje horizontal	30	25	14

ix. Línea de conducción de Agua Tratada

Constituida por una línea de impulsión con las siguientes características:

Cuadro N° 3. 12 Características de la línea de Conducción de Agua tratada

LÍNEA N°	TRAMO		LONG. (m)	DIAMETRO	MATERIAL	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)
	DE	A					
L-1	Rebombéo Malvinas	Red	330	100 mm	AC	REGULAR	15

x. Almacenamiento

En la planta de tratamiento de agua potable de Tumbes "El Milagro", se cuenta con cuatro (04) cisternas, dos de 280 m³ y dos de 1000 m³, a partir de las cuales se bombea agua a la localidad de Corrales y la ciudad de Tumbes respectivamente y en situaciones de emergencia hacia las localidades de La Cruz y Zorritos.

El sistema de agua potable para la ciudad de Tumbes en su totalidad cuenta con cuatro reservorios de concreto armado, con una capacidad total de almacenamiento de 5 050 m³. Las características se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 3. 13 Características de los Reservorios existentes

NOMBRE	TIPO	VOLUMEN (m ³)	ESTADO	FUNCIONAMIENTO
El Tablazo R-1	Apoyado	2 500	Regular	Cabecera
El Mirador (R-2)	Elevado	1 000	Bueno	Cabecera
Andrés Araujo (R-3)	Apoyado	550	Regular	Cabecera
Lishner Tudela (R-4)	Elevado	1 000	Bueno	Cabecera

Las Características específicas de cada reservorio son las siguientes:

Reservorio El Tablazo R1 2500 m³

. Año de construcción	:	1 981.
. Tipo	:	Apoyado.
. Material	:	Concreto Armado.
. Forma	:	Circular.
. Capacidad de almacenamiento	:	2500 m ³ .
. Ubicación	:	Tumbes.
.. Diámetro de tubería de entrada	:	400 mm.
.. Diámetro de tubería de salida	:	500 mm.
.. Diámetro de tubería de rebose	:	350 mm.
.. Diámetro de tubería de limpia	:	350 mm.
. Abastece	:	Tumbes Ciudad

Reservorio El Mirador R2 1000 m³

. Año de construcción	:	1 995.
. Tipo	:	Elevado.
. Material	:	Concreto Armado.
. Forma	:	Circular.
. Capacidad de almacenamiento	:	1000 m ³ .
. Ubicación	:	Tumbes El Mirador.
.. Diámetro de tubería de entrada	:	200 mm.
.. Diámetro de tubería de salida	:	250 mm.
. Abastece	:	Partes de sectores altos y bajos de Tumbes

Reservorio Andrés Araujo R3 550 m³

. Año de construcción	:	1 980.
. Tipo	:	Apoyado.
. Material	:	Concreto Armado.
. Forma	:	Circular.
. Capacidad de almacenamiento	:	550 m ³ .
. Ubicación	:	Tumbes, sector Nuevo Tumbes
.. Diámetro de tubería de entrada	:	150 mm.
.. Diámetro de tubería de salida	:	200 mm.
.. Diámetro de tubería de rebose	:	200 mm.
. Abastece	:	Tumbes, Nuevo Tumbes y zonas bajas

Reservorio Lishner Tudela R4 1000 m³

. Año de construcción	:	1 990.
. Tipo	:	Elevado.
. Material	:	Concreto Armado.
. Forma	:	Circular.
. Capacidad de almacenamiento	:	1000 m ³ .
. Ubicación	:	Tumbes, sector Nuevo Tumbes
.. Diámetro de tubería de entrada	:	200 mm.y 350 mm
.. Diámetro de tubería de salida	:	250 mm.
.. Diámetro de tubería de rebose	:	200 mm.
.. Abastece	:	Tumbes, sector Nuevo Tumbes zonas altas.

Un quinto reservorio R5 "Puerto Pizarro" de 1000 m³ de capacidad está ubicado en las afueras de la ciudad. Abastece complementariamente parte de Nuevo Tumbes, por lo que no será analizado profundamente en este estudio.

xi. Redes de Distribución

Las redes de agua potable cubren gran parte de la zona urbana; con el objeto de abastecer a las zonas que se encuentran en la periferia, se han instalado a partir de las redes existentes ramales abiertos en los que se han instalado piletas públicas.

La longitud de las redes de distribución es de 154,85 km, de las cuales la mayor parte está formada por tuberías de AC. Los diámetros oscilan entre DN 75 mm y DN 400 mm. En el cuadro siguiente se muestra las dimensiones y longitudes por antigüedad de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Tumbes.

Cuadro N° 3. 14 Características de las redes matrices.

DIÁMETRO (mm)	LONGITUD DE TUBERÍA POR ANTIGÜEDAD (m)							LONGITUD TOTAL (m)
	(0 - 5)	(6 - 10)	(11 - 15)	(16 - 20)	(21 - 25)	(26 - 30)	31 a más	
400					661			661
350					163			163
300					741		479	1,220
250			131		346		740	1,217
200	937		281		197	423	2,623	4,461
150	1767	767	2,296	60	855		902	6,647
100	339	670	1,441	450	3705	240		6,845
TOTAL	3,043	1,437	4,149	510	6,668	663	4,744	21,214

Cuadro N° 3. 15 Características Redes Secundarias

DIÁMETRO (mm)	LONGITUD DE TUBERÍA POR ANTIGÜEDAD (ml)							LONGITUD TOTAL (m)
	(0 - 5)	(6 - 10)	(11 - 15)	(16 - 20)	(21 - 25)	(26 - 30)	31 a más	
200	92	119			249	585	456	1,501
150	355	151	790		1,593		660	3,549
100	24,565	11,237	33,200	6,836	7,266	1,344	20,036	104,484
90	10,595	7,328	3,336	300	323		184	22,066
63	1,758							1,758
Total	37,365	18,835	37,326	7,136	9,431	1,929	21,336	133,358

II FUENTE SUBTERRÁNEA

La ciudad de Tumbes cuenta con sectores que se encuentran en franco crecimiento y consolidación, como lo es el sector de Nuevo Tumbes ubicado a 3 Km del casco urbano, la fuente actual para este sector es el agua subterránea a una profundidad superior a los 120 m aproximadamente.

i. Captación – Fuente Subterránea

El agua subterránea proviene de pozos profundos, las características son las siguientes:

Cuadro N° 3. 16 Características Captación Fuente Subterránea

DESCRIPCION	RENDIMIENTO (l/s)	ANTIGÜEDAD AÑOS	ESTADO
Pozo N° 05	20	05	BUENO
Pozo Lishner T.	20	15	BUENO
Pozo A. Araujo	20	29	BUENO

Los pozos cuentan con equipos de bombeo cuyas características se detallan a continuación:

Cuadro N° 3. 17 Características equipos de Bombeo - Fuente Subterránea

POZO	ESTADO	ANTIGÜEDAD DE EQUIPO (AÑOS)	CAUDAL DE BOMBEO (l/s)	TIPO	PÓTECIA (HP)
N° 05	Operativa	03	18	Electrobomba Sumergible	40.00
Lishner	Operativa	03	18	Electrobomba Sumergible	40.00
Araujo	Operativa	01	18	Electrobomba Sumergible	40.00

ii. Tratamiento – Fuente Subterránea

Se realiza mediante cloro-gas, aplicado en las líneas de impulsión de los pozos existentes. A la fecha todas las instalaciones cuentan con estos equipos de desinfección, como dosificadores, inyectoros, balones de cloro con su respectiva balanza y bombas tipo Booster. Este sistema fue renovado en su totalidad en cada pozo en el año 2007 con las obras del lote 05.

iii. Líneas de Impulsión de Agua Tratada – Fuente Subterránea

El siguiente cuadro resume las líneas de impulsión del sistema existente:

Cuadro N° 3. 18 Características línea de Impulsión - Fuente subterránea

LÍNEA N°	TRAMO		LONG. (m)	DIAMETRO	MATERIAL	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)
	DE	A					
L-1	Pozo N°05	Reservorio Lishner	245	200 mm	PVC	BUENO	4
L-2	Pozo Lishner	Reservorio Lishner	357	200 mm	PVC	BUENO	15
L-3	Pozo Araujo	Reservorio Araujo	1,570	150 mm	AC	REGULAR	29
L-4	Pozo Araujo	Rebombeo Malvinas	441	75 mm	PVC	BUENO	10

De la línea de impulsión del Pozo Andres Araujo, a 2 m de la toma de agua para la aplicación de cloro, existe una línea de derivación de 25 mm que alimenta a la estación de Rebombeo Las Malvinas la cual viene funcionando desde hace 8 años.

3.2.2 Descripción del Sistema de Alcantarillado – Ciudad de Tumbes - Ver A-08 Sección Planos -.

i. Receptores de Aguas residuales

El cuerpo receptor de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización Lishner Tudela del sector Nuevo Tumbes es una quebrada denominada Luey, en esta quebrada descarga también los desagües crudos de la cámara de bombeo Los Jardines. Las aguas servidas de la ciudad de Tumbes son descargadas directamente al río Tumbes sin ningún tratamiento preliminar. No se cuenta con reportes de los caudales descargados en la salida de las lagunas y los de bombeo en las cámaras de desagües. El re-uso de las aguas servidas a la salida de las lagunas es nulo.

ii. Sistemas e Instalaciones del Servicio de Alcantarillado

El actual sistema de alcantarillado de Tumbes, sirve a un área de 577 ha. El total del área servida y atendida mediante conexiones domiciliarias ha sido dividido en 06 áreas de drenaje y 03 zonas de disposición. Dos áreas de drenaje en la ciudad descargan directamente al río Tumbes sin tratamiento alguno, 03 áreas descargan a las lagunas de estabilización "JOSE LISHNER TUDELA I – II" y la última descarga directamente a la quebrada Pedregal ubicado en el sector denominado El Bosque.

De acuerdo a los planos de catastro existentes y con información complementaria se ha determinado que a la fecha (Agosto – 2009), los colectores tiene una longitud total de 115.90 km. Las longitudes parciales se indican en los Cuadros 3.20, 3.21 y 3.22.

Cuadro N° 3. 19 Relación de Emisores Existentes

CALLE	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (ml.)	ANTIGÜEDAD (años)	ESTADO	MATERIAL
Malecon Benavides	600	78	30	REGULAR	CSN
Pedro Ruiz Gallo	300	430	16	MALO	CSN
Quebrada Pedregal	250	78.15	25	MALO	CSN
	TOTAL	586			

Cuadro N° 3. 20 Relación de colectores Principales existentes

CALLE	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (ml.)	ANTIGÜEDAD (años)	ESTADO	MATERIAL
Malecón Benavidez	600	808	30	REGULAR	CSN
Mariscal Castilla	200	451.80	23	REGULAR	CSN
Mariscal Castilla	200	14.00	15	REGULAR	PVC
Mariscal Castilla	250	502.20	01	BUENO	POLIETILENO
Mariscal Castilla	250	29.44	23	REGULAR	CSN
Mariscal Castilla	315	40.00	10	BUENO	PVC
Mariscal Castilla	315	247.70	01	BUENO	POLIETILENO
Tumbes	300	1048.30	10	BUENO	POLIETILENO
Prolong. Tarapaca	250	712	10	BUENO	PVC
Av. Universitaria	200	763.98	40	MALO	CSN
Belaunde	200	387.70	10	REGULAR	PVC
Belaunde	200	987.53	40	MALO	CSN
De la quebrada	250	132.30	40	MALO	CSN
De la quebrada	200	525.31	40	MALO	CSN
	TOTAL	6,650.26			

Cuadro N° 3. 21 Relación de Colectores Secundarios existentes

DIAMETRO (mm)	LONGITUD (ml.)	ANTIGÜEDAD (años)	ESTADO	MATERIAL
350	538	23	REGULAR	CSN
250	1,662	10	BUENO	PVC
200	98,341	20	MALO	CSN
150	8,127			
TOTAL	108,668			

Las áreas de drenaje están integradas de la siguiente forma:

Área de Drenaje N° 1 (A1), comprende principalmente la parte antigua de la ciudad y drena a la cámara de bombeo CBD-Coloma ubicada al extremo Oeste del Malecón BENAVIDES, que impulsa las aguas servidas al Río Tumbes.

Esta área comprende también las descargas provenientes del malecón Benavides.

Área de Drenaje N° 2 (A2), está constituida íntegramente por el sector denominado Pampa Grande y drena a la cámara de bombeo del mismo nombre, ubicada en la carretera San Juan, de donde impulsa los desagües a la calle 7 de Enero, de donde continua por gravedad, por un colector, hacia el área de drenaje N° 1.

Área de Drenaje N° 3 (A3), está constituida íntegramente por el sector denominado Los Jardines, recolectando las aguas servidas de los sectores El Pacífico y Jardines y drena hacia la Laguna Lishner Tudela.

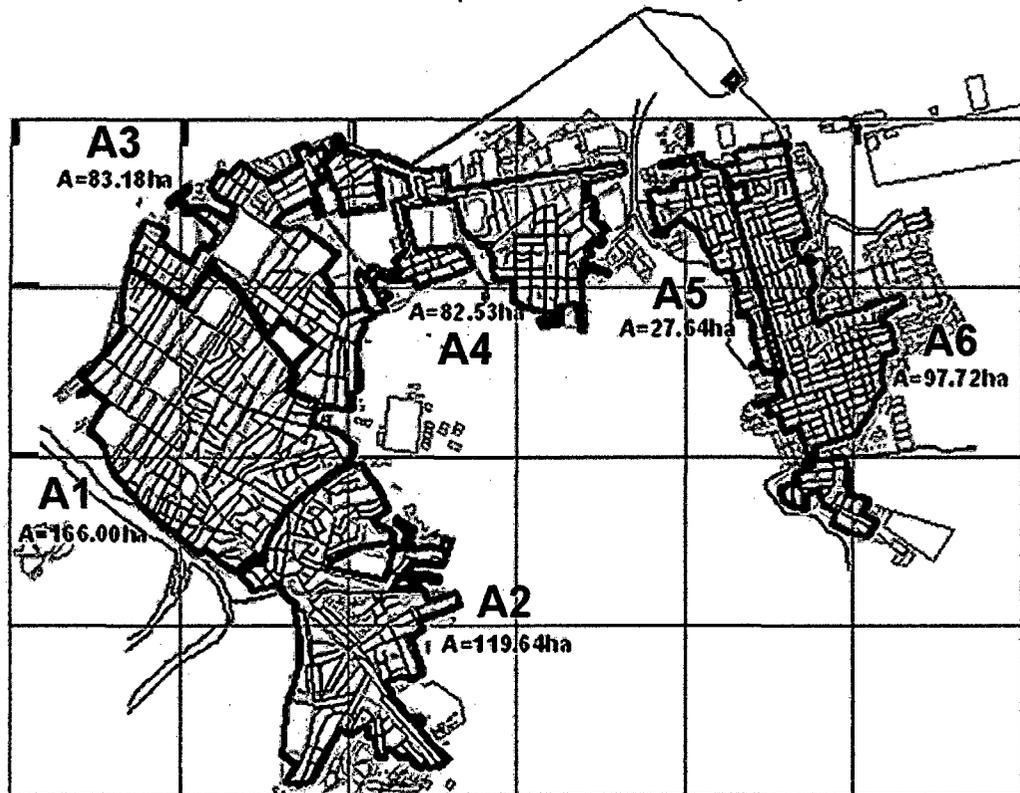
Área de Drenaje N° 4 (A4), está constituida íntegramente por el sector denominado Salamanca, recolectando las aguas servidas de los sectores Las Malvinas y A.H Salamanca y drena las aguas hacia la Laguna Lishner Tudela.

Área de Drenaje N° 5 (A5), está constituida por el sector Nor – Oeste de la población denominada Nueva Tumbes, recolectando los desagües de los sectores El Bosque y Andres Araujo, drenando hacia la quebrada el Pedregal.

Área de Drenaje N° 6 (A6), está constituida íntegramente por el sector Lishner Tudela de la población del Sector Nuevo Tumbes, drenando las aguas residuales directamente por gravedad hacia la Laguna Lishner Tudela.

A continuación se presenta un esquema donde se puede observar los sectores que cubren estas áreas de drenaje:

Cuadro N° 3. 22 Esquema de las áreas de Drenaje.



iii. Estaciones De Bombeo

Existen en Tumbes las siguientes cámaras de bombeo:

CBD N° 05 Salamanca	:	Área de drenaje n° 04
CBD N° 04 Los Jardines	:	Área de drenaje n° 03
CBD N° 03 Pampa Grande	:	Área de drenaje n° 02
CBD N° 02 Urbanización	:	Área de drenaje n° 01
CBD N° 01 Coloma	:	Área de drenaje n° 01
Área de Drenaje N° 05	:	Quebrada pedregal
Área de Drenaje N° 06	:	Laguna Lishner Tudela

➤ Cámara de Bombeo N° 01 - Coloma

Dicha cámara de bombeo fue construida en el año 1969, ubicada en el A.A.H.H San José y fue diseñada para uso combinado de desagües domésticos y pluviales, consta de dos compartimentos cilíndricos superior e inferior de concreto armado. El superior lo constituye la cámara seca donde están alojados los equipos de bombeo y el inferior lo constituye la cámara húmeda donde llegan las aguas residuales y pluviales. Cuenta con una capacidad de recolección de 55 m³. Esta cámara recolecta las aguas servidas del 85% de la población total de la ciudad de Tumbes.

Esta cámara recibe los aportes de aguas servidas de Tumbes cercado, recolecta los desagües provenientes de las cámaras Pampa Grande y Urbanización.

Las características de los equipos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 23 Características de equipos cámara de bombeo N 01

EQUIPO N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE MOTOR	PÓTENCIA MOTOR (HP)	PÓTENCIA BOMBA (HP)	FUNCIONAMIENTO
01	Operativa	39	280	Eléctrico, eje horizontal	125.00	120.00	Diario
02	Operativa	39	200	Eléctrico, eje horizontal	125.00	120.00	Emergencia/Pluvial
03	Operativa			Petrolero/Perkins			Emergencia

Cuenta con dos grupos electrógenos, uno de ellos se encuentra operativo.

Diámetro de tubería de ingreso (02) : 500 mm, CSN

Diámetro de tubería de impulsión : 400 mm, AC

➤ Cámara de Bombeo N° 02 – La Urbanización

Dicha cámara de bombeo fue construida en el año 1976, ubicada en la zona céntrica de Tumbes, diseñada para recolectar desagües domésticos, consta de dos compartimientos cilíndricos y superior e inferior de concreto armado. Constituidos por la cámara seca donde están alojados los equipos de bombeo y la cámara húmeda donde legan las aguas residuales..

Cuenta con una capacidad de recolección de 21m³. Esta cámara recibe los aportes de aguas servidas de los sectores El Pacífico, Cercado de Tumbes y San José. Las características de los equipos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 24 Características de equipos cámara de bombeo N 02

EQUIPO N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE MOTOR	POTENCIA MOTOR (HP)	POTENCIA BOMBA (HP)	FUNCIONAMIENTO
01	Operativa	34	60	Eléctrico, eje horizontal	40.00	30.00	Diario

Fuente: Unidad Operativa Tumbes – Gerencia Operacional

Diámetro de tubería de ingreso (02) : 250 mm, CSN

Diámetro de tubería de impulsión : 250 mm, AC

➤ Cámara de Bombeo N° 03 – Pampa Grande

Dicha cámara de bombeo fue construida en el año 1977, ubicada en el sector Pampa Grande, diseñada para recolectar desagües domésticos, consta de dos compartimientos cilíndricos superior e inferior de concreto armado. Constituidos por la cámara seca donde están alojados los equipos de bombeo y la cámara

húmeda donde llegan las aguas residuales. Cuenta con una capacidad de recolección de 10 m³.

Esta cámara recibe los aportes de aguas servidas de los sectores de Pampa Grande, Las Flores, Las Mercedes, Los Claveles, Progreso Alto y Bajo y Las Mercedes. Las características de los equipos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 25 Características de equipos cámara de bombeo N 03

EQUIPO N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE MOTOR	POTENCIA MOTOR (HP)	POTENCIA BOMBA (HP)	FUNCIONAMIENTO
01	Operativa	32	60	Eléctrico, eje horizontal	40.00	30.00	Diario

Fuente: Unidad Operativa Tumbes – Gerencia Operacional

Diámetro de tubería de ingreso (02) : 250 mm, CSN

Diámetro de tubería de impulsión : 250 mm, AC

➤ Cámara de Bombeo N° 04 – Los Jardines

Esta cámara de Bombeo fue construida en el año 1998, ubicada en la urbanización Los Jardines, diseñada para recolectar desagües domésticos, consta de dos compartimientos cilíndricos de concreto armado. Constituidos por la cámara seca donde están alojados los equipos de bombeo y la cámara húmeda donde llegan las aguas residuales.

Cuenta con una capacidad de recolección de 17m³. Esta cámara recibe los aportes de aguas servidas de los sectores de los Jardines, Lagos, Pacífico y San José. Las características de los equipos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 26 Características de equipos cámara de bombeo N 04

EQUIPO N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE MOTOR	PÓTENCIA MOTOR (HP)	PÓTENCIA BOMBA (HP)	FUNCIONAMIENTO
01	Operativa	15	35	Eléctrico, eje horizontal	40.00	30.00	Diario

Fuente: Unidad Operativa Tumbes – Gerencia Operacional

Cuenta con grupo Electrógeno Motor Perkins, en caso de cortes de energía eléctrica

Diámetro de tubería de ingreso : 200 mm, CSN

Diámetro de tubería de impulsión : 200 mm, PVC

➤ Cámara de Bombeo N° 05 – Salamanca

Dicha cámara de bombeo fue construida en el año 1994, ubicada en la urbanización Salamanca, diseñada para recolectar desagües domésticos, consta de dos compartimientos cilíndricos de concreto armado. Constituidos por la

cámara seca donde están alojados los equipos de bombeo y la cámara húmeda donde llegan las aguas residuales.

Cuenta con una capacidad de recolección de 15 m³. Esta cámara recibe los aportes de aguas servidas de los sectores de Salamanca, Malvinas y 12 de Setiembre. Las características de los equipos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 27 Características de equipos cámara de bombeo N 05

EQUIPO N°	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)	CAUDAL (l/s)	TIPO DE MOTOR	PÓTENCIA MOTOR (HP)	PÓTENCIA BOMBA (HP)	FUNCIONAMIENTO
01	Operativa	15	35	Eléctrico, eje horizontal	60.00	40.00	Diario

Diámetro de tubería de ingreso : 250 mm, CSN

Diámetro de tubería de impulsión : 200 mm, PVC

iv. Línea De Impulsión

Las características de la línea de impulsión y sus puntos de descarga se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3. 28 Características de la Línea de Impulsión- Sistema de Alcantarillado

LÍNEA N°	TRAMO		LONG. (m)	DIAMETRO	MATERIAL	ESTADO	ANTIGÜEDAD (AÑOS)
	DE	A					
L-1	CBD N° 01	Río Tumbes	77	400 mm	AC	REGULAR	40
L-2	CBD N° 02	Buzon Exist.	324	250 mm	AC	MALO	34
L-3	CBD N° 03	Buzon Exist.	380	250 mm	AC	MALO	32
L-4	CBD N° 04	Laguna Lishner	3410	200 mm	PVC	BUENO	15
L-5	CBD N° 05	Laguna Lishner	2755	200 mm	PVC	BUENO	15

v. Planta de Tratamiento

La localidad de Tumbes descarga en un 85% las aguas servidas sin tratar al río Tumbes. Sólo un 15% de las aguas son descargadas a las lagunas de oxidación Lishner Tudela, así como a la Quebrada Pedregal.

Las lagunas de oxidación se encuentran ubicadas al Nor-Oeste del Programa Habitacional "JOSE LISHNER TUDELA I-II Etapa" del distrito, provincia y departamento de Tumbes.

La planta de tratamiento de desagües domésticos y emisor, fueron construidas en el año 1992 con dos lagunas en serie, de las siguientes dimensiones:

Primaria:
 Longitud = 102,40m
 Ancho = 35,80 m
 Profundidad = 1,60 m

Secundaria:
 Longitud = 102,40m
 Ancho = 32,50 m
 Profundidad = 1,60 m

Área Útil = 0.699 ha

La planta de tratamiento fue diseñada para recibir las aguas servidas sólo de la población JOSE LISHNER TUDELA I – II. Sin embargo, a partir del año 1995 se autoriza la descarga de los desagües de los asentamientos humanos Las Malvinas, Los Ficus, 24 de Junio, 07 de Junio y Salamanca.

La base de diseño originalmente adoptado, sólo concuerda con los cálculos previstos para los servicios de agua potable y alcantarillado de los programas habitacionales "JOSE LISHNER TUDELA I-II Etapa".

De acuerdo al funcionamiento en serie de las lagunas existentes, la capacidad de tratamiento estará dada por la carga superficial máxima que podrá soportar a sus dimensiones:

Cuadro N° 3. 29 Características de Laguna Primaria

LAGUNA PRIMARIA	
Temperatura	25°C
DBO per cápita*	40 gr/DBO/Hab/día
Carga Superficial Cs = 200 x 1,05 ~ (T-20)	319,07 kg.DBO/ha/día
Longitud de la laguna	102,4 m
Ancho de la laguna	35,8 m
Profundidad	1,60 m
Area Superficial	0,33 Ha.

Fuente: Estudio PRONAP- 1998

Capítulo IV ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN EN SISTEMAS DE AGUA

4.1 INUNDACIONES EN TUMBES Y LOS SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO:

Los desastres naturales que ocurren en esta zona son esencialmente producto de las condiciones naturales que presenta la ciudad. La topografía es bastante irregular y presenta zonas altas, intermedias y bajas - **Ver A-04 Sección Planos** -. Estas características, acompañadas de grandes precipitaciones, aumento del caudal del río Tumbes y falta de drenaje en la ciudad, producen las condiciones propicias para la ocurrencia de desastres por inundaciones, sobre todo en las partes bajas, que resultan las más afectadas, ya que reciben el aporte de las partes altas, además de las precipitaciones que, en estas zonas, se producen con gran magnitud.

Factores como la expansión urbana desordenada y sin planificación - **Ver A-05 Sección Planos** - contribuyen al impacto de los daños en un ambiente propicio para las inundaciones. En estos casos, los más afectados son, en general, los ambientes sociales, económicos y de salud de la población. El desconocimiento de las características de El Niño, como lo es el período de retorno, nos muestra la necesidad de preparación de la población para atenuar y mitigar los efectos negativos de estos fenómenos naturales intensos.

La experiencia de 1983 demostró la inhabitabilidad de algunas áreas, tales como las quebradas y alrededores, así como las faldas de los cerros. Estos lugares se vieron afectados por inundaciones importantes. Los S A y A sufrieron un racionamiento y baja en la calidad del agua e inoperatividad en algunos sectores; todo esto como consecuencia, entre otras razones, de la rotura de las redes de agua y por el mal estado de conservación de las conexiones domiciliarias. La antigüedad de las redes y conexiones domiciliarias influyó en el daño sufrido durante estos años. Al ocurrir la inundación, se produce erosión de los suelos y el hundimiento del terreno, ocasionando que los sistemas vitales colapsen en ciertos tramos. Años después, en 1992, por estas mismas causas, la tubería matriz que lleva agua a Puerto Pizarro fue afectada, quedando esta población desabastecida. En general los mapas de inundación de 1998 era prácticamente

copia a carbón - **Ver A-15 Sección Planos** -, de lo ocurrido en 1983, pero las repercusiones fueron menos severas, por las medidas de prevención que se tomaron.

Las inundaciones ocurridas trajeron consigo un grave problema de contaminación a la población, pues la gran cantidad de sólidos que acarrearón las precipitaciones pluviales colmataron los colectores de desagüe, produciéndose aniegos de aguas servidas mezcladas con el agua de lluvia. Estas situaciones ocasionaron la inundación de las calles y viviendas, constituyéndose en un gran foco infeccioso y en criadero de mosquitos y zancudos, con el peligro de ocurrencia de enfermedades epidémicas, diarreicas y de la piel, sobre todo en el caso de los habitantes de las partes más bajas de la ciudad, como es el caso del barrio de San José, Salamanca, los Jardines, entre otros. En el presente trabajo - **Ver ANEXO 03** - se presentan anexos con las estadísticas que corroboran el incremento de los casos de enfermedades atendidos. (Fuente: Dirección Regional de Salud Tumbes)

En este estudio se evalúa, igualmente, la magnitud de las inundaciones, teniendo en cuenta los siguientes efectos:

- a) Afectación de los servicios vitales: agua y desagüe.
- b) Destrucción o afectación a la propiedad.
- c) Desarrollo de epidemias.
- d) Alteración de las actividades cotidianas de los ciudadanos.

Ambiente de Inundación en la ciudad de Tumbes

Dos son las causas principales de las inundaciones en la ciudad de Tumbes:

1.- Aumento del caudal en el río Tumbes.

Se debe a procesos fluviales presentes de acuerdo con las características de la cuenca y las condiciones hidrológicas. Actualmente, el malecón Benavides, así como algunas defensas ribereñas construidas en la margen derecha del río reduce la posibilidad de ocurrencia de fuertes inundaciones, como en años anteriores.

2.- Precipitaciones pluviales extraordinarias. - Ver Anexo 02

Se producen como consecuencia de la presencia de El Niño. La topografía accidentada provoca inundaciones importantes en las zonas bajas de la ciudad.

Las inundaciones constituyen las causas más frecuentes de los desastres en esta ciudad, sin descartar el factor de la actividad sísmica, que es muy intensa en esta parte del país. En adición, la topografía accidentada y las características del suelo de la ciudad contribuyen a la erosión y al acarreo de sólidos en la ciudad cuando las lluvias importantes se presentan.

Además, se advierte la presencia de material desechable y/o suelo salino. El suelo está compuesto por arcillas, arenas, gravas areniscas y lutitas del terciario.

Ver A-12 Sección Planos

Es común encontrar tramos donde la erosión y/o hundimiento del terreno produce el colapso de los S A y A, existe gran presencia de suelos sueltos. Los terrenos llanos y estables presentan menor riesgo a los efectos de las inundaciones, puesto que la fuerza erosiva de las aguas decrece al disminuir su velocidad.

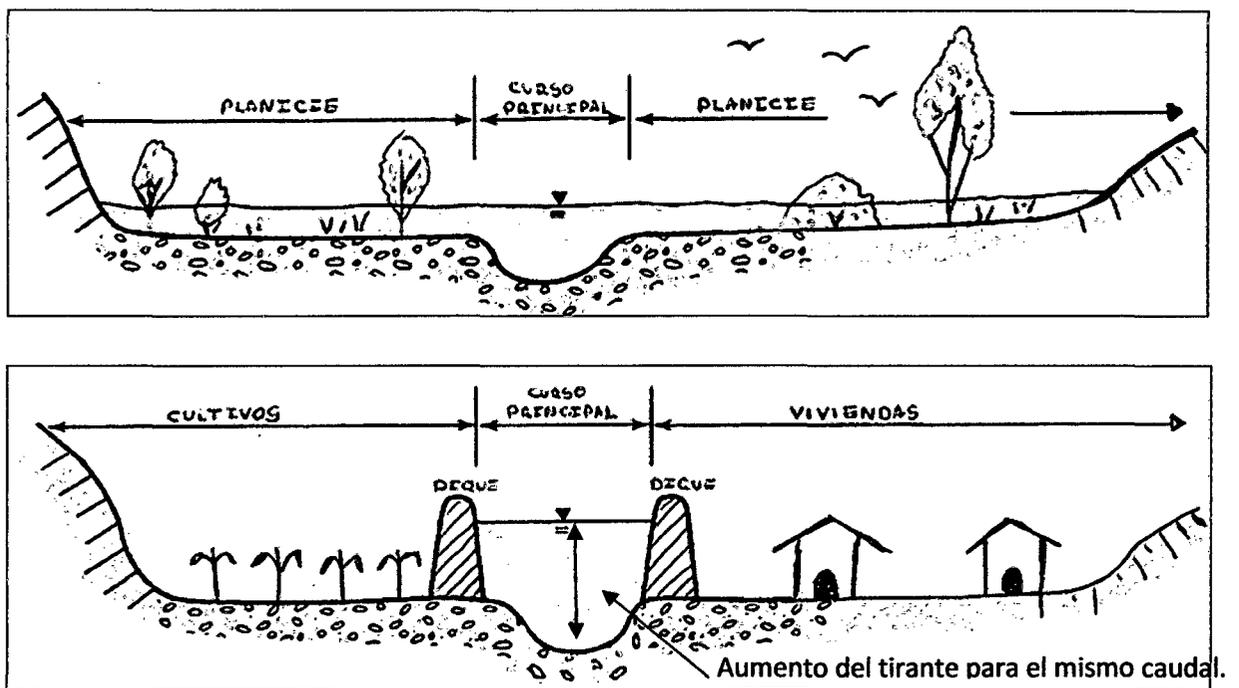
En los años 82-83 y 97-98, hechos como la destrucción de las líneas de conducción del agua potable y el colapso del desagüe de la ciudad vieja, que es atravesada por el canal "La Tuna", son muestras fehacientes del daño que causan las inundaciones en Tumbes.

La parte baja de la ciudad, así como grandes áreas de sembrío, son inundadas normalmente cuando el caudal del río Tumbes supera los 400 m³/s.

El emisor existente que descarga directamente en el río Tumbes quedó afectado en dos tramos en el año 1983; asimismo, la planta de tratamiento de agua potable también se vio afectada, en los años 1983 y 1998, por la crecida del río, pues, en la captación antigua, se produjeron depósitos de sólidos en el canal aductor arenando los equipos de bombeo de agua cruda, lo que provocó que estos dejaran de funcionar, con la consiguiente falta de suministro del líquido elemento para la población. Es así, que la planta de tratamiento se ha visto afectada principalmente por el aumento del caudal del río Tumbes, que acarrea grandes cantidades de sedimentos, haciendo complicado y costoso el tratamiento de las aguas. Incluso, se ha venido produciendo desabastecimiento al no poder la EPS tratar estas aguas, que llegan con gran turbidez. Esta situación es cada vez más complicada de sobrellevar a medida que no se controle la depredación de la cobertura vegetal en la cuenca del Puyango-Tumbes.

En relación con el sistema de alcantarillado, las estaciones de bombeo de desagües sufrieron inundaciones de sus cámaras secas, debido a que el caudal que ingresa a éstas, supera el volumen calculado en el diseño, ya que, además del desagüe doméstico, el agua de lluvia ingresa a través de los buzones en grandes cantidades. Estas aguas de lluvias traen consigo abundantes sólidos, produciendo sedimentación y atoro en el sistema, lo que afecta las bombas, motores y demás equipos involucrados en el flujo de estas aguas. En los años 1983 y 1998, las inundaciones que se produjeron en las cámaras de bombeo también se debieron a la falta de energía eléctrica, ya que se dejó sin bombear los desagües.

Para tener una idea de lo que sucede en la parte baja de la ciudad que colinda con el río, se presentan a continuación dos figuras que muestran el porqué se generan las constantes inundaciones y la medida típica que se toma en estos casos, que es la construcción de diques, lo que, en el largo plazo, acarrea también una serie de problemas hidráulicos.



Fuente: Apuntes del curso Ingeniería de Ríos – Postgrado UNI FIC

Figura N° 4. 1 Condición típica de urbanización en las planicies de inundación de un río - Zona baja de Tumbes

Una importante consecuencia adicional de las inundaciones fueron los daños que sufrieron las estructuras de protección de la captación - defensas ribereñas - y de los pozos - cercos - por erosión. Las cámaras de bombeo y rebombeo de agua se vieron afectadas por la falta de energía eléctrica y, al acabarse el

combustible de los equipos de reemplazo, no se pudo realizar un nuevo abastecimiento por el colapso de las carreteras y pistas.

El hecho de que las redes de alcantarillado estén trabajando sobrecargadas y a tubo lleno, ocasiona que el sistema ya no funcione. Como fue diseñado para funcionar por gravedad, ahora el sistema está presurizado, produciendo, en muchos casos, brotes de aguas, que se escapan por los baños de las viviendas y buzones.

Según ingenieros locales, es necesario completar un plan de emergencia, generando programas de contingencia para la rehabilitación inmediata y para la atención posterior, presupuestando los proyectos de rehabilitación y optimización de la emergencia y los proyectos de ampliación y mejoramiento.

Las variables por considerar en el análisis de una inundación son las siguientes:

- a. Profundidad que alcanza el agua y la velocidad con la que se mueve el nivel de agua.
- b. Duración y/o tiempo de ocurrencia. Variable asociada al tiempo de inundación y a la rapidez con la que esta se produce. Hay que tener en cuenta que es prácticamente imposible la reparación de tuberías en un área inundada.
- c. Velocidad de las aguas. Variable que se refiere a la presencia del proceso de erosión, que, en muchos casos, produce inestabilidad y, consecuentemente, falla total o parcial de las cimentaciones y soportes de algunas estructuras. En algunos casos, ante el flujo del agua, la infraestructura se comporta como lo hacen los pilares en un río. El tipo de erosión que se produce es similar (vórtices - erosión local).
- d. Frecuencia y períodos de retorno de condiciones hidrológicas extremas.

En un intento por interpretar porqué se producen los daños a causa de las inundaciones, se dedujeron como causas las siguientes:

- a) Poco conocimiento de los procesos de dinámica fluvial:
 - o Las inundaciones de planicies ribereñas son parte de un proceso natural y recurrente.
 - o Las crecidas se forman por los aportes de la cuenca.

- b) Poco conocimiento de:
- Ocupación de áreas potencialmente inundables.
 - Inexistencia de planes de emergencia.
 - Mal manejo de las cuencas

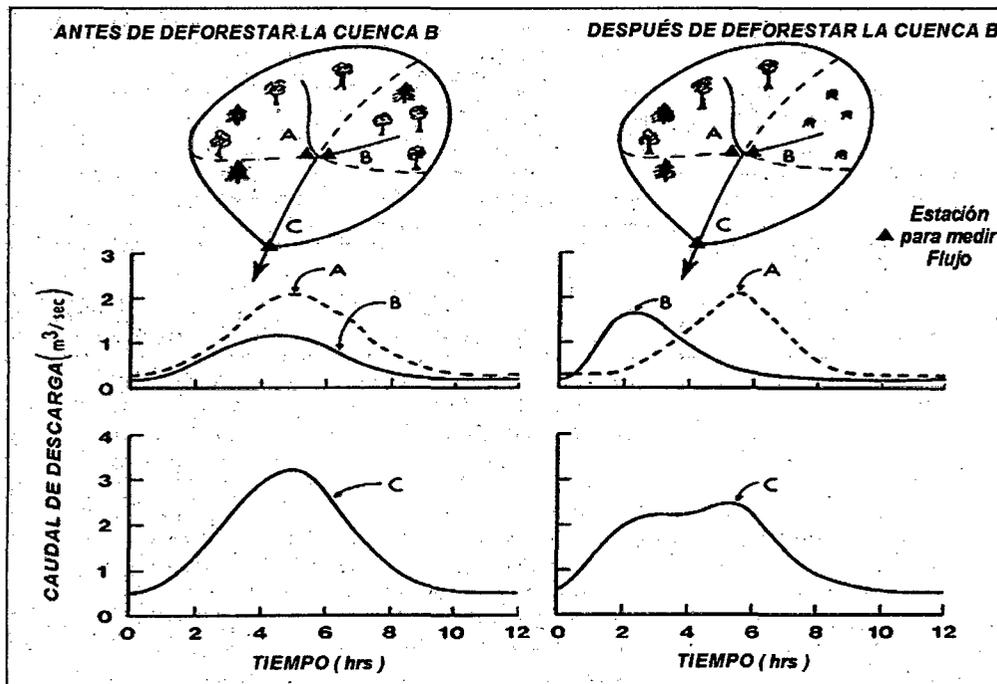


Figura N° 4. 2 Influencia de la deforestación en flujos de avenidas.

Fuente: Julien (2002) RIVER MECHANICS

- Colmatación del cauce y avulsiones producto del incremento del transporte sólido.
- Poco conocimiento de los actores implicados: autoridades, población proclive a ser afectada, entes técnicos, entre otros.

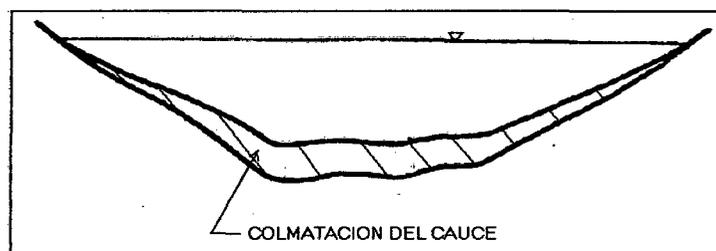


Figura N° 4. 3 Colmatación del Cauce - Situación del río Tumbes

Fuente: Julien (2002) RIVER MECHANICS

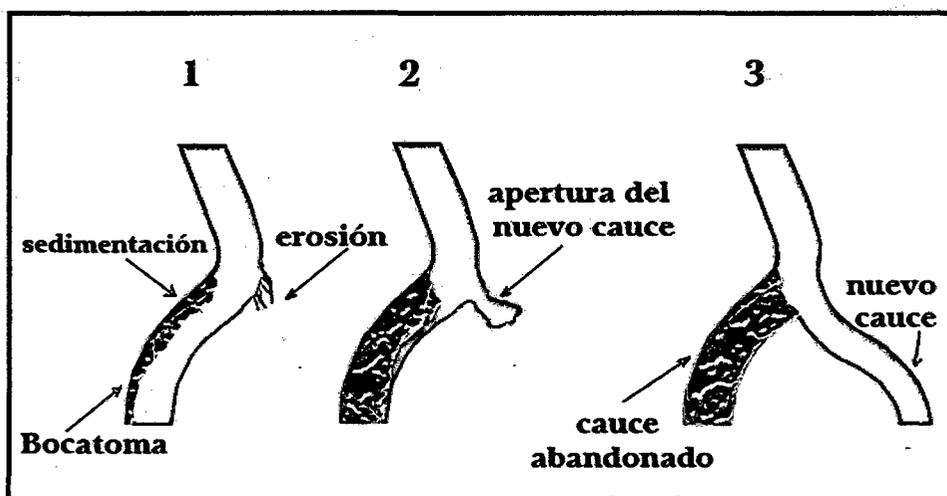


Figura N° 4. 4 Avulsión del cauce. Problema que se presenta en el tramo de la bocatoma en el río Tumbes .
Fuente: Apuntes del curso Ingeniería de Ríos – Postgrado UNI FIC

4.2 MICROZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD ANTE INUNDACIONES

La microzonificación constituye una herramienta invaluable para estas zonas, ya que mediante ella se pueden prever daños futuros conociendo el peligro al que están expuestas cada una de las zonas de la ciudad.

De acuerdo con los estudios realizados por el CISMID e INDECI, Tumbes tiene un mapa de microzonificación de los peligros por el fenómeno El Niño, donde se identifican tres zonas:

1.- Zona de "Ciudad Vieja"

La parte baja de este sector es la más expuesta a los efectos de El Niño. Al elevarse el caudal del río Tumbes hasta un promedio de 1500 m³/seg., es cuando, a través del canal "La Tuna", se produce la inundación del río, la cual llega hasta unos 100 metros cerca de la carretera Panamericana.

La parte alta de la ciudad actúa como cuenca colectora de las precipitaciones pluviales, produciéndose una inundación total. Las zonas planas de la parte alta están expuestas a inundaciones por lluvias: Plaza de Armas, mercado, un sector de Pampagrande y la salida a San Juan de la Virgen.

En las calles de pendiente pronunciada se produce erosión debido al escurrimiento de las aguas pluviales. Actualmente, este efecto ha sido controlado casi completamente con la pavimentación de la mayoría de las calles,

dando lugar a pequeñas zonas de depósitos temporales de material desechable (al pie de la quebrada El Nieto).

Al pie de la quebrada El Tumpis, quedan detenidos y se acumulan pequeños y constantes depósitos aluviales. La napa freática se encuentra sumamente superficial (0.5 m de la superficie).

2.- Zona de “Ciudad Intermedia”

Esta zona está ubicada en la parte baja, a la izquierda de la carretera Panamericana, y está expuesta a la formación de lagunas originadas por las aguas de las precipitaciones pluviales. A la derecha de la misma avenida, se produce el constante depósito del material acarreado por escurrimiento de la quebrada. Además, esta zona sufre de inundaciones por lluvias.

La mayor parte de este sector tiene vegetación, debido a la constante humedad. El asentamiento humano Las Malvinas, ubicado en la parte alta, es un lugar relativamente plano, pero se inunda por causa de las lluvias, produciéndose charcos debido al material suelto.

3.- Zona “Nuevo Tumbes”

Esta zona es relativamente plana y está considerada como zona alta. Está conformada por material superficial suelto, es inundable y se forman charcos producto de las lluvias. En algunos sectores cercanos a las laderas de la quebrada Pedregal existe erosión por el escurrimiento de las aguas pluviales.

4.3 ANÁLISIS DE EFECTOS DEL FENÓMENO DE “EL NIÑO” PARA LA FORMULACIÓN DE UNA TIPOLOGÍA DE DAÑOS

En el análisis de efectos de los S A y A, se tendrá en cuenta, sobre todo, las condiciones locales. Al respecto se consideran los siguientes factores:

- Ubicación geográfica y su relación con las zonas de normal incidencia de agentes naturales determinados y analizados. Estos últimos son los causantes de los daños en los sistemas en mención.
- Características topográficas, geológicas y orogénicas, puesto que las diferentes particularidades locales influyen en el efecto y/o daño causado.

- **Calidad predominante de los suelos y subsuelos. Los principales factores por considerar son: granulometría, grado de saturación, permeabilidad y potencial de colapso, entre otros.**

En términos generales, el componente de captación en el sistema de agua es el que tiene mayor grado de vulnerabilidad y alto riesgo de quedar inutilizado por efectos del comportamiento hidrológico-fluvial del río Tumbes. **Ver A-06 Sección Planos.** El factor de la deficiencia en el proceso de operación y mantenimiento influye en la alta vulnerabilidad de la captación. En estos casos, equipos importantes de la infraestructura han quedado inutilizados, así como los elementos necesarios para el tratamiento del agua, y el laboratorio para el control de la calidad del agua.

La determinación de la vulnerabilidad de los S A y A debe ser incluida en el plan de emergencia con la finalidad de generar medidas de prevención y mitigación, que servirán para facilitar la ejecución de mejoras estructurales y no estructurales, así como para proyectar la ubicación de la futura infraestructura y otros componentes del sistema en lugares que ofrezcan mayor seguridad, así como para utilizar técnicas y materiales que reduzcan los riesgos de colapso.

Para este fin, factores y/o condiciones como los que se mencionan a continuación deben ser tomados en cuenta:

- **La ubicación geográfica de la ciudad. Altas precipitaciones y actividad sísmica.**
- **Características topográficas, geológicas, orogénicas e hidrológicas locales.**
- **Características de los suelos y subsuelos de Tumbes. Suelo no permeable e inestable debido a una napa freática superficial.**
- **Capacidad de respuesta de la empresa local prestadora de servicios (ATUSA).**
- **La operación y mantenimiento de los S A y A.**

Además, se deberá asegurar la elaboración y/o mejoramiento de los planes de emergencia y las medidas de prevención y mitigación, asegurando el abastecimiento de agua antes, durante y después de una emergencia. Un programa de racionamiento de agua ayudaría en casos de emergencia; esto debido a que la EPS suministra agua no solamente a Tumbes. La importancia de

tener un plan de emergencia radica en el hecho de que, con la existencia del plan, la EPS se encuentra preparada para enfrentar fenómenos naturales como El Niño.

4.4 PRESENTACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS EN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

1º. LA CAPTACIÓN. Ver A-07 Sección Planos

La captación se encuentra ubicada en un recodo que efectúa el río frente a lo que fuera el antiguo puente, que fue destruido durante la ocurrencia de El Niño de 1983. Este punto es constantemente afectado por las crecientes del río, en las cuales se presenta abundante material flotante y/o sedimentos, produciendo atoros en las canastillas de succión de las electrobombas, en épocas de avenidas. La erosión lateral es medianamente controlada por la defensa ribereña existente, que es la prolongación del malecón Benavides. Ver Figuras N°4.5, 4.6

Las grandes cantidades de sólidos que traen consigo las aguas durante las avenidas o durante El Niño, afectan a las unidades de tratamiento, que tienen que trabajar sobrecargadas, disminuyendo su eficiencia e incrementando el costo de tratamiento, o dejando de funcionar cuando la turbiedad es demasiado alta. Esto perjudica a la población, pues se produce una restricción del servicio de agua potable, sobre todo en las partes altas. La contraparte a este problema se presenta en épocas de estiaje, ya que en la captación no se alcanza el nivel de agua mínimo debido al cambio de curso del río.

EXPERIENCIA EN LA CAPTACIÓN “ANTIGUA” - AÑOS 1983 – 1992 – 1998

En la actualidad, esta captación – Figura N° 4.6 - se encuentra en desuso y prácticamente abandonada; su situación es precaria debido a lo sucedido en los años 1983 y 1992.

La zona “antigua” de captación de agua es la que presentó una alta y extrema vulnerabilidad. Quedó inutilizada como consecuencia del comportamiento fluvial del río Tumbes - Ver A-06 Sección Planos -, que se alejó de esta infraestructura dejando una importante cantidad de arena que obstruía la bomba de succión.

Además, el área donde se bombeaba el agua fue llenándose de arena, quedando inoperativa en el año 1992 (Niño moderado).

En 1983, se realizaron labores locales, con maquinaria pesada, para limpiar el canal aductor de la captación, con la finalidad de recuperar la operatividad. Este esfuerzo no produjo resultados exitosos, al no contarse con un enfoque global del comportamiento fluvial del río, el cual se volvió a alejar definitivamente de la estructura encargada de tomar agua.

Como medida para evitar el alejamiento del cauce del río, la subregión departamental de Tumbes realizó obras de enrocado en la margen izquierda del río, en el lado opuesto al meandro, lo cual fue una medida que estuvo produciendo resultados momentáneos, mientras se plantea una nueva alternativa de solución. La propuesta de solución tomada en aquellos años consistió en construir una nueva captación pocos metros aguas abajo de la primera estructura. Esta alternativa equipaba al sistema de agua con dos electrobombas, una para la planta antigua y la otra para la planta nueva.

Al ocurrir un nuevo Meganiño, la captación en uso fue nuevamente amenazada, por lo que fue necesario efectuar trabajos de movimiento de sedimentos en los alrededores de la estructura, para así garantizar la recepción de agua.



Figura-N° 4. 5 Captación actual. Tubería de succión rígida.



Figura N° 4. 6 Captación antigua, en desuso actualmente.

En la actualidad -2010-, la captación es la misma que se describió como alternativa de solución en los años 1983 – 1992. El problema lo sigue constituyendo la tubería de succión, que es rígida y totalmente vulnerable a un posible cambio de cauce del río Tumbes, pues no ha sido posible cambiarla de ubicación ni de altura. **Figura N° 4.5**

Es importante precisar que la captación se encuentra sobre un terreno rocoso estable y que, por su ubicación en un recodo, es frecuente – y en los últimos años ha ocurrido con mayor intensidad - la presencia de troncos, malezas y palos, que quedan detenidos, obstruyendo las canastillas de succión y arenando los equipos de bombeo. Este problema debe ser controlado con una limpieza constante de las canastillas, para evitar un posible atoro de éstas. Sin embargo esta actividad resulta peligrosa en épocas de avenidas. En el campo se pudo comprobar que años atrás – 2004 - se realizó una obra para solucionar este inconveniente; consistió en un muro de protección con mallas metálicas sujetas a barras de fierro piloteadas en el lecho del río, esta estructura fue arrasada por el río en épocas de avenidas.

Con respecto al equipo de bombeo que usa la captación, estos equipos ya cumplieron su vida útil, siendo la renovación de estos necesaria. Además, los frecuentes cortes de energía eléctrica (programados y no programados) representan un problema para todo el sistema de agua y alcantarillado – bombeo y rebombeo de agua potable y desagües. Se debe contar con equipos electrógenos para atender situaciones de emergencia, al menos en los componentes más importantes del sistema de agua y alcantarillado como lo es la captación, la planta de tratamiento, y equipos de bombeo de desagüe.

En general, la zona donde se ubica la captación no presenta problemas de tipo Geodinámica interna (condiciones del suelo), tampoco se encuentra en una zona inundable por la acción pluvial - **Ver A-11 y A-13 Sección Planos**. Sin embargo, y según los mapas de peligro, la estructura se ubica en una zona **PELIGROSA** debido a su cercanía con el río Tumbes y el peligro que esto representa, como desbordes, inundaciones y erosión. El problema se tomaría crítico si se intensifican los cambios y procesos morfológicos –agradación y degradación- en el río.

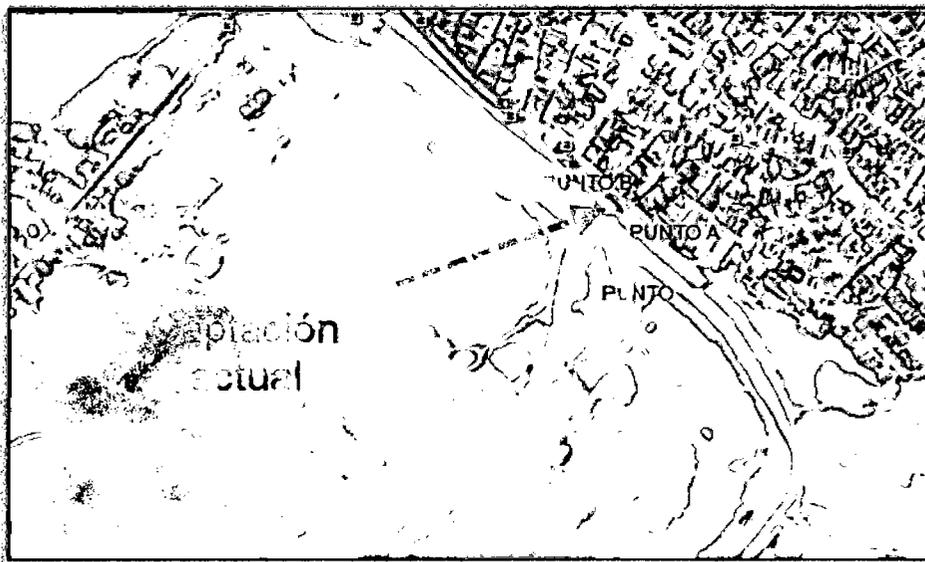


Figura N° 4. 7 Entorno de la estructura de captación - Vista I

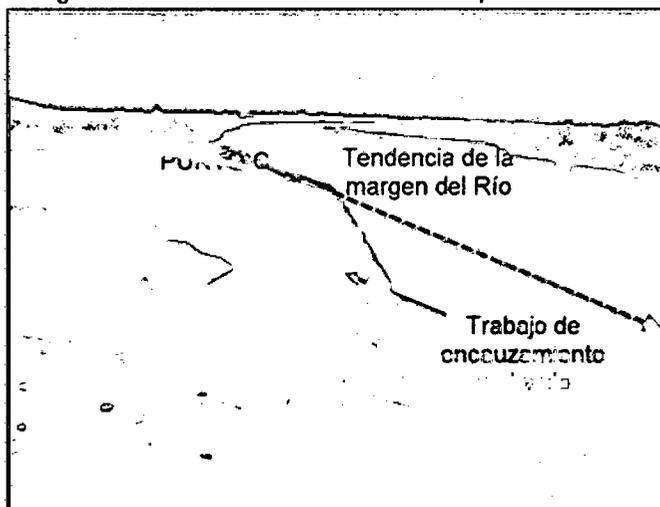


Figura N° 4. 8 Entorno de la estructura de captación – vista II

El mapa de peligros clasifica como **PELIGROSA** la ubicación de la actual captación. Ver A-17 Sección Planos

2º. LÍNEAS DE CONDUCCIÓN - IMPULSIÓN. Ver A-07 Sección Planos

Las líneas de conducción o impulsión se encuentran en mal estado, por lo que es necesario efectuar obras complementarias para el mejoramiento de éstas, además que tienen una antigüedad de 24 años y no reciben el mantenimiento adecuado. El peligro mayor al que están expuestas estas tuberías es la erosión producida por las lluvias torrenciales, que el Niño trae como consecuencia cuando aparece en esta parte del país.



Figura N° 4. 9 Línea de conducción actual de la captación – planta

La principal experiencia de los años 1983 y 1998 (Meganiños) consistió en que, al no encontrarse pavimentadas la mayoría de las calles de Tumbes y debido a la topografía del terreno, que es sumamente accidentado, las lluvias discurrieron en su mayor parte por los tramos de estas líneas, sobre todo en aquellos que llevan agua a otras ciudades, como La Cruz, Zorritos y Corrales. En estos años, varios de estos tramos se vieron afectados cortándose el suministro de agua.

Línea de Conducción de la Captación a la Planta De Tratamiento

No se descartan fallas del suelo como consecuencia del humedecimiento, ya que el tramo 2 –ver capítulo 3 - de esta línea se encuentra en una zona inundable por acción pluvial - Ver A-13 Sección Planos. Este es un sector topográficamente deprimido, por lo que se debe garantizar el buen estado de la pavimentación y/o asfaltado para evitar problemas en la tubería al ejercerse presión en el suelo. El tipo de material en el tramo 1 es de asbesto cemento y no es el adecuado para tan importante línea. El mapa de peligros clasifica como **PELIGROSA** la ubicación del trazo de esta línea de conducción. Ver A-17 Sección Planos

Líneas de Impulsión

El agua que va hacia el reservorio “El Tablazo” – catalogado como el más importante - realiza todo su recorrido (1200 m) por avenidas y otras vías con pendiente pronunciada, además de ser la tubería de asbesto cemento, la cual no

es recomendable porque afecta la salud en el largo plazo. Esta sugerencia se hizo mundial con el dictamen de iniciática SOC/004 en su anexo 05 emitido por el consejo económico social de la Unión Europea en 1999.

La última línea de impulsión construida en el 2008 suministra agua tratada de origen superficial a Nuevo Tumbes, mediante una tubería de PVC de 355 mm desde la estación de rebombeo en el reservorio "El Tablazo" hasta el reservorio elevado Lishner Tudela, está totalmente enterrada a una profundidad de 2 metros y atraviesa las quebradas de Los Ficus y el Pedregal.

La experiencia mostró que, en los períodos de lluvias, estas líneas en general son vulnerables a la erosión, ya que varias de las calles que atraviesan no están pavimentadas, sus trazos cruzan terrenos erosionables y en menor longitud están sobre áreas con probabilidad de derrumbes – Ver **A-11, A-13, A-15 Sección Planos** -.

La importancia de este tipo de líneas – aducción, conducción, impulsión – hace imprescindible la necesidad de protegerlas – en forma integral - contra los desastres naturales, por lo que la profundidad, material y trazo debe ser reglamentado de acuerdo a los mapas de peligro.

El trazo de la línea de impulsión que proviene del Pozo Andrés Araujo-estación Las Malvinas- A.H. Las Malvinas se clasifica como **ALTAMENTE PELIGROSA** de acuerdo con el mapa de peligros por ser el suelo de cimentación blando y tener la napa freática superficial. Ver **A-17 Sección Planos**

3º. UNIDADES DE TRATAMIENTO. Ver **A-07 Sección Planos**

La planta de tratamiento es medianamente vulnerable a los desastres naturales producidos por inundaciones. Esta situación se debe a que muchos de los elementos componentes de estas unidades no son reparados en su debido momento. Esto se evidencia, entre algunos ejemplos, por el hecho de que, algunas veces, los filtros se encuentran sobrecargados.

Esta estructura tuvo que paralizar su operación al quedar sin abastecimiento de agua cruda. Cuando las condiciones del río (turbiedad, nivel de agua, etcétera) lo permitían, el sistema entraba en funcionamiento.

Problema de alta turbidez en el agua

La operación de la planta se ve dificultada a consecuencia de la alta carga de turbiedad, dureza y sales que contenía el agua cruda. En épocas de El Niño muchas veces esta problemática resulta insostenible y simplemente no se procesa agua cruda o se trabaja muy por debajo de la capacidad de diseño.

Sin embargo, la situación es manejable durante los meses de estiaje. Las plantas de tratamiento operan en condiciones normales entre los meses de mayo a noviembre donde se alcanza turbiedades de 60 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) hasta 550 UNT, en éstas condiciones se aplica coagulante sulfato de aluminio en solución en la unidad de mezcla rápida.

Por otro lado, en época de avenidas se han registrado turbiedades que van desde los 600 UNT hasta las 6000 UNT, en éstas condiciones se trabaja sólo por algunas horas, aplicando Policloruro de Aluminio y/o Sulfato de Aluminio con Polímero Catiónico en la estructura de ingreso o cámara de repartición de caudales, con el objetivo de disminuir la turbidez; en la unidad de mezcla rápida se continua con la dosificación de sulfato de aluminio en solución. Esto eleva ostensiblemente el costo de tratamiento, resultando extremo cuando el Niño se presenta.

La falta de energía durante una posible situación de emergencia constituye otro factor a considerar, puesto que la planta tendría que disminuir su eficiencia debido a que sólo se contaría con el suministro de su propio equipo.

La experiencia de 1983 y 1998, enseñó, entre otras cosas, que, debido a los cortes de las carreteras, al producirse una emergencia existen problemas de desabastecimiento de combustible para poder utilizar los equipos de emergencia o grupos electrógenos y los productos químicos necesarios para el tratamiento del agua, como el suministro de los balones de cloro.

Un punto a favor en la planta de tratamiento, son los canales construidos para la evacuación de las lluvias. Debido a que el terreno tiene pendientes hacia estos canales se hace fácil la evacuación de las aguas pluviales que desaguan directamente en las planicies del río.

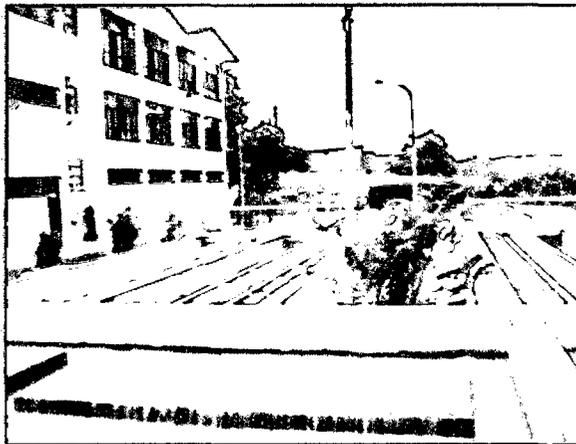


Figura N° 4. 10 Planta de tratamiento de agua – vista 01.

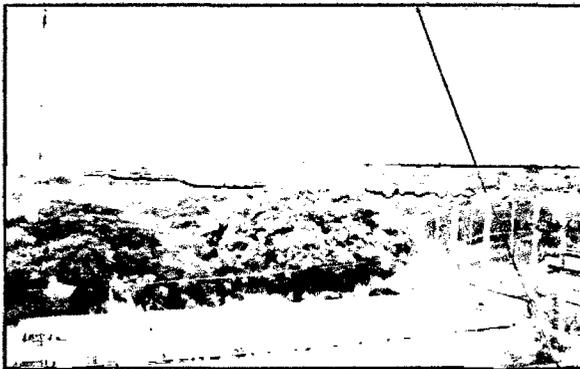


Figura N° 4. 11 Planta de tratamiento, note el alejamiento del río de la planta – vista 02.

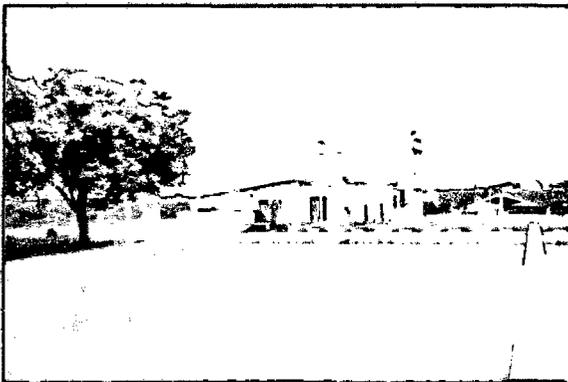


Figura N° 4. 12 Planta de tratamiento – vista 03.

El área donde se encuentra la planta de tratamiento de agua es inundable por acción pluvial - Ver A-15 Sección Planos; el plano de geodinámica interna - Ver A-11 Sección Planos - no descarta el asentamiento por la presencia de perfiles de suelo irregular, por lo que la planta debe tener un sistema de drenaje local, evitando en lo posible la infiltración de agua.

El mapa de peligros clasifica como **PELIGROSA** la ubicación de la planta de tratamiento de aguas. Ver A-17 Sección Planos Se debe estudiar la potencial

amenaza de inundación por desborde o avulsión del cauce del río Tumbes y la erosión que esto conllevaría.

4°. ALMACENAMIENTO, RESERVORIOS DE DISTRIBUCIÓN. Ver A-07 Sección Planos.

La ubicación de los reservorios de almacenamiento es un factor que favorece los desastres naturales, ya que no están adecuadamente localizados considerando la expansión urbana. Por esta razón constituyen un peligro latente para la población. Este es el caso del reservorio "El Recreo", que se encuentra muy cerca a las viviendas y es usado sólo en ciertas ocasiones.

La mayoría de reservorios presentan problemas de permanencia de aguas de lluvia en sus alrededores por encontrarse en zonas planas y altas. Podrían responder desfavorablemente frente un sismo por estar constantemente inundados o presentarse problemas de deslizamiento si éstos se encuentran en pendientes inestables activadas por la alta infiltración.

El reservorio más grande que existe para abastecer de agua a la ciudad - tubería de 500 mm de diámetro - es el llamado R1 "El Tablazo", con un volumen de almacenamiento de 2500 m³. Está asentado sobre terreno plano y presenta mayor seguridad para afrontar los efectos de El Niño. Esta infraestructura data de 1981, año en que fue puesto en funcionamiento, presentando buenas condiciones de conservación en su estado estructural. En general, el reservorio se encuentra en regular estado de conservación. Las tuberías y accesorios que conforman la caseta de válvulas no mantienen su diseño original, puesto que se han efectuado ampliaciones posteriores con el fin de abastecer mediante rebombeo hacia otros sectores (El Mirador y Nuevo Tumbes). Esta infraestructura no cuenta con cerco perimétrico.

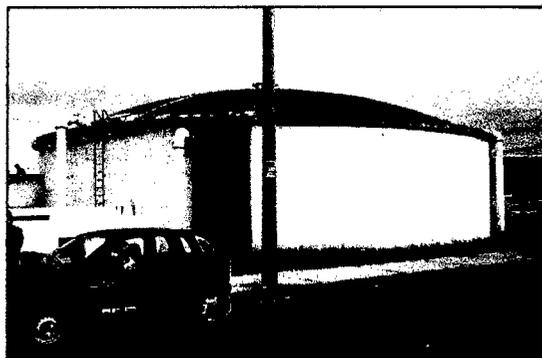


Figura N° 4. 13 Reservorio R1 "El Tablazo". Capacidad de 2500 m³.

Según el mapa de peligros, el tipo de suelo y la posibilidad de derrumbes ubican a este reservorio en el límite entre una zona de PELIGRO MEDIO y una zona PELIGROSA. Ver N° A-17 Sección Planos

El segundo reservorio en la ciudad de Tumbes es el conocido como R2 "El mirador", tiene una capacidad de 1000 m³. Este reservorio cuenta con una tubería de ingreso de 200 mm de diámetro – PVC - proveniente del Rebombeo El Tablazo, abastece a los sectores de 24 de Junio, Malvinas, Pacífico y Ficus. No cuenta con cerco perimétrico y se ubica en un sector con un potencial de derrumbe alto según los estudios de suelo que sirvieron de insumo para la realización del mapa de peligros, por lo que éste mapa cataloga su ubicación como PELIGROSA. Actos de vandalismo son comunes en el lugar.



Figura N° 4. 14 Reservorio R2 "El Mirador". Capacidad de 1000 m³.

Con respecto al reservorio ubicado en la zona de Nuevo Tumbes – R4 "Lishner Tudela" con una capacidad de 1000 m³ -, éste ha sido construido sobre una zona no inundable, además de contar con una losa de concreto en la base, que le sirve de protección contra la erosión causada por el flujo de las aguas provenientes de las lluvias. En general, está en buen estado y tuvo una aceptable respuesta durante el Niño 97-98. Es lugar presenta PELIGRO BAJO según el mapa de Peligros. Ver N° A-17 Sección Planos.

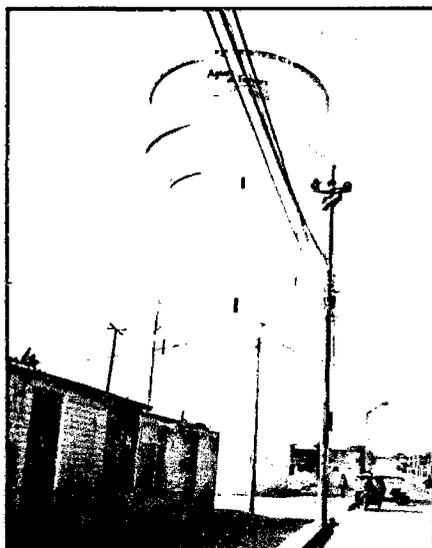


Figura N° 4. 15 Reservorio R4 "Lishner Tudela". Capacidad de 1000 m³.

El otro reservorio que existe en Nuevo Tumbes, el R3 "Andrés Araujo", posee una capacidad de 550 m³, pero no cuenta con el mantenimiento adecuado, pues durante una buena parte del año se observa la presencia de maleza a su alrededor, lo que contribuye al deterioro de las tuberías de ingreso y salida. La base se encuentra desprotegida, por lo que puede existir la posibilidad de erosión de esta base debido a la generación de vórtices de eje horizontal. El mapa de peligro lo ubica en una zona con PELIGRO MEDIO por el tipo de suelo.

Ver N° A-17 Sección Planos

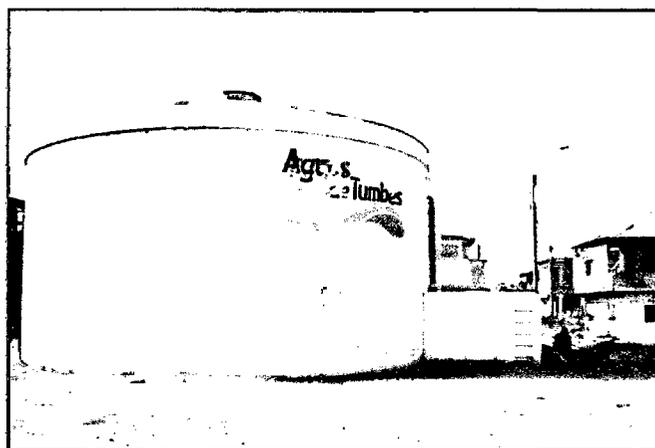


Figura N° 4. 16 Reservorio R3 "Andrés Araujo". Capacidad de 550 m³.

Un tercer reservorio es R5 "Puerto Pizarro", ubicado más al norte de Nuevo Tumbes en las afueras de la ciudad. Cuenta con una infraestructura parecida al reservorio elevado "Lishner Tudela", descrito anteriormente, a continuación se presenta una imagen en la que aparece una pequeña losa de concreto - como protección contra la erosión - en la base del reservorio.

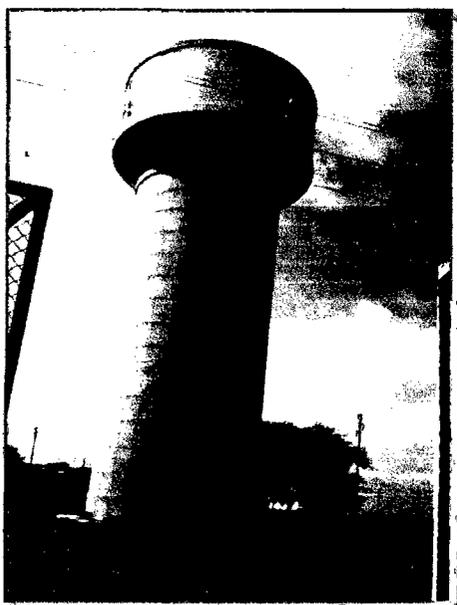


Figura N° 4. 17 Reservorio R5 "Puerto Pizarro". Capacidad de 1000 m³, ubicado en las afueras de la ciudad.

5°. REDES. Ver A-07 Sección Planos

Las redes de agua potable cubren gran parte de la zona urbana; con el objeto de abastecer a las zonas que se encuentran en la periferia, se han instalado a partir de las redes existentes ramales abiertos en los que se han instalado piletas públicas. La longitud de las redes de distribución es de 154,85 km, de las cuales la mayor parte está formada por tuberías de AC. Los diámetros oscilan entre DN 75 mm y DN 400 mm.

La ciudad de Tumbes cuenta con 35 grifos contra incendio operativos, en algunos de estos se realiza la purga mensual, estas purgas en la red se realizan con una frecuencia de 02 veces al mes

ATUSA realizó una toma de presiones en la red de Tumbes y Nuevo Tumbes y se ha determinado que la mesa de presiones varía desde 8,10 metros de columna de agua (mca) a 34,48 mca en el punto más lejano de la red en Tumbes y en Nuevo Tumbes varía de 5,00 mca a 10,35 mca.

La red de agua potable de la ciudad de Tumbes es maniobrada por los operadores, realizando labores de purga en la red de distribución de agua potable, reparaciones de las tuberías de agua potable y alcantarillado.

Es importante también, mencionar que la red no cuenta con válvulas de purga y aire, recomendado su instalación en zonas predefinidas lo cual permitirá mejorar la calidad de agua en las zonas bajas donde se acumula sedimentos principalmente en las épocas de avenidas donde la turbiedad aumenta, así mismo se logrará incrementar la presión y continuidad en las zonas altas, donde generalmente se acumula aire en las tuberías, impidiendo el transporte del agua.

Muchas de las redes de distribución de agua ya han cumplido su período de diseño, por lo que se encuentran en malas condiciones en muchos tramos. Algunos materiales aún son de asbesto cemento y concreto simple. En zonas con napa freática alta, como en la parte baja de la ciudad (barrio "San José" y A.H. "Las Malvinas"), se presentaron hundimientos de suelo seguido de un colapso de tuberías y roturas de éstos, produciéndose grandes fugas visibles, así como otras menores, generando pérdida de presión y el consiguiente desabastecimiento.

En caso de inundación, la problemática de las redes es mayor debido a la larga permanencia de las aguas de lluvia, lo que se agrava al presentarse las grandes inundaciones generalizadas, produciéndose, al perder el suelo su resistencia al corte, grandes presiones sobre las tuberías de agua, por lo que estas tuberías se desplazan y/o colapsan.

Además, se generan focos infecciosos contra la salud, desencadenándose brotes de enfermedades. (El presente estudio incluye datos estadísticos y explicaciones al respecto.)



Figura N° 4. 18 Fallas en Tuberías

Problemas específicos se presentaron en el barrio San José, al colapsar el adoquinado de las calles, ocasionando que las redes existentes se hicieran vulnerables al tipo de erosión ya explicado anteriormente.

La probabilidad de colapso en el cruce de las tuberías con las quebradas es alta, ya que solo están tendidas sin ninguna obra que mitigue el efecto de erosión.

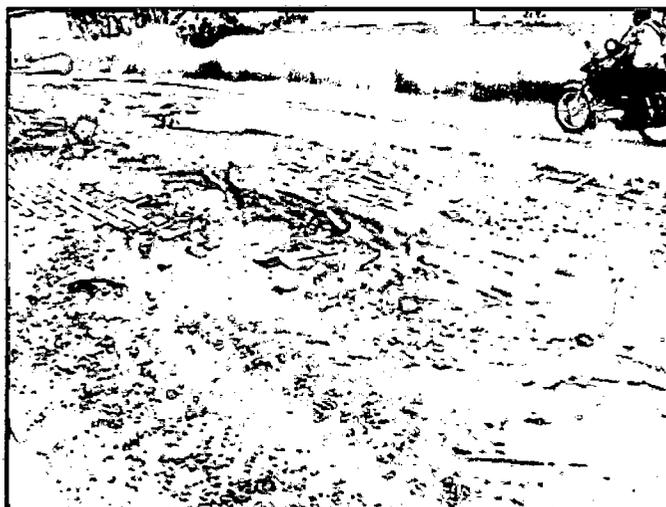


Figura N° 4. 19 Adoquines colapsados en el sector San José bajo; redes vulnerables a la erosión.

En general, y de acuerdo al mapa de peligros, toda la parte baja del sistema de agua se encuentra en una zona **ALTAMENTE PELIGROSA**, las razones son las mencionadas anteriormente. Ver N° A-17 Sección Planos

Conexiones Deficientes

Algunas redes matrices sufren constantemente roturas debido a su antigüedad y a la falta de mantenimiento. El estado que presentan las tuberías de alcantarillado es deficiente. La mayor parte de estas ya han cumplido su período de diseño, y se encuentran trabajando sobrecargadas, por lo que necesitan el cambio de sus diámetros. El mal estado de las conexiones domiciliarias es común en gran parte de la ciudad.

Muchas conexiones estaban ubicadas en zonas erosionables debido a las fuertes pendientes del terreno, lo que ha ocasionado roturas en las líneas de agua y desagüe. Hasta el año 1983, un 75% de los terrenos donde estaban construidos los sistemas de agua potable y alcantarillado, se encontraban sin asfaltar, por lo que las tuberías estaban desprotegidas contra la erosión.

El S A y A de la ciudad antigua, sufren frecuentemente los mayores daños, debido a que su período de vida útil ya se ha cumplido.

6°. POZOS Ver A-07 Sección Planos

La otra fuente de abastecimiento la constituye el agua subterránea obtenida mediante pozos tubulares o anillados. El agua proviene del río Tumbes. Por la falta de equipos y/o mantenimiento, en casi todas las tuberías de impulsión de estos pozos se produce el golpe de ariete, que deteriora las estructuras de las casetas de bombeo, produciéndose rajaduras en los pisos y paredes de estas.

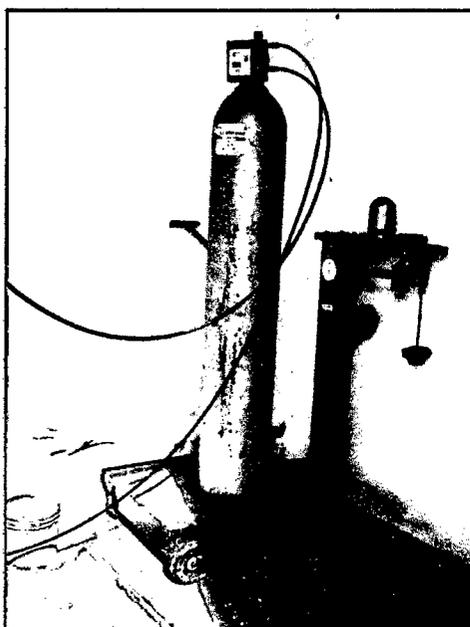


Figura N° 4. 20 Sistema de cloración en los Pozos -
nótese la vulnerabilidad a caer ante un evento
sísmico

Dos de los pozos construidos en la ciudad de Tumbes, sobre todo el ubicado en el campamento del Proyecto Binacional Puyango – Tumbes, corren el riesgo de contaminación al ingresar el agua de las lluvias, ya que se encuentran ubicados en una zona inundable por las precipitaciones.

i. POZO TUBULAR “LISHNER TUDELA”:

Diseñado para un rendimiento de 25 l/s, presenta una electrobomba sumergible y posee una línea de impulsión al reservorio elevado del mismo nombre, de \varnothing 8” de asbesto cemento. Casi en su totalidad está enterrado a una profundidad media de 2m.

El pozo se encuentra ubicado en una zona plana con un bajo riesgo de inundación. Sin embargo, la zona no podría inundarse por un tiempo prolongado debido a que el área en mención y los alrededores drenan el agua a la quebrada

El Pedregal. El pozo es vulnerable a la erosión por encontrarse rodeado por calles sin pavimentar y por no poseer protección en la base. Como consecuencia de lluvias extraordinarias, los flujos de agua ya han disminuido la cota del suelo.

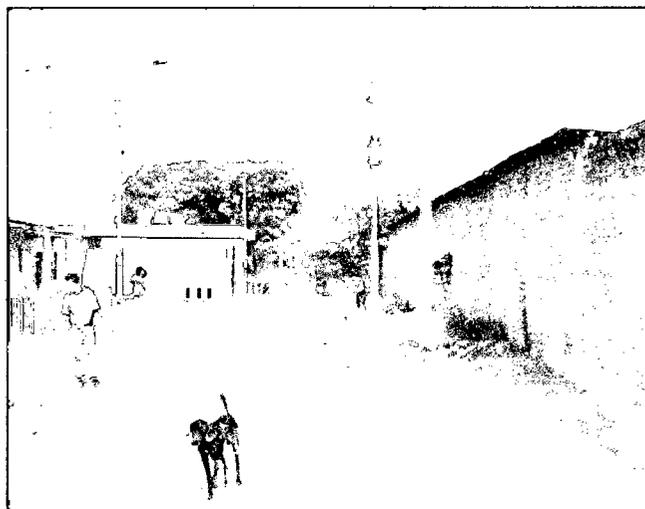


Figura N° 4. 21 Pozo Lishner Tudela

El mapa de peligros clasifica con PELIGRO BAJO la ubicación de este pozo. Ver A-17 Sección Planos Se debe estudiar la potencial amenaza de estratos salinos existentes, ya que cuando la napa freática sube considerablemente a causa de El Niño puede infiltrarse en este tipo de suelo.

ii. POZO TUBULAR “PUYANGO” O “ANDRES ARAUJO”:

Ubicado en un área perteneciente al Proyecto Especial Binacional Puyango – Tumbes, tiene un rendimiento de 16 a 18 l/s. La línea de impulsión, desde el pozo hasta el reservorio apoyado de 550 m³, es de 1500 metros aproximadamente y \varnothing 6”; de asbesto cemento.

La ubicación de este pozo en el campamento ya mencionado lo hace vulnerable a las inundaciones, ya que está situado en una zona de depresión hacia donde fluye y se acumula el agua de lluvia, peligrando la calidad del agua del pozo, que podría, asimismo, contaminarse.

Este pozo se ve afectado constantemente por el golpe de ariete producido en la línea de impulsión. Mala operación y/o corte de energía son las principales causas; el impacto que produce este fenómeno en la estructura del pozo se ve reflejado en las rajaduras que se observan en el piso de esta caseta, causadas

por la disipación de esta presión negativa. Este pozo cuenta con un sistema de cloración administrado directamente en la tubería de impulsión por inyección de cloro gas. La infraestructura está agrietada en sus paredes.

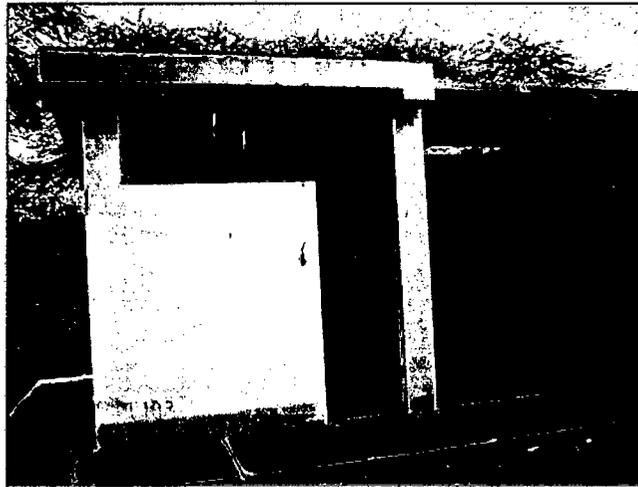


Figura N° 4. 22 Pozo Andrés Araujo - Vista 01



Figura N° 4. 23 Pozo Andrés Araujo - Vista 02

El mapa de peligros ubica este pozo en el límite de una zona ALTAMENTE PELIGROSA amenazada por la quebrada Pedregal, y una zona con PELIGRO MEDIO. Ver A-17 Sección Planos Se debe estudiar con mayor detalle la influencia de la quebrada Pedregal en este pozo, pues podría ser muy determinante cuando El Niño se presente.

iii. POZO N° 5

Este es un pozo construido en los últimos dos años, cuenta con cerco y está ubicado en una zona no inundable que presenta PELIGRO BAJO según el mapa de peligros.

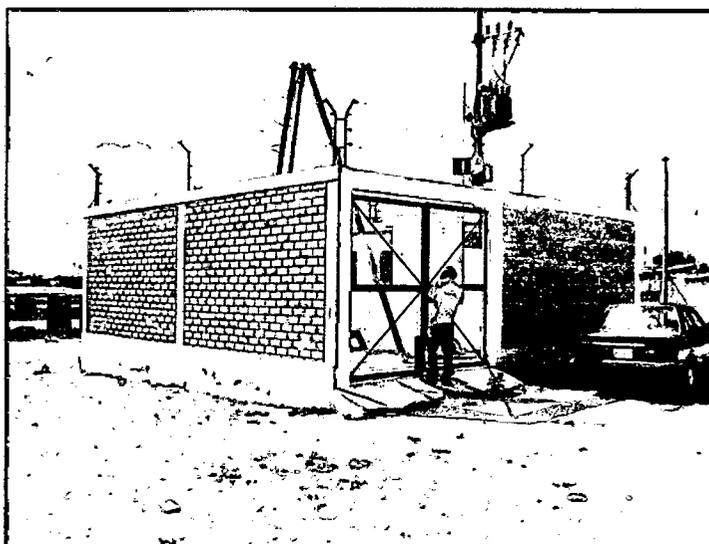


Figura N° 4. 24 Pozo N 5

Este pozo funciona las 24 horas del día, uno de los problemas que viene presentando este pozo es la presencia de arena en el agua extraída de acuerdo a lo manifestado por personal operativo, lo cual viene ocurriendo desde la fecha que entro en operación – 2005 -. Los equipos de bombeo se malogran constantemente, por lo cual existe la posibilidad de que el pozo se encuentre arenado. Esto podría empeorar con el Niño cuando el aumento de las precipitaciones altere la napa freática.

iv. VULNERABILIDAD DE LOS POZOS:

En 1983 y 1998, durante la emergencia producida por las inundaciones causadas por el Niño, muchos de estos pozos fueron afectados por el corte de energía eléctrica, sufriendo desperfectos permanentes.

En consecuencia, la vulnerabilidad que presentan los pozos se debe al golpe de ariete producido por la falta de energía. La falta de mantenimiento de los equipos influye en la poca respuesta que presentan cuando el Niño se presenta. No existe un control histórico del rendimiento de los pozos, y algunos no cuentan con un cerco de protección adecuado contra inundaciones.

4.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS OCURRIDOS EN 1982-83 Y 1997-98 - FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

COMPONENTES		DAÑOS	RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACION
CAPTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Captación Superficial 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en la bocatoma de concreto por erosión, incluyendo válvulas y accesorios. • Pérdida de la fuente de agua por alejamiento del río en la captación por cambio de curso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar estudios para su ubicación, evitando su construcción dentro del cauce del río. • En la captación, cimentar a suficiente profundidad para evitar su desestabilización por erosión de fondo. La entrada de agua debe ubicarse a adecuada profundidad del nivel del río, para evitar el ingreso de materiales flotantes. Proteger la entrada de agua con rejillas, con el mismo fin. • En el río.- Partiendo de la base que la información es correcta, efectuar estudios hidrológicos/hidráulicos, para conocer su régimen y estimar el volumen y nivel de captación de agua, y su potencial para explotaciones futuras. • En la bocatoma.- Levantamiento topográfico preciso, estudio geológico, geotécnico, hidrogeológico, para estimar el efecto sísmico, peligro de inundación, y su consecuente erosión y potencial deslizamiento. Consultar con los pobladores sobre la ocurrencia de eventos extraordinarios que hayan afectado la zona seleccionada para la captación.
	<ul style="list-style-type: none"> • Galerías filtrantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños por erosión en las cámaras de inspección. • Interrupción del sistema por colmatación del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el río, determinar el potencial de erosión de fondo para evitar daños en las galerías filtrantes. • Se debe tomar en cuenta en la etapa de diseño, que las cámaras de inspección tengan una altura mayor a la máxima inundación que se da en la zona donde se ubican las galerías filtrantes., • Considerar la impermeabilización superficial necesaria para que el agua captada no sea contaminada por aguas superficiales
	<ul style="list-style-type: none"> • Pozos de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • La inundación puede afectar las instalaciones eléctricas e hidráulicas. • Las tuberías colapsan por golpe de ariete causado por corte de energía. • Daños estructurales y no estructurales en edificaciones por presión de agua y erosión en la cimentación. • Contaminación de la napa freática por ingreso de aguas superficiales. • Contaminación del agua extraída por elevación del nivel freático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar estudios hidrogeológicos para ubicar el pozo. • Durante la etapa de diseño se debe prever los accesorios necesarios para mitigar el corte de energía eléctrica. • Utilizar los mapas de peligro en la ubicación de los pozos y manejar un adecuado estudio de mecánica de suelos, evitando en lo posible suelos salinos. • Formular estudios geológicos y geotécnicos permiten determinar la estabilidad de las paredes del pozo frente a la erosión y posible deslizamiento o hundimiento asociado. • Prever adecuados cercos y/o estructuras de protección contra la erosión. • Estudiar la posibilidad de instalar de un grupo electrógeno en situaciones de corte energía. • Estudiar la posibilidad de mitigar daños causados por el golpe de ariete usando métodos como el uso de acumuladores o chimeneas de equilibrio.

COMPONENTES		DAÑOS	RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)	<ul style="list-style-type: none"> • Presas de tierra: Estanque regulador 	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión de muros y taludes en presas de tierra. • Se pierde capacidad de almacenamiento y puede ocasionar colapso de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Estudios de microzonificación multiamenaza y utilizar el mapa de peligros previos al desarrollo del plan general de distribución de los componentes de la PTAP. • Proponer ante las autoridades correspondientes de la cuenca, la instalación de Estaciones de alerta para optimizar la comunicación sobre la presencia de grandes avenidas o inundaciones que puedan afectar los componentes del sistema y la PTAP. • Durante la etapa de diseño o de rehabilitación, estudiar la incorporación de una capacidad de almacenamiento de reserva (antes y/o después de la PTAP) que permita el abastecimiento a los usuarios por un periodo de tiempo que puede ser determinado en función a un estudio de vulnerabilidad de los componentes del sistema. • En lo que respecta a los estudios de sitio, los mismos que para las presas de tierra. Seleccionar la mejor ubicación posible utilizando los mapas de peligros. • Orientar los diseños para el funcionamiento hidráulico (por gravedad) de las PTAP. • Considerar como necesario tener equipos de generación eléctrica de emergencia, principalmente para el funcionamiento de las bombas. • Durante la etapa de diseño se deben detallar todos los elementos que se deben proponer para proteger las estructuras y definir la elaboración de los estudios de vulnerabilidad requeridos por el sistema propuesto. • Considerar que los equipos y documentos técnicos se ubiquen en partes altas, para evitar que se deterioren durante las inundaciones. • Las tuberías y niples utilizados en las casetas de válvulas de control deben de ser de fierro dúctil u otro material inoxidable. • Si la PTAP ha tenido que ubicarse en un área inundable, en la etapa de diseño se deben establecer elementos (obras civiles u otros) que protejan a las estructuras de casos de inundaciones o deslizamientos de sedimentos. Debido a la amenaza que representa las crecidas en los ríos para determinas PTAP ubicadas muy cerca de los cursos de agua, se debe estudiar la posibilidad de protección con defensas ribereñas para impedir la erosión, usando técnicas como gaviones, enrocados, etc.
	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras de concreto armado: <ul style="list-style-type: none"> - Desarenadores - Decantadores - Floculadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión y colmatación causan daños en tuberías, accesorios, y muros de concreto armado. • Sedimentación en la tubería ocasiona pérdida en el diámetro útil. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías, uniones, válvulas, • Bombas de agua. • Sistemas de Desinfección: • Precloración • Cloración 	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame o contaminación de los productos químicos. • Daños en sistemas eléctricos por exposición al agua, que pueden generar la paralización de las labores en la planta. • Daños estructurales y no estructurales en edificaciones por presión de agua y erosión de la cimentación. • Los sistemas de bombas de agua sufren daños por golpe de ariete como consecuencia de una interrupción súbita del suministro eléctrico. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Edificaciones • Oficina de Control y manejo de planta. • Laboratorios • Almacenamiento • Cercos 	<ul style="list-style-type: none"> • Al inundarse las edificaciones se pierde o deteriora la información técnica. 	

COMPONENTES	DANOS	RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACION	
LÍNEAS DE CONDUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías, uniones y válvulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños y pérdidas de tramos de tuberías por erosión al activarse quebradas y ríos secos, o al aumentarse el caudal, (Trazo de línea paralela o que cruzan ríos o quebradas), ocasionando despalmes en uniones de las tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar estudios de microzonificación simplificado que permitan desarrollar el mapa de peligros para el definir el trazo de la conducción. • Proteger las tuberías en los cruces de los cursos de agua donde pueden ser erosionadas y/o arrastradas aguas abajo. • Para casos en el que el trazo de la línea cruce necesariamente por zonas con suelos que pueden colapsar ante la presencia de inundaciones, utilizar tuberías flexibles y/o dúctiles resistentes (HDPE - HD). • Las tuberías en lo posible no deben cruzar quebradas ni tener el trazo paralelo a éstas si la distancia es muy corta (ubicadas en la planicie de inundación). Si ello es inevitable deben utilizarse tuberías de materiales y uniones altamente resistentes a la erosión y/o utilizarse obras civiles como sifones invertidos o acueductos. Si se emplea la primera solución debe estimarse la socavación del cauce y si se emplea la segunda solución se debe calcular el nivel máximo para la avenida de diseño y proporcionarle un gálibo adecuado. Además, se debe estimar la socavación en los elementos de apoyo si éstos se encuentran dentro del cauce. • Para los casos de que existan zonas por las cuales cruce el trazo de la tubería y que de todas maneras colapsarán ante inundaciones o activación de quebradas, previa a la etapa de operación, se deberá elaborar un plan de emergencia que establezca las condiciones para restablecer el servicio en un tiempo razonable, lo cual implica entre otros; la existencia en los almacenes de la EPS una longitud de la tubería que se espera colapse. Tomar las debidas precauciones para evitar inundaciones en las casas de bombas. Los cercos y/o muros de defensa son una opción. • Se debe tener un conocimiento previo del daño ante el evento. La entidad debe tener planes de contingencia y un Plan de Operaciones de emergencia para luego tener capacidad de corregir y mitigar el daño. Hay trazos que no se pueden evitar que pasen por razones vulnerables y no se soluciona con la localización, por lo tanto se debe considerar como parte de la inversión un porcentaje de la tubería para posterior stock. • Promover un proyecto de ley sobre estudios de vulnerabilidad para garantizar su utilización y fortalecimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de Bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltración de agua y sólidos en tramos colapsados, ocasionando pérdida en calidad de agua y la reducción del diámetro útil de las tuberías. 	

COMPONENTES		DAÑOS	RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
ALMACENAMIENTO	• Tanques cisternas	<ul style="list-style-type: none"> • La erosión en la base de las construcciones las desestabilizan. Si se tratan de tanques enterrados y el área es inundable, y si se erosiona la cobertura, flotan y puede ser arrastrados aguas abajo. • Hundimiento y/o deslizamiento y pérdida de estabilidad por saturación del suelo. • Pérdida de la estructura por activación de ríos o quebradas secas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los reservorios deben ser colocados en zonas seguras, evitando las zonas inundables. La inundación puede desenterrar las estructuras y luego arrastrarlas en la dirección de la corriente. • En caso de cisternas, verificar que se haya considerado el nivel de la napa freática en el diseño de la cimentación, pues pueden flotar si no están llenos. • No construir reservorios en suelos con potencial de deslizamientos debido a una severa infiltración. En el caso de reservorios apoyados en zonas altas (cerros), la construcción de canales a modo de drenes en la parte alta disminuiría la posibilidad de deslizamiento. • Se deben prever sistemas de drenaje superficial y sub superficial, según sea el caso, con la finalidad de proteger la cimentación de los reservorios. • Evitar suelos colapsables. Realizar estudios específicos de mecánica de suelos, incluyendo la determinación del potencial de colapso y de licuación. • Prever adecuados cercos y/o estructuras de protección contra la erosión.
	• Reservorio apoyado		
	• Reservorio elevado		

COMPONENTES		DAÑOS	RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
ADUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN	• Líneas de Aducción	• Idem líneas de conducción.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar las redes de distribución de agua en circuitos que permitan aislar con válvulas, sectores con amenaza de inundación o posibles desbordes de quebradas o ríos. • En las zonas donde se espera que colapse el suelo ante una inundación se debe instalar tuberías flexibles resistentes. Asimismo, aislar la zona con válvulas. • Cada cierto sector se debe ubicar surtidores que permitan abastecer con agua a los camiones cisternas en situaciones de emergencia. Los grifos contra incendios se pueden utilizar como surtidores. • Recomendar pavimentar las calles con pendientes pronunciadas y/o aquellas de material fácil de erosionar por cursos de agua. En los casos de que se ejecuten obras conjuntas de pavimentación, se deben proyectar pavimentos que sirvan como drenaje urbano. La sección de la calle no debe ser plana sino bombeada. • Las conexiones domiciliarias se deben diseñar con tuberías flexibles resistentes para que no colapsen ante los efectos de una inundación. • En las zonas donde existe probabilidad de inundaciones o en terrenos escarpados las cajas de medidor deben ir en la pared de las viviendas.
	• Redes Matrices	<ul style="list-style-type: none"> • Daños por erosión en quebradas con gran pendiente. P.e. quebradas de Tumbes El Niño 1982-83 y 1997-98 • Las tuberías matrices y de distribución son desenterradas, arrastradas aguas abajo y dispersadas en tramos sin protección- calles no asfaltadas. 	
	• Redes secundarias	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de las tuberías por asentamiento del suelo como consecuencia de la saturación del suelo. • Deterioro de las válvulas de control y cámaras de purga y aire. 	
	• Conexiones domiciliarias	<ul style="list-style-type: none"> • Daños típicos por erosión en calles no pavimentadas. 	

La información desarrollada en este capítulo puede complementarse con un "PANEL FOTOGRÁFICO TUMBES ABRIL – JULIO 2010" ubicado en el ANEXO 05.

Capítulo V ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

5.1 ENSEÑANZAS DE EFECTOS DE EL NIÑO EN LA COSTA NORTE.

Las principales problemáticas que se presentan cuando ocurre el fenómeno de "el Niño" son los desbordes, inundaciones, avalanchas de lodo y arrastre de sedimentos. Estos ocasionan importantes daños, en algunos casos colapsos, de los S A y A en ciudades del noroeste peruano.

A continuación se mencionan los principales problemas presentados en cada ciudad.

A. PIURA

En Piura, según una investigación de tesis en la UNI – Ref. Bib. N° [1] - el 90% de los drenes construidos para la evacuación de aguas pluviales funcionó correctamente en el año 1998, esto representó que el Sistema de Alcantarillado no sufriera los daños de 1983. En el caso específico de Piura, los daños se focalizaron en el sistema de alcantarillado de aquellos sectores que no contaron con un adecuado drenaje pluvial y/o no contaron con el mantenimiento de sus drenes.

Esta ciudad, al igual que Chiclayo, es considerada topográficamente una ciudad plana. La principal característica del sistema de alcantarillado en ciudades planas es la pendiente de diseño para las tuberías, que en su mayoría es la mínima posible con el propósito de abaratar costos. **Figura N° 5.1.**

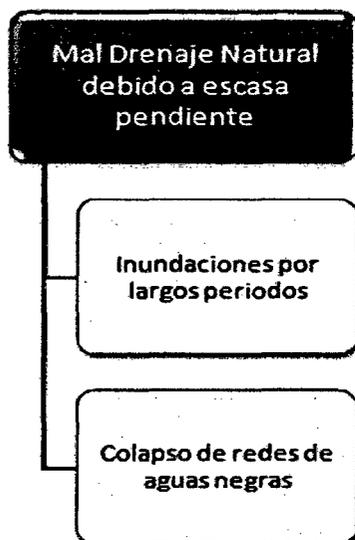


Figura N° 5. 1 Problemática en Piura y Chiclayo

Principales daños ocurridos en 1997 -98 en el S A y A de la ciudad de Piura:

CURSOS DE AGUA QUE GENERARON INCONVENIENTES EN EL S A y A	PROBLEMAS PRESENTADOS
Río Piura	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en colectores de desagüe e infraestructura de bombeo en las poblaciones de Piura y Castilla. • Afectación de la calidad de agua por sedimentos en suspensión en varios poblados del departamento. • Inundación asentamientos humanos El Indio y Primavera por daños en colectores. • Lluvias torrenciales causan anegamientos, colmatación de drenes, caída de cerros en Malpaso.

B. SULLANA

Principales daños ocurridos en 1997 -98 en el S A y A de la ciudad de Piura:

CURSOS DE AGUA QUE GENERARON INCONVENIENTES EN EL S A y A	PROBLEMAS PRESENTADOS
Espacios intercuenales Quebradas Activadas: Bellavista, Cieneguillo, Cola de Alacrán	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso de la línea de conducción por inundación. • Daños en redes de alcantarillado de Sullana. • Desbordamiento del canal vía que evacua las aguas de las quebradas El Alacrán y Cieneguillo (900 familias damnificadas). • Exceso de lluvias produjo daños en redes de alcantarillado de la ciudad.

C. TALARA

Esta ciudad es abastecida por aguas tratadas en la planta de "El Arenal". Es de este lugar que el agua es conducido por el llamado eje "Paita – Talara"; el tramo de la línea de conducción hacia Talara fue el más afectado. El sistema de Alcantarillado colapsó por la excesiva cantidad de agua en él.

Principales daños ocurridos en 1997 -98 en el S A y A de la ciudad de Talara - Eje Paita Talara:

CURSOS DE AGUA QUE GENERARON INCONVENIENTES EN EL S A Y A	PROBLEMAS PRESENTADOS
Quebradas activadas: Pariñas, Sechura	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de la tubería principal de agua potable (Quebrada Sechura). • Roturas en Tuberías que cruzan las quebradas Pariñas I y II (Km 1098) y Quebrada Débora Km 1169. • Lluvias excesivas causan anegamiento de la ciudad de Talara.
Río Chira	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso de puente Simón Rodríguez sobre el eje Paita- Talara. • Afectación de la calidad del agua.

Las operaciones del eje Paita-Talara se paralizaron tras la caída de unos 14 metros del puente Acholao con tubería pesada. La causa del accidente fue la fuerte creciente de la quebrada "El Acholao". Una parte de la estructura de apoyos H se perdió ya que algunos chatarreros se llevaron parte del material de fierro cuando se presentó el problema. Este corte y el de la quebrada Débora fueron los más graves de los cuatro tramos donde se rompió el eje de suministro de agua desde la planta de tratamiento El Arenal. Todo esto provocó una interrupción mas en el servicio de agua en la ciudad de Talara, Negritos, El Alto y Lobitos.



Figura N° 5. 2 Eje Paita – Talara, tramo en reparación.

Un día más tarde en el mismo verano de 1998, las aguas se llevaron 60 metros del puente Simón Rodríguez – río Chira - y, con ellos, cien metros de tubería del mismo Eje Paita – Talara. Los 135 mil habitantes de Talara vivieron un prolongado martirio por la escasez de agua para poder beber o asearse. La lluvia fue su única opción de abastecimiento de agua durante largos periodos de

tiempo. Recién este año – 2010 – se inauguró este puente, sobre el cual esta instalado nuevamente la tubería.



Figura N° 5. 3 Tramo del Eje Paita – Talara arrasado quebrada La Débora.

Actualmente, La administración del importante Eje Paita – Talara está a cargo de EPS GRAU, empresa prestadora de servicios básicos en casi todo el departamento. El tramo en mención sobre el reconstruido puente Simón Rodríguez no está en funcionamiento; EPS GRAU afirma que existen dos problemas importantes en dicha longitud de tubería que impiden su uso adecuado: (La Fig N° 5.4 ilustra estos dos inconvenientes).

- ✓ El nivel de la tubería nueva - que está sobre el tramo del puente reconstruido - no es el mismo que el de la tubería que usualmente solía atravesar el puente. Ante esto, la necesidad de una pequeña longitud de tubería en forma de codo – a modo de junta - se hace imprescindible, sin embargo, se deben considerar elementos para soportar el impacto en el punto de cambio de dirección del agua. EPS GRAU requiere de fondos para desarrollar tal solución y hasta el desarrollo de esta investigación no se han tomado cartas en el asunto, esto debido a trabas administrativas y políticas.
- ✓ No se desarrollaron estudios adecuados para determinar el tipo de anclaje que debió tener la tubería al puente. Ingenieros locales no consideran óptima la forma en la que la tubería se encuentra suspendida en el puente.

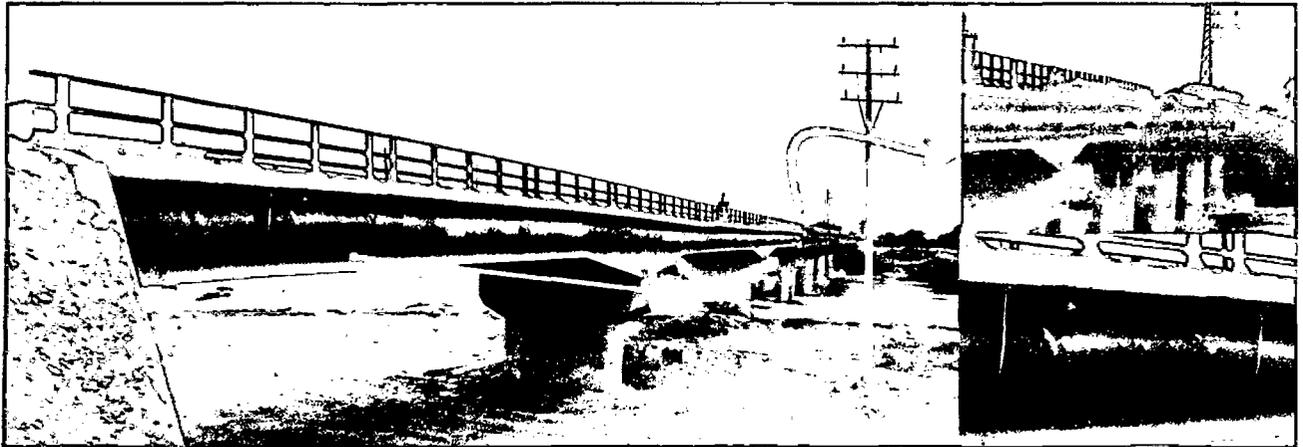


Figura N° 5. 4 Tramo reconstruido del Eje Paíta Talara sobre el Puente Simón Rodríguez.

Además, el eje Paíta Talara – en su tramo a Talara - atraviesa numerosas quebradas que por largo tiempo permanecen secas y en temporadas de lluvias están se convierten en ríos con caudales considerables, la capacidad de erosión de estos cursos de agua es importante y los tramos de tubería que las atraviesan son muy vulnerables – con posibilidad de colapso - a ser arrastradas por el flujo que se presenta.

El tipo de estructura predominante que sostiene este eje de tuberías son unos pilotes de concreto, muchos de los cuales fueron erosionados de una manera significativa en sus cimentaciones y/o arrasados por cursos de agua en las quebradas el verano del 98. Ver Figura N° 5.5. En los últimos años, estos pilotes han venido siendo cambiados paulatinamente por estructuras de acero, siendo el problema actual los constantes robos de fierro de estas estructuras para ser vendidos como chatarra. En la Figura N 5.6, a la izquierda, nótese la altura erosionada en el cimiento del pilote de concreto, en la derecha se muestra el problema actual con las armaduras de acero, que son robadas y vendidas por chatarreros.



Figura N° 5. 5 Eje Paíta Talara. Tramo sobre una importante quebrada activada durante el Niño.



Figura N° 5. 6 Pilote de concreto erosionado.

D. CHICLAYO

En la ciudad de Chiclayo la información durante El Niño 1997-98 reveló que el desagüe se colmató, pero prácticamente no hubo daños en el sistema de agua. Sin embargo, algunas poblaciones vecinas sufrieron la inundación del río Reque.

CURSOS DE AGUA QUE GENERARON INCONVENIENTES EN EL S A y A	PROBLEMAS PRESENTADOS
Río Reque	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a redes de abastecimiento de las poblaciones La Victoria, Oyotun, Olmos, San José, Nueva Arica por inundación del río. • Afectación de emisor y colectores de la ciudad de Chiclayo y Distrito Chiclayo por inundaciones.

5.2 PRESENTACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.

Con respecto a la red de alcantarillado, para el año 82-83 sólo se contaba con ella en la "Ciudad Vieja", es decir el 60% del área urbana. En el resto se usaban pozos sépticos. En "Nuevo Tumbes" se tendieron redes los años 1995 -96. La ciudad de Tumbes se ha expandido, lo que ha obligado a aumentar la red de alcantarillado, particularmente construidas después de El Niño 97-98.

Este sistema es, en la actualidad, el sistema vital más vulnerable de la ciudad de Tumbes. En los años 1983 y 1998 se puso en evidencia y se confirmó esta afirmación.

El grado de deterioro de la red es grande, esto es evidente por la constante rotura de tuberías en la ciudad, inundándola con aguas negras creando focos infecciosos ya desde los años 82-83; estos se hacen presentes sobre todo en la parte baja. Según los ingenieros del lugar, la red está tendida con diferente tipo de material en toda la ciudad; se han hecho reparaciones y se han modificado diámetros y materiales.

Muchos tramos de tuberías de desagües son incapaces de soportar el caudal que reciben en épocas de lluvias, produciéndose atoros en ciertas zonas de la ciudad, durante casi todo el año. Factores que influyen en el colapso del sistema son: la antigüedad de muchos elementos, la pérdida de resistencia al corte de los suelos por humedecimiento y la presencia de sales en ellos mismos. Entre los materiales más afectados está el concreto normalizado en tuberías, así como ciertos buzones.

En la **Figura N° 5.7.** se muestra un buzón colapsado en el barrio San José, esta imagen fue tomada en abril del 2010 y evidencia una falta de capacidad de conducción del sistema. Las aguas de la ciudad antigua de Tumbes llegan a esta zona produciendo el colapso del sistema en este sector incluso sin Niño. El sistema debe ser rediseñado para la recolección de las aguas únicamente negras; el sistema de drenaje de aguas pluviales tendrá que ser un sistema autónomo y diferenciado del de alcantarillado. Es evidente que la situación empeoraría con el Niño.



Figura N° 5. 7 Diagnóstico actual del Sistema de Alcantarillado.

En general, este sistema presenta una limitada capacidad de respuesta ante inundaciones y lluvias intensas. Algunos aspectos por tomar en consideración son:

- ✓ Carencia de equipos electromecánicos y grupos electrógenos de emergencia.
- ✓ Escaso mantenimiento de los equipos y del sistema en general.
- ✓ Limitado número de equipos de limpieza de colectores. La gran cantidad de agua – más de lo estimado en el diseño - que ingresa al sistema sumada a este factor de falta de mantenimiento y limpieza produce que muchas de las tuberías empiecen a trabajar a tubo lleno, es decir, ocurre una presurización en muchos tramos. En consecuencia, se generan importantes brotes de agua en puntos del sistema, tanto en las viviendas como en los buzones.
- ✓ Colapso - hundimiento y presencia de desplazamientos en ciertos tramos de las tuberías afectadas por las inundaciones.
- ✓ No existe sistema de drenaje pluvial en la ciudad. Al respecto, algunas quebradas han sido encausadas con la intención de drenar agua.

1º. CÁMARAS DE BOMBEO. Ver A-08 Sección Planos

El sistema de bombas no cuenta con mantenimiento preventivo y necesita ser equipado con diversas unidades, tales como un número conveniente de electrobombas. El sistema de bombeo, en general, debido a los grandes caudales que tiene que soportar durante las inundaciones, trabaja sobrecargado, además de recibir grandes cantidades de sólidos provenientes de las aguas de

lluvia, todo lo cual deteriora los equipos de bombeo y ocasiona inundaciones en toda la zona, afectando también a los equipos eléctricos. Lo acontecido en el 98 con la cámara de bombeo **El Coloma** es un ejemplo de esto:

En el equipamiento original de diseño, dicha cámara contaba con dos (02) bombas dedicadas al bombeo de aguas servidas y dos (02) bombas para eliminar las aguas de lluvia, actualmente sólo funciona una y es para los desagües domésticos, ya que 02 colapsaron en el verano del 98 y una está en desuso.

Además, cuatro de las cinco cámaras de bombeo se ubican en zonas altamente vulnerables a las inundaciones y en suelos blandos, tanto en el caso de aquellas causadas por el desborde del río como también debido a las ocasionadas por las lluvias. Estos lugares están sobre suelos con napa freática superficial – Ref. Bib N° 15 -, lo que las convierte también en vulnerables a los efectos sísmicos porque potencialmente podría ocurrir licuefacción. Solo dos cuentan con cerco perimétrico de protección. **Ver A-14 y A-16 Sección Planos.**

El mapa de peligros clasifica como **ALTAMENTE PELIGROSA** la ubicación de estas 04 cámaras de bombeo. **Ver A-17 Sección Planos.**

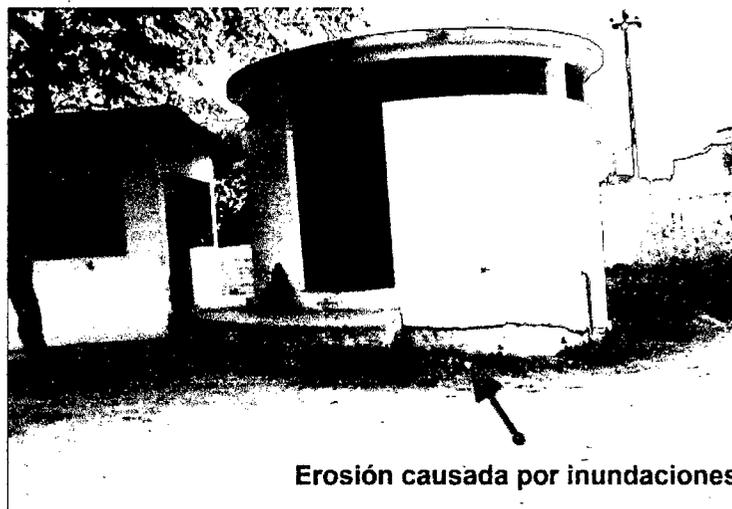


Figura N° 5. 8 Cámara de Bombeo Salamanca, presenta erosión en su estructura. Está ubicada en una zona inundable.

2º. REDES Ver A-08 Sección Planos

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Tumbes se ha convertido en el más vulnerable de los sistemas, tanto en lo correspondiente al fenómeno El Niño, como a la ocurrencia de un sismo. Muchos tramos son de fierro, otros de CSN, con unión rígida, y existen algunos tramos con una mezcla de ambos materiales.

Además, este sistema ya ha sido afectado por dos eventos de El Niño, con características extraordinarias, los años 1983 y 1998.

En la ciudad existen muchos colectores esenciales (alcantarillas principales del sistema de alcantarillado) que casi todo el año son los causantes de las molestias que sufre la población. Todo esto debido a la colmatación de muchas de las tuberías, lo que produce aniegos de aguas servidas. Las zonas más afectadas por estos percances son:

- a) La zona del mercado y la que va hacia el *dren* en la calle Castilla.
- b) El hospital en la calle 24 de Junio.
- c) Zona bajas, barrio San José, Salamanca y barrio FONAVI.

No existen programas de mantenimiento y limpieza de colectores, pues no se cuenta con un número suficiente de equipos de baldes e hidrojets para la limpieza y descolmatación de los colectores principales.



Figura N° 5. 9 Desagüe burbujeando en un canal de drenaje en San José, Tumbes.

Sin embargo, durante los últimos años se han efectuado la renovación de colectores en las calles: Bolognesi, Huascar, Tupac Amaru, Bolívar, San Roman y Las Violetas, 07 de Enero en el año 2007. En el año 2009 se renovaron los colectores ubicados en las calles Piura, Tumbes, Mariscal Castilla y 07 de Enero. Estas mejoras han permitido mejorar el servicio, incrementando la capacidad de conducción. Aún con las mejoras y con una limpieza de redes, existen tramos donde se producen con frecuencia atoros, ya sea por las bajas pendientes y/o por el mal uso del servicio de alcantarillado.

En términos generales, este sistema presenta una alta vulnerabilidad – **ALTAMENTE PELIGROSO** en buena parte según el mapa de peligros El mapa de peligros clasifica como peligros **Ver A-17 Sección Planos** – a las inundación. La cámara principal de desagües está ubicada en una zona inundable, con napa freática superficial (0.50 m) y suelo suelto. Además, las

redes y colectores de desagüe del sistema son antiguos y trabajan sobrecargados. Esto podría desencadenar desplazamientos y hundimientos no deseados en las tuberías. Asimismo, la cantidad de sedimentos arrastrados e introducidos en las redes es grande y puede causar el rápido colapso del sistema.

3°. DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS. Ver A-08 Sección Planos

La situación configura un caso de contaminación severa, ya que no existe tratamiento de los desagües. La descarga se realiza directamente en el río Tumbes. (Nunca se cambió este sistema de evacuación.) Este problema se agrava en las épocas de estiaje, en las que el caudal promedio del río llega a los 10 m³/seg. Las aguas siguen su curso y son captadas, altamente contaminadas, por el canal "La Tuna", para ser utilizadas con fines agrícolas (Plátano y arroz).

En los años 1982 - 83, el emisor fue afectado en dos tramos. Uno de ellos fue barrido completamente por la erosión hídrica del suelo, por lo que actualmente, debido a este motivo, la zona de descarga ha sido ubicada más cerca de la ciudad (cota aproximada: 5 m). Además, la falta de protección confirma nuevamente la afirmación de que el emisor de desagües de la ciudad de Tumbes está expuesto a las inundaciones que se producen como resultado de las avenidas.

Existe un emisor de \varnothing 12" (con una pendiente del 2.3%) que descarga los desagües directamente a la quebrada El Pedregal. Esta descarga produce malos olores, presenta un aspecto desagradable y constituye un foco infeccioso que pone en peligro a la población.

La urbanización Nuevo Tumbes es la única que cuenta con un sistema de tratamiento de sus desagües, que consta de dos lagunas de estabilización: una primaria y una secundaria. A pesar de encontrarse funcionando sin problemas, tiene, sin embargo, defectos de diseño en su sistema de ingreso y salida. El ingreso se efectúa por un costado de la laguna en vez de realizarse por la parte más angosta. La salida hacia la laguna secundaria se realiza por rebose.

Estas lagunas corren el peligro de que, al ocurrir fuertes precipitaciones pluviales, puedan quedar afectadas por las aguas provenientes de la quebrada Luey. Además, El Sistema de Tratamiento de aguas residuales no es óptimo y se encuentran en mal estado de funcionamiento. Es decir, las aguas a la salida de

las lagunas no cumplen los requerimientos para un re-uso, inclusive para la agricultura; así lo demuestran los resultados de los análisis y evaluación realizada por ATUSA en el año 2007, cuyos resultados se muestran en el anexo 06 .El mapa de peligros clasifica con PELIGRO MEDIO la ubicación de la actual laguna de oxidación. Ver A-17 Sección Planos

En términos generales, los S A y A pueden ser considerados sistemas deficientes. La reducida vulnerabilidad de los S A y A a las inundaciones se debe, puntualmente, a factores como:

- Defectos de diseño
- Defectos constructivos
- Falta de obras complementarias de resguardo.



Figura N° 5. 10 Lagunas de estabilización - Vista I

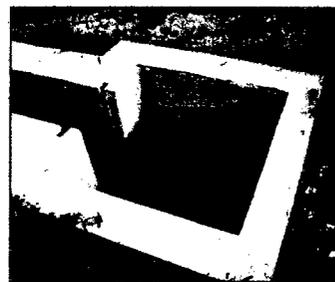


Figura N° 5. 11 Lagunas de estabilización - Vista II

Un sistema deficiente es aquel que, principalmente, contamina el ambiente y es responsable de enfermedades gastrointestinales y respiratorias. Éste es el comportamiento del sistema de alcantarillado de Tumbes cuando el Niño se presenta.

5.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE DAÑOS OCURRIDOS EN 1982-83 Y 1997-98 - FORMULACIÓN DE SOLUCIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

COMPONENTES		DAÑOS	RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACION
RECOLECCIÓN	• Conexiones domiciliarias	• Las conexiones se dañaron al ser desenterradas por erosión, arrancadas de sus emplazamientos y arrastradas aguas abajo.	• Considerar que las conexiones domiciliarias de desagües son muy vulnerables en caso de inundaciones, porque las tuberías instaladas en zonas con alto potencial de colapso sufren asentamientos. Si no se puede instalar un sistema de alcantarillado en zonas de riesgo eminente, se deben proponer otro tipo de recolección de aguas servidas.
	• Colectores Secundarios	• Inundaciones por cursos de agua o aguas pluviales generaron que el sistema de alcantarillado colapse por falta de capacidad. • Las tuberías de desagüe de diferentes diámetros, en general se dañaron al ser desenterrados por erosión arrancados de sus emplazamientos y arrastradas aguas abajo.	• Es recomendable utilizar uniones fijas en los tramos y uniones flexibles en los empalmes con el buzón. • La consideración de posibles asentamientos en el recorrido de interceptores debe ser tomado en cuenta, de ellos depende mantener la funcionalidad del sistema. • En el empalme entre el buzón y la tubería no debe haber un bloque de anclaje sino un empalme tipo campana y espiga donde la campana este adosado al cuerpo del buzón y la espiga sería la tubería.
CONDUCCIÓN	• Colectores Primarios • Interceptor y emisores	• Los colectores colapsaron por el ingreso de aguas pluviales con sedimentos. • Se produce atoros de muchos colectores; y se desencadenan fugas en casas y buzones convirtiéndose en focos infecciosos y contaminantes.	• Recomendar pavimentar las calles con pendientes pronunciadas y/o aquellas de material fácil de erosionar por cursos de agua. Orientar el flujo del agua de inundación a un sistema de drenaje urbano, la sección de la calle no debe ser plana sino bombeada. • La consideración de posibles asentamientos en el recorrido de interceptores debe ser tomado en cuenta, de ellos depende mantener la funcionalidad del sistema. Verificar, durante el diseño y construcción, la consideración de una adecuada base de sustentación de los colectores.
	• Estaciones de bombeo	• Las cámaras de bombeo, al inundarse quedan fuera de servicio. • Al producirse el corte de la energía eléctrica, dejan de funcionar y se deterioran los equipos y tuberías. • El sistema colapsa por falta de capacidad.	• Es frecuente que se inundan las estaciones de bombeo y queden sumergidas los equipos. En estos casos es recomendable, durante la etapa de diseño, proponer elementos que eviten la inundación de las cámaras y equipos. • Dado que las estaciones están ubicadas en partes bajas, se debe considerar obras complementarias de protección de los equipos y de la infraestructura civil, tales como drenajes, canalizaciones, muros de defensa, entre otros. • En la construcción de las cámaras de bombeo, se debe considerar el nivel necesario con respecto al terreno, a fin de evitar que el agua proveniente de la inundación ingrese a la cámara de bombeo. Cuando la inundación es inminente en el área seleccionada, debe optarse por el uso de equipos de bombeo sumergibles. • Es recomendable realizar estudios para determinar el potencial de colapso del suelo, así como la capacidad de resistencia a la erosión cuando una inundación se presenta. • Asegurar que el agua no afecte los equipos eléctricos. En todos los casos, se debe analizar la pertinencia de considerar equipos de generación eléctrica de reserva.

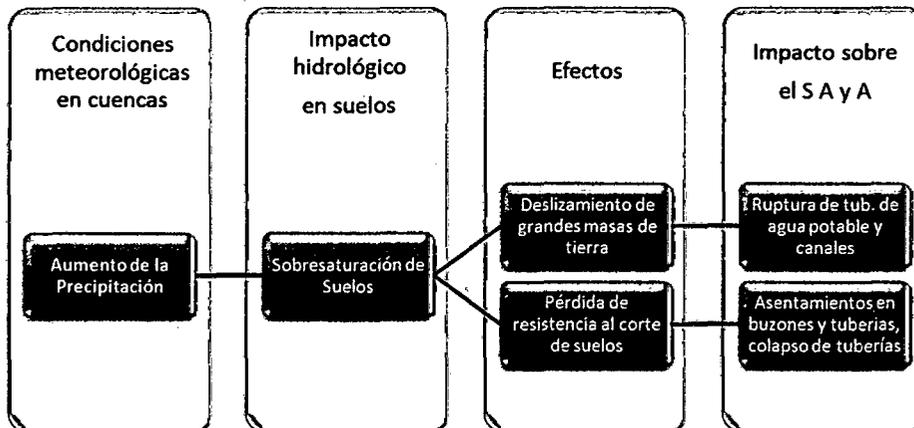
COMPONENTES		DAÑOS		RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)	LAGUNAS	<ul style="list-style-type: none"> • Taludes y Canales de Tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Las lagunas al ser inundadas, colapsan por falta de capacidad. Pérdida de capacidad de almacenamiento. • Los taludes y canales de tierra colapsan por erosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el proceso de ubicación de lagunas y Plantas de tratamiento utilizar mapas de peligro (inundación). • Estudiar la posibilidad de incorporar a las lagunas sistemas de descarga de aguas sobrantes, tales como aliviaderos u otros. • Considerar un material adecuado de revestimiento en los taludes para evitar la erosión. • En el diseño de la capacidad de lagunas; tomar en cuenta el aumento extremo de la precipitación; Utilizar datos históricos de máximas inundaciones. • Prever en lagunas y plantas de tratamiento adecuados cercos y/o estructuras de protección contra la erosión. • Ubicar en lugares protegidos, documentos técnicos y equipos.
	PLANTAS DE TRATAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras de concreto • Cámara de rejas • Desarenador • Tuberías, uniones y válvulas • Sistema de Bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se depositan sedimentos en toda el área de la planta. • En algunos casos se erosionan las bases de las estructuras (edificación y las hidráulicas) • Ingresan sedimentos en las estructuras hidráulicas y en las galerías de tubos. • Al inundarse las edificaciones se pierde o deteriora la información técnica. 	
DISPOSICIÓN FINAL	<ul style="list-style-type: none"> • Canales y/o tuberías • Estructuras de Descarga 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujos inversos en los conductos de descarga por aumento de nivel de los cursos de agua, ocasionando inundaciones de aguas servidas en áreas urbanas. • Se erosionan los canales y colapsan. • Pequeñas quebradas se activan y cortan los canales • Las estructuras de descargas colapsan por erosión de los cursos de agua • Por cambio en el curso de los ríos las aguas servidas se estancan y producen grandes charcos o lagunas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar canales revestidos para la conducción de las aguas tratadas. • Proponer estructuras de cruce en las zonas de quebradas activas o secas. • Efectuar estudios de localización de las estructuras de descarga. Cuando son a cursos de agua, considerar el nivel máximo histórico en el punto de descarga. De otro lado, se debe realizar – como medida provisional – un reboqueo de aguas servidas hacia aguas abajo del río en épocas de pleamar o subida de la marea. • Desarrollar un estudio de impacto ambiental de la zona de descarga y disposición final de las aguas tratadas. • Ídem Líneas de Aducción y Conducción de agua tratada. 	

CONCLUSIONES

i. CONCLUSIONES TÉCNICAS:

- ✓ Se concluye que los daños que ocasiona el Niño siguen comportamientos típicos como los mencionados a continuación. Se obtiene así, una serie de **Cadenas de Efectos de El Fenómeno De El Niño Sobre Los S A Y A**. Considerando estos daños originados por inundaciones y/o el Niño como previsibles. Ver ítems 4.5 y 5.3

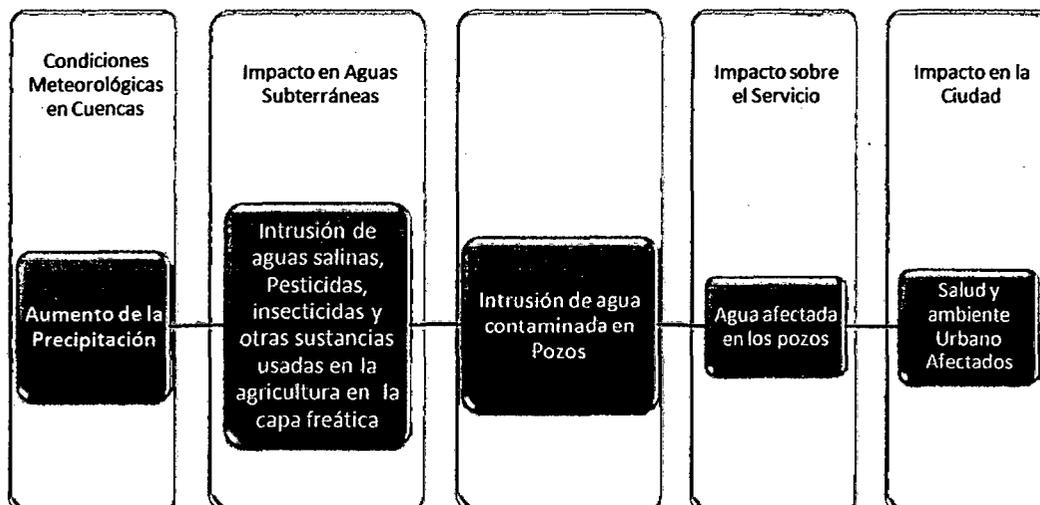
CADENA DE EFECTOS N° 1:



Componentes afectados:

- Líneas de conducción y aducción.
- Todo tipo de colectores y buzones.
- Redes de tuberías.
- Reservorios afectados indirectamente al ubicarse en zonas altas vulnerables a deslizamientos.

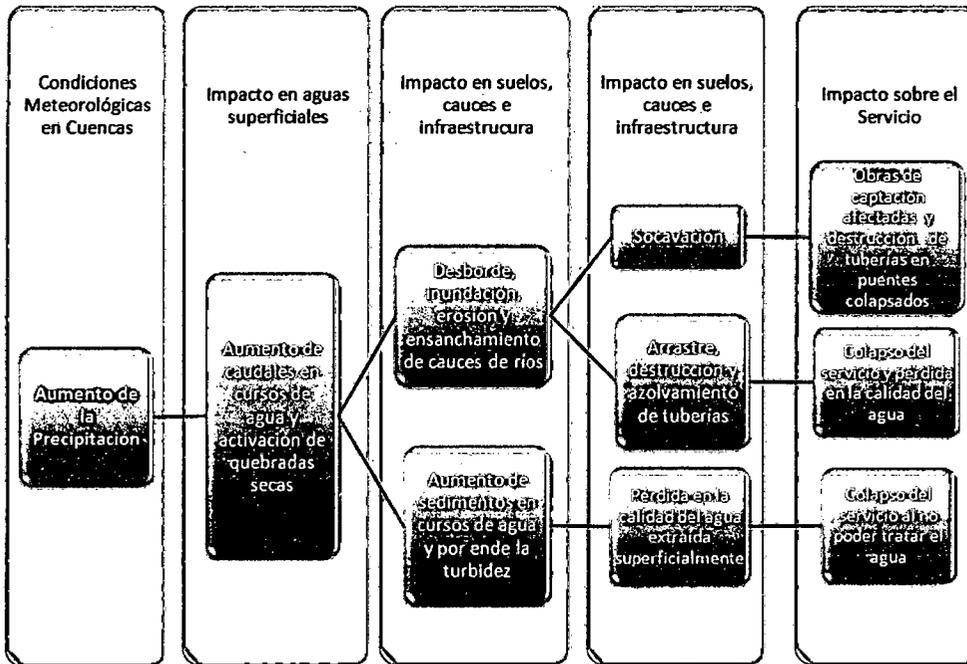
CADENA DE EFECTOS N° 2:



Componentes afectados:

- Pozos

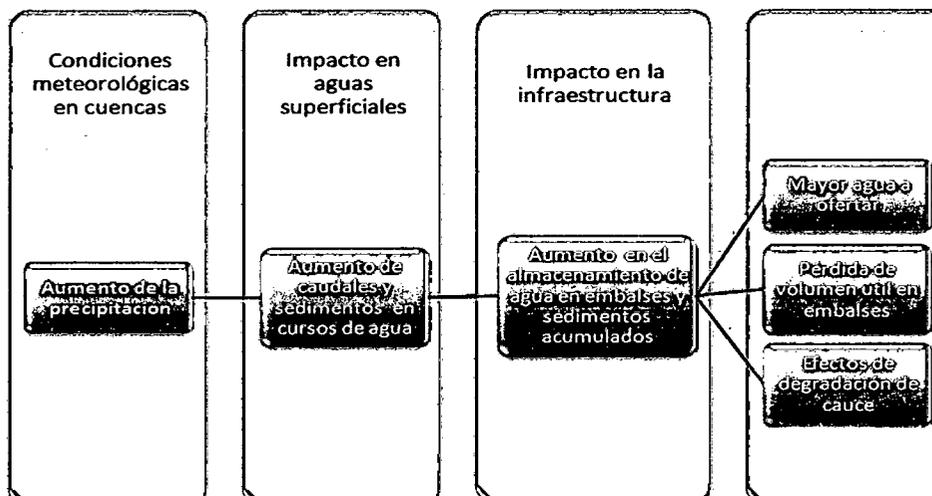
CADENA DE EFECTOS N° 3:



Componentes afectados:

- Diferentes tipos de estructura de captación superficial y pozos.
- Plantas de tratamiento, de agua y desagüe.
- Todo tipo de colectores y buzones ubicados en cursos de agua.
- Líneas de tuberías que cruzan quebradas y/o con trazo paralelo a estas.
- Estructuras de disposición final.
- Conexiones domiciliarias de agua y desagüe.

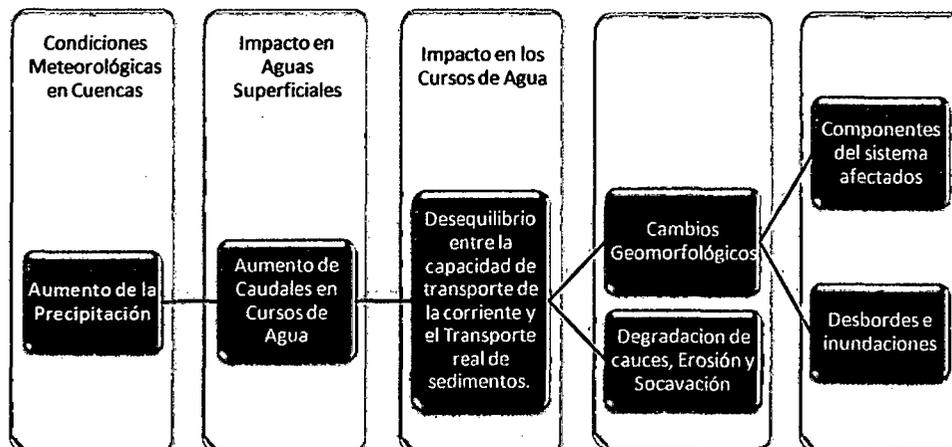
CADENA DE EFECTOS N° 4:



Componentes afectados:

- Presas de tierra en plantas de tratamiento de agua y desagüe.
- Presas y obras de defensa como componentes de la estructura de captación superficial.

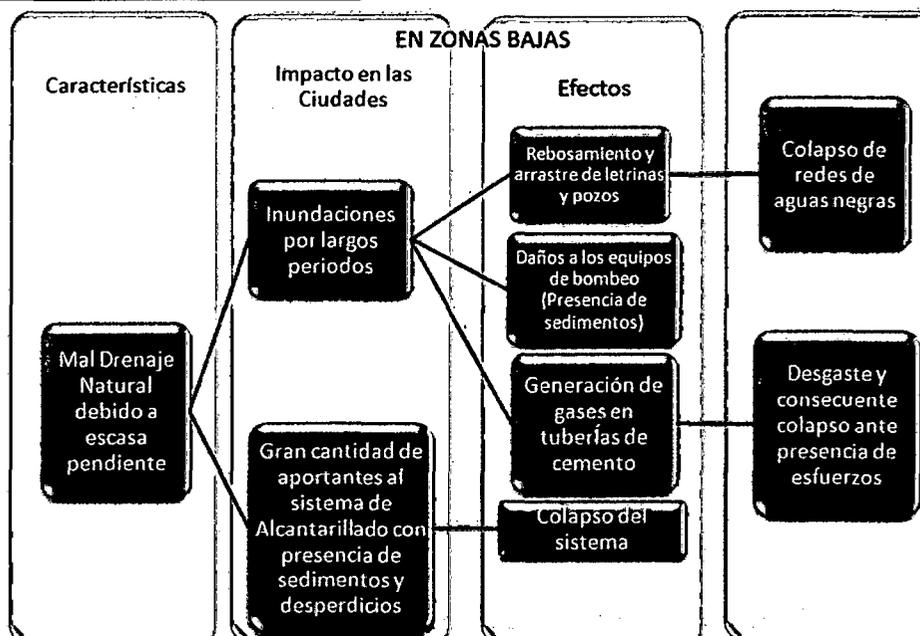
CADENA DE EFECTOS N° 5 :



Componentes afectados:

- Presas de tierra en plantas de tratamiento de agua y desagüe.
- Presas y obras de defensa como componentes de la estructura de captación superficial.
- Estructuras de disposición final, si estos descargan a cursos de agua superficiales.
- Redes ubicadas en zonas inundables por cursos de agua superficiales.

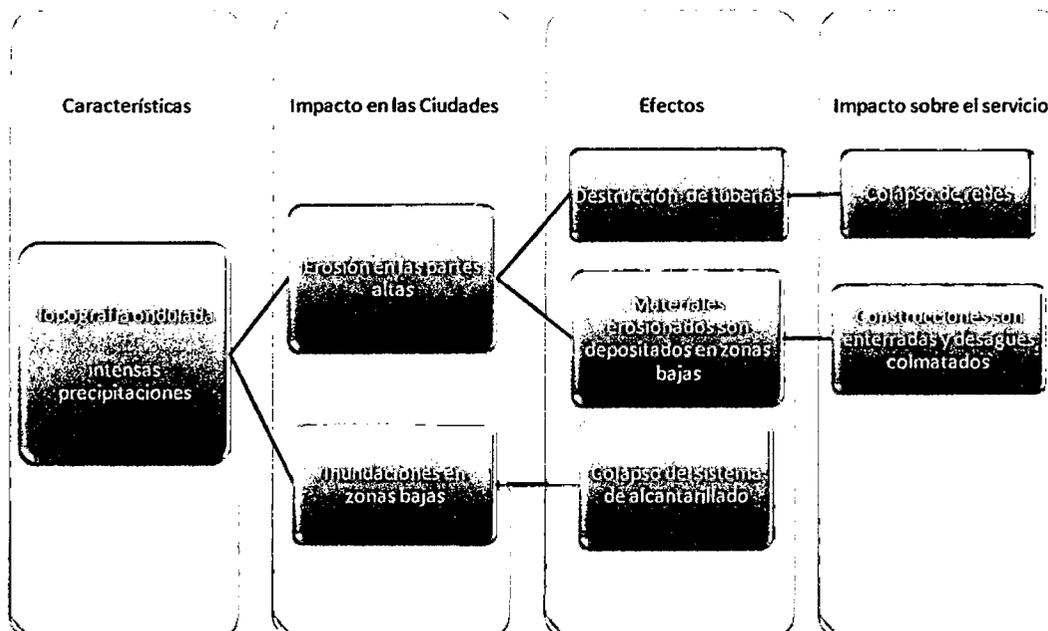
CADENA DE EFECTOS N° 6 :



Componentes afectados:

- Equipo de bombeo en general.
- Colectores y buzones.

CADENA DE EFECTOS N° 7:



Componentes afectados:

- Equipo de bombeo en general.
 - Red de tuberías.
 - Colectores y buzones.
 - Infraestructura ubicada en zonas bajas, como la planta de tratamiento de desagüe.
- ✓ Entre otras, El S A y A de la ciudad de Tumbes es muy vulnerable frente a los efectos de El Niño por las siguientes razones:
- Los sistemas son muy antiguos e inadecuados en varios tramos; su ciclo de vida ha concluido y aún existen tuberías de AC, amenazando la salud de la población.
 - La bocatoma está siendo constantemente amenazada a quedar fuera de uso debido al comportamiento geomorfológico del río Tumbes que tiende a alejarse de esta estructura.
 - Las tuberías de agua son de diferentes materiales y diámetros. Se han ido ampliando sin ninguna planificación, en muchos casos no se sabe con qué tipo de tubería se cuenta en un determinado tramo. No se cuenta con planos de replanteo de agua y alcantarillado, lo que dificulta la operación

- del sistema, ocasionando muchas veces que por la rotura de una tubería, se tenga que cortar el abastecimiento de un sector importante de la población. Se desconoce la ubicación de válvulas.
- El sistema de desagüe de toda la ciudad prácticamente está colapsado para dar servicio en épocas normales por falta de capacidad de conducción.
 - No existe en la ciudad de Tumbes un plan maestro, tampoco un plan de Operaciones de Emergencia adecuado en la EPS que direcciona acciones futuras con criterios de prevención. El plan de emergencias actual en Tumbes no está desarrollado de acuerdo a los estándares, no se fundamenta en las normas legales; mucha de la información en este plan es inexacta e incompleta.
 - El corte de energía es un tema muy importante a tomar en cuenta, sobre todo cuando El Niño se presenta. Los principales componentes afectados son los equipos de bombeo – incluyendo pozos - y rebombeo y la producción de agua tratada. El suministro de agua se corta.
 - Existen problemas de mantenimiento en el sistema de alcantarillado sobre todo en época de lluvias ya que la ciudad no cuenta con un Sistema de Drenaje Pluvial, ocasionando aniegos y acumulación de lodos que, con el intenso calor se producen malos olores, exponiendo la salud de la población.
 - En los años 82-83 y 97-98 la falta de preparación y ejecución de programas de mantenimiento preventivo de equipos, además de no contar con un inventario mínimo de repuestos de emergencia provocaron el corte del suministro de agua y desagüe por largo tiempo. La situación actual es similar.

ii. CONCLUSIONES DE PLANIFICACIÓN Y ADMINISTRATIVAS.

- ✓ Al nivel del estudio realizado, se concluye que las principales causas de los daños por inundaciones en la ciudad de Tumbes son:
 - a) Poco conocimiento de los procesos de dinámica fluvial:
 - Las inundaciones de planicies ribereñas son parte de un proceso natural y recurrente.
 - Las crecidas se forman por los aportes de la cuenca.
 - b) Poco conocimiento del entorno, lo que se traduce en lo siguiente:
 - Ocupación de áreas potencialmente inundables.

- Inexistencia de planes de emergencia.
 - Mal manejo de las cuencas
 - Colmatación del cauce y avulsiones producto del incremento del transporte sólido.
 - Falta de preparación de los actores implicados: autoridades, población proclive a ser afectada, entes técnicos, entre otros.
- ✓ Los grandes caudales en ríos como el Tumbes y en quebradas como las que atraviesan la ciudad de Tumbes o el eje Paita-Talara en épocas de El Niño presentan importantes características como:
- Caudales altos e inesperados de larga duración y con Picos sucesivos.
 - Aceleración de procesos fluvio - morfológicos como la degradación y agradación de cauces. Así como la capacidad de erosión de los cursos de agua.

Esto obliga al diseñador el estudiar y seleccionar nuevos materiales para los revestimientos y/o estructuras particulares para atravesarlas.

- ✓ En la ciudades analizadas, así como en todo el Perú existen limitaciones e insuficiencias de información para predecir la dinámica de todos los ríos, además de que muchos de ellos presentan problemas de capacidad de los cauces frente a flujos anormales, favorecido por la ausencia cotidiana de mantenimiento y las descargas de basura y escombros que se observan en las inmediaciones de algunas ciudades, etc.
- ✓ Si bien muchos de los cauces recibieron durante la etapa pre-evento tratamientos de descolmatación y de limpieza (Río Tumbes y Río Piura), así como encauzamiento de márgenes y protección de cauces en tramos críticos, lo acontecido revela que estas fueron insuficientes y en algunos casos inexistentes, y que se requieren intervenciones más de fondo para superar estas vulnerabilidades.
- ✓ En lo que respecta a las aguas subterráneas no existen planes de manejo para una mayor racionalidad en el aprovechamiento, lo que se debe en parte a la debilidad o ausencia de la información básica para ello.
- ✓ Las vulnerabilidades más relevantes que presentan los S A y A son:
- i. **Vulnerabilidades relacionadas con el nivel de conocimiento de El Niño**, su intensidad y frecuencia. Se debería contar con información que vincule intensidad del fenómeno – impacto sobre el servicio.
 - ii. **Vulnerabilidades de las cuencas hidrográficas**. El manejo con visión integral de éstas es prácticamente inexistente; la información sobre las

problemáticas existentes en ellas, su geología, geomorfología y otras características es difícil de obtener.

Además, en la mayoría de casos no se desarrollan obras complementarias en la parte alta de las cuencas - Problema binacional muy serio en la ciudad de Tumbes - para el control y encauzamiento de los flujos de escorrentía, ni programas para el control de desprendimiento de masas y de sedimentos, ni para el control de la contaminación en las fuentes, ni la deforestación.

iii. Vulnerabilidades de aguas superficiales y subterráneas. Los daños encontrados se encuentran asociados a inundaciones, desbordamientos de ríos y sobrecargas de niveles freáticos. La inexistencia de suficientes datos hidrológicos y de sedimentos hace complicada la labor de seguimiento y estudio de ríos y cursos de agua, además de no contar con un mantenimiento ni manejo adecuado. Con respecto a los acuíferos, no existe información que descarte si estos están amenazados por procesos de salinización y/o contaminación.

iv. Vulnerabilidad de la infraestructura física. Es la vulnerabilidad estudiada en esta investigación, al que se incluyen:

Vulnerabilidad operativa. Existe incapacidad para responder de manera inmediata ante un desastre se presenta. Lo que se puede entender por la falta de fuentes alternas de agua, ausencia de tratamiento debido a las alta turbidez del agua, malas maniobras en lo equipos, etc.

Vulnerabilidad administrativa. Referida a las debilidades organizativas y administrativas de la EPS, representado en la falta de stock de materiales y lo complicado que es obtenerlos en una situación de desastre. No se cuenta con camiones cisterna propios para atender emergencias.

Vulnerabilidad de los usuarios. Algunos usuarios del servicio, frente a eventuales restricciones de dotación de agua, muestran comportamientos que constituyen vulnerabilidades para el adecuado manejo de las situaciones. Entre ellos destacar los hábitos altamente consumidores y despilfarradores del agua, así como también la inexistencia de cultura preventiva que minimice los impactos negativos sobre ellos (por ejemplo, con uso de equipos de bajo consumo eléctrico o el hecho que la población no abra las tapas de los buzones durante una fuerte lluvia).

RECOMENDACIONES

i. MEDIDAS DE DISEÑO:

- ✓ Aceptación, por parte planificadores y diseñadores, de que el fenómeno de El Niño es una realidad, así como las inundaciones y la variabilidad climatológica, son fenómenos de manifestación de la naturaleza, con la que tenemos que convivir, y frente a ellas debemos tomar medidas respectivas.
- ✓ Ante la problemática analizada en esta tesis se generaron recomendaciones para cada componente de los sistemas - a modo de consideraciones de diseño - las mismas que fueron presentadas en los capítulos 4 y 5. **Ver ítems 4.5 y 5.3**
- ✓ Desde el punto de vista del diseño, lo fundamental no es el pronóstico del Niño, al que se viene dedicando tantos esfuerzos, sino la determinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento de determinada magnitud, que es el dato que se introduce en los diseños.
- ✓ En el caso de Bocatomas, las avenidas no deberían caracterizarse sólo por su valor máximo (pico), como es tradicional, sino por medio de un hidrograma. Se debe considerar que durante El Niño las avenidas tienen gran duración y aparecen picos sucesivos, por lo que es mas propio hablar de una "onda de avenidas"(Picos sucesivos) y de un Hidrograma de Diseño.

ii. MEDIDAS DE PLANEAMIENTO:

- ✓ En la planificación de obras ubicadas en zonas generalmente secas, pero sujetas a El Niño, debe considerarse la posibilidad de su ocurrencia durante la construcción. La aparición de El Niño, con características de Meganiño, puede implicar daños a los equipos, a la obra en ejecución e interrupción de los trabajos durante varios meses. Su periodo de retorno en la costa norte podría ser del orden 50 años.
- ✓ El gobierno central, en coordinaciones con sus homólogos locales deben prever una planificación del uso de áreas inundables. No habitar tales sectores, evitar en lo posible la ubicación de elementos de S A y A. El Programa de Ciudades Sostenibles (PCS) ha desarrollado en cientos de ciudades sus mapas de peligros, inundación, entre otros; con la intención de prevenir daños causados por fenómenos naturales. El diseñador deberá usar aquellos mapas para determinar la ubicación y el tipo de materiales a usar.

- ✓ Reubicación de sectores en peligro, en los cuales no es recomendable prever de servicios de agua y alcantarillado. La experiencia demostró que este tipo de sistema – tuberías y otros – colapsan al estar en una zona de peligro alto.

iii. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES:

- ✓ El desarrollo de un Plan maestro en la ciudad de Tumbes y un Plan de operaciones de emergencias en la EPS con la finalidad de optimizar los sistemas estudiados.

La elaboración del Plan de operaciones Emergencia es importante en la respuesta que puedan tener los S A y A frente a inundaciones. Se recomienda que la SUNASS sea el ente que asesore y regule tales planes. Simulacros de inundación tienen que ser programados cada cierto tiempo, todo el personal de la EPS debe participar.

Además, se deberán generar programas de contingencia para la rehabilitación inmediata y para la atención posterior, presupuestando los proyectos de rehabilitación y optimización de la emergencia y los proyectos de ampliación y mejoramiento.

- ✓ Estudiar la posibilidad de contaminación del río Tumbes, el mal uso de éste en la parte alta de su cuenca – donde se llama Puyango - evidencia una clara amenaza a la principal fuente de agua en la ciudad de Tumbes. La minería artesanal y los desechos producidos y arrojado a sus aguas constituyen un peligro para la agricultura y población. Se recomienda coordinar con autoridades ecuatorianas la formación de una Autoridad Binacional de Cuenca.
- ✓ Las EPS o municipios que manejen el sistema de agua y saneamiento deben considerar un fondo para coordinar fallas de suministros y tomar las medidas de precaución, así como la recomendación del servicio de mantenimiento de equipos. Se deben cambiar en su totalidad y no deberán ser tomadas en cuenta en el diseño tuberías de concreto reforzado, asbesto cemento y concreto simple normalizado.
- ✓ Fortalecimiento de la relación EPS – ENOSA (*empresa que administra energía eléctrica*) y así llegar a un acuerdo para dotar de energía de manera continua a los servicios vitales de agua y desagüe. Con esto, los daños causados a los equipos por efectos de golpe de ariete disminuirán; al respecto, ATUSA y las EPS deberán brindar capacitación a los operarios

para el manejo adecuado de válvulas con la intención de mitigar daños causados por este fenómeno.

- ✓ Se deben realizar control de fugas y conexiones clandestinas, especialmente en aquellos sectores en peligro alto. De otra forma, si estas conexiones perduran en el tiempo, la población presionará a las autoridades para brindarles de manera legal estos servicios. La política se impondrá a la ingeniería y se construirán servicios vulnerables y destinados al colapso.
- ✓ Proponer un proyecto para la creación de un sistema de control de pérdidas de agua, esto ayudaría a determinar con mayor precisión la relación *intensidad del Niño – impacto en el servicio*.
- ✓ La determinación de la vulnerabilidad de los S A y A debe ser incluida en el plan de emergencia con la finalidad de generar medidas de prevención y mitigación, que servirán para facilitar la ejecución de mejoras estructurales y no estructurales, así como para proyectar la ubicación de las futura infraestructura y otros componentes del sistema en lugares que ofrezcan mayor seguridad, así como para utilizar técnicas y materiales que reduzcan los riesgos de colapso.

iv. MEDIDAS ESTRUCTURALES:

- ✓ Mejorar el mantenimiento en el sistema de alcantarillado sobre todo en época de lluvias ya que la ciudad no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, ocasionando aniegos y acumulación de lodos que, con el intenso calor se producen malos olores, exponiendo la salud de la población. Es importante gestionar e implementar un **Sistema de Drenaje Pluvial** que sea diferenciado del sistema de alcantarillado, así como coordinar la limpieza de las redes de alcantarillado antes del periodo de lluvias y/o ocurrencia de El Niño.
- ✓ Trabajos de conservación y manejo de cuenca son recomendados. Se deben incluir puntos como la reforestación y el control de erosión. En relación a esto, los vasos colectores de las quebradas, en especial la Tumpis, deben tener cobertura vegetal.
- ✓ Construcción de estructuras y obras que permitan la regulación de avenidas con la intención de disminuir efectos de una inundación y desbordes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alca M. E. C. (1999). *“Estudio de los Efectos del niño 1997-98 en el tramo División Bayovar desvío Talara y en la Ciudad de Piura”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
2. Aparicio M. F. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Primera reimpresión. Editorial Limusa. México D.F. México.
3. ATUSA. Archivo y Página Web: www.aguasdetumbes.com
4. CAF. Página Web: www.caf.com
5. Campaña T.R. (2010). *Ingeniería de Ríos (Apuntes del Curso)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Escuela de Postgrado.
6. Campaña T.R. *Procesos Morfológicos en ríos relevantes en el diseño de puentes*. Universidad Nacional de Ingeniería – Sección de Postgrado. Facultad de Ingeniería Civil. Lima. Perú.
7. CEREN (2000). *Programa de Ciudades Sostenibles. Mapa de Peligros y Plan de Uso de Suelos*. Huancabamba.
8. Chow Ven T ; Maidment D.; Mays L.(1994); *Hidrología aplicada*. Primera edición. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Santafé de Bogotá, Colombia
9. El Comercio (2010). Archivo periodístico años 1980 – 2000. Lima, Perú.
10. El Tiempo (2010). Archivo periodístico años 1980 – 2000. Piura, Perú.
11. EPS GRAU. Archivos y Página Web: www.epsgrau.com.pe
12. Gonzáles A. (1991). *“Microzonificación y Planeamiento Urbano de la Ciudad de Huancabamba para la Mitigación de Desastres Naturales”*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú
13. Gonzales, T. M. (1995); García J.D. *Restauración de Ríos y Riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar*. Universidad Politécnica de Madrid-España
14. IMEFEN (2010). Archivo periodístico años 1997 - 2000
15. INADUR. (2000). *Estudios de Suelo de la Ciudad de Tumbes*. Programa Ciudades Sostenibles. Tumbes, Perú.
16. Informe del Fenómeno de El Niño 1997 – 1998. Colegio de Ingenieros del Perú

17. Instituto Nacional de Desarrollo Urbano INADUR (2000) . *Mapa De Peligros, Plan De Usos Del Suelo Y Plan De Mitigación De Los Efectos Producidos Por Los Desastres Naturales En La Ciudad De Tumbes*. Programa de ciudades sostenibles. Lima Perú.
18. Julien P. (2002). *River Mechanics*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
19. Knighton D.(1984). *Fluvial Forms and Processes*. 1era Edición. Chapman and Hall, Inc. New York, EEUU.
20. Kuroiwa H. J. (2002). *Reducción de Desastres, Viviendo en Armonía con la Naturaleza*. Primera Edición. Lima, Perú.
21. Kuroiwa H. J. (1990)*Disaster Prevention and Mitigation in the social and economic development of the new Grau Region*. IDNDR International Conference 1990 Japan.
22. Kuroiwa Z. J. (2005) *Daños a infraestructura ocasionados por Erosión de Cauces y Riberas*.
23. Lagasse O.F., Schall J.D., Richardson, E.V. (2001). *Instrumentation for measuring scour at bridge piers and abutments*. Phase II Final Report, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C. E.E.U.U.
24. Lama M. R. (1985). *"Efectos de las lluvias torrenciales de 1983 en las obras de ingeniería civil en Piura, Sullana y Áreas agrícolas aledañas"*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. UNI. Lima, Perú.
25. Madrid C. S.(2006). *"Fenómeno del Niño 1997-98"*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. UNI. Lima, Perú.
26. Martin S. F(2008).Nuevo Manual de Instalaciones de Fontanería y Saneamiento. 3era Edición. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid-España
27. Martin V.J.(2003). *Ingeniería de Ríos*. 1era Edición. Alfa y Omega grupo Editor. Barcelona España.
28. NOAA. Página Web: www.noaa.gov/
29. Organización Panamericana de la Salud (1998) *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado*. Washington, D.C. , EEUU
30. Organización panamericana de la Salud (2000) *Crónicas de desastres – Fenómeno El Niño 1997-98*. Washington, D.C. , EEUU

31. Programa de Agua y Saneamiento (WSP) del Banco Mundial. (2011). *Guía Práctica para la Reducción de daños en Sistemas de Agua y Alcantarillado causados por Fenómenos naturales intensos*. Primera edición. Lima, Perú
32. Quispe M. (1999) "Estudio de los Efectos del niño 1997-98 en el tramo Desvío Talara-Aguas Verdes y en la Ciudad de Tumbes". Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
33. Rocha F. (2007). *Evaluación Del Riesgo Sedimentológico (E.R.S) De Los Proyectos De Embalse* .Ingeniería y Construcción. Año 2, edición 11 Lima-Perú
34. Rocha F. (2000). El impacto del Fenómeno de El Niño en las estructuras Hidráulicas. *Revista El ingeniero Civil. Lima, Perú. Volumen 116*.
35. Rocha F. (1998).Introducción a la Hidráulica Fluvial. 1era Edición. FIC- UNI. Lima Perú
36. Rocha F. (2009). "Consideraciones de Diseño de estructuras hidráulicas sujetas al fenómeno de El Niño". *Revista Costos. Lima, Perú. Edición 118*.
37. Rocha F. (2003) Caracterización hidrometeorológica de los Meganiños en la costa norte peruana. *Revista El Ingeniero Civil N 135, Lima, Set.-Oct. 2004*
38. Takahashi. T. (2007). *Debris Flow, Mechanics, Prediction and Countermeasures*. Tailor & Francis Group. London, UK.
39. Tapia C. (1991) "Microzonificación de la ciudad de Tumbes y lineamientos para su desarrollo urbano para la mitigación de desastres". Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. UNI. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 01

PLANOS

ANEXO 02

PROCESOS DE DEGRADACIÓN

- A. REMOCIÓN EN MASA
- B. MIGRACIÓN Y DIVAGACIÓN DE UN CAUCE.
- C. SOCAVACIÓN A LARGO PLAZO Y AGRADACIÓN.
- D. SOCAVACIÓN GENERAL.
- E. SOCAVACIÓN LOCAL.

ANEXO 03

PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA TUMBES
DURANTE EL FENÓMENO EL NIÑO 1997-98 (Fuente: Proyecto Especial
Binacional Puyango - Tumbes).

ANEXO 04

EFFECTOS DE EL NIÑO EN LA SALUD – CONSECUENCIA DEL COLAPSO
DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO – CIUDAD DE
TUMBES (Fuente: Dirección Regional de Salud Tumbes)

ANEXO 05

PANEL FOTOGRÁFICO TUMBES ABRIL- JULIO 2010 (Fuente: Elaboración
Propia)

ANEXO 06

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS Y EVALUACIÓN REALIZADA – 2007- EN
LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN (Fuente: Aguas de Tumbes S.A. – ATUSA)

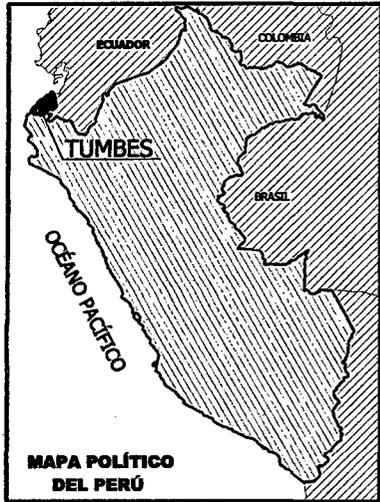
ANEXO 07

REGISTRÓ DE CAUDALES MEDIOS DEL RÍO TUMBES, ESTACIÓN "EL
TIGRE". AÑOS 1963 – 2010. (Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango -
Tumbes).

ANEXO 01

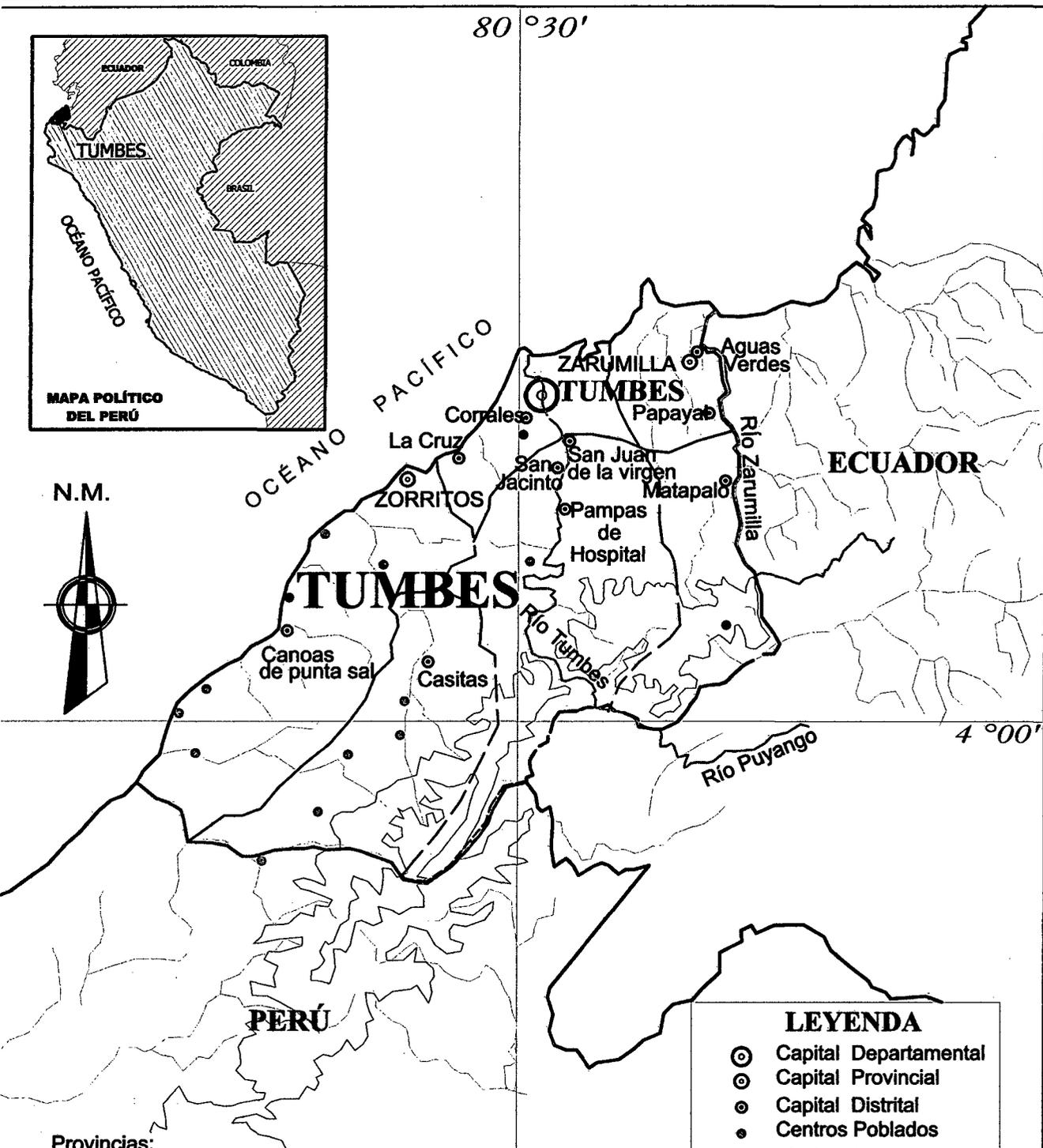
PLANOS

- A-01 MAPA FÍSICO POLÍTICO A NIVEL PROVINCIAL Y DISTRITAL
- A-02 SUB CUENCAS HIDROGRÁFICAS – DEPARTAMENTO DE TUMBES
- A-03 RIESGOS DE FENÓMENOS NATURALES – TUMBES
- A-04 PLANO TOPOGRÁFICO DE LA CIUDAD DE TUMBES
- A-05 CARACTERIZACIÓN URBANA TUMBES
- A-06 PLANO FLUVIAL MORFOLÓGICO - RIO TUMBES
- A-07 SISTEMA DE AGUA - CIUDAD DE TUMBES
- A-08 SISTEMA DE ALCANTARILLADO – CIUDAD DE TUMBES
- A-09 DAÑOS S.A. MAS IMPORTANTES-EL NIÑO 1992
- A-10 INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE Y AGUA.
- A-11 SISTEMA DE AGUA – GEODINÁMICA INTERNA
- A-12 SISTEMA DE ALCANTARILLADO – GEODINÁMICA INTERNA
- A-13 SISTEMA DE AGUA - GEODINÁMICA EXTERNA
- A-14 SISTEMA DE ALCANTARILLADO – GEODINÁMICA EXTERNA
- A-15 SISTEMA DE AGUA –MAPA DE INUNDACIONES
- A-16 SISTEMA DE ALCANTARILLADO – MAPA DE INUNDACIONES
- A-17 SISTEMA DE AGUA - MAPA DE PELIGROS
- A-18 SISTEMA DE ALCANTARILLADO - MAPA DE PELIGRO
- A-19 SISTEMA DE AGUA - SECTORES CRÍTICOS EN RIESGO
- A-20 SISTEMA DE ALCANTARILLADO – SECTORES CRÍTICOS EN RIESGO



80°30'

N.M.



PERÚ

ECUADOR

Provincias:

TUMBES	CONTRALMIRANTE VILLAR	ZARUMILLA
La Cruz	Casitas	Zarumilla
Corrales	Canoas de Punta Sal	Aguas Verdes
San Jacinto	Zorritos	Matapalo
San Juan de la Virgen		Papayal
Pampas de Hospital		
Tumbes		

LEYENDA

- ⊙ Capital Departamental
- ⊙ Capital Provincial
- ⊙ Capital Distrital
- Centros Poblados
- Límite Internacional
- Límite Departamental
- - - Límite cuencas
- Curvas de Nivel
- Ríos Principales
- Otros Ríos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

AUTOR:
Ing. Julio Cortés

ASESOR:
Dr. Julio Karoliro Zavallón

REVISADO:
Ing. Julio Karoliro Horvath

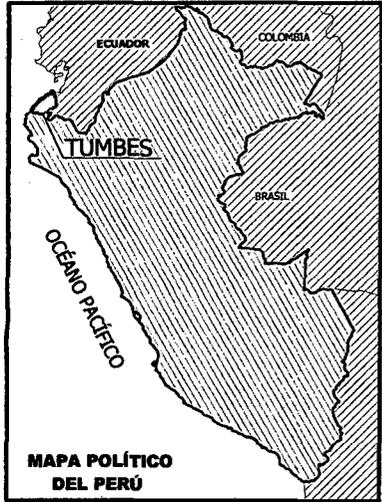
"ESTUDIOS DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO DE "EL NIÑO" EN SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA CIUDADES DEL NOROESTE DEL PERÚ"

TESIS:

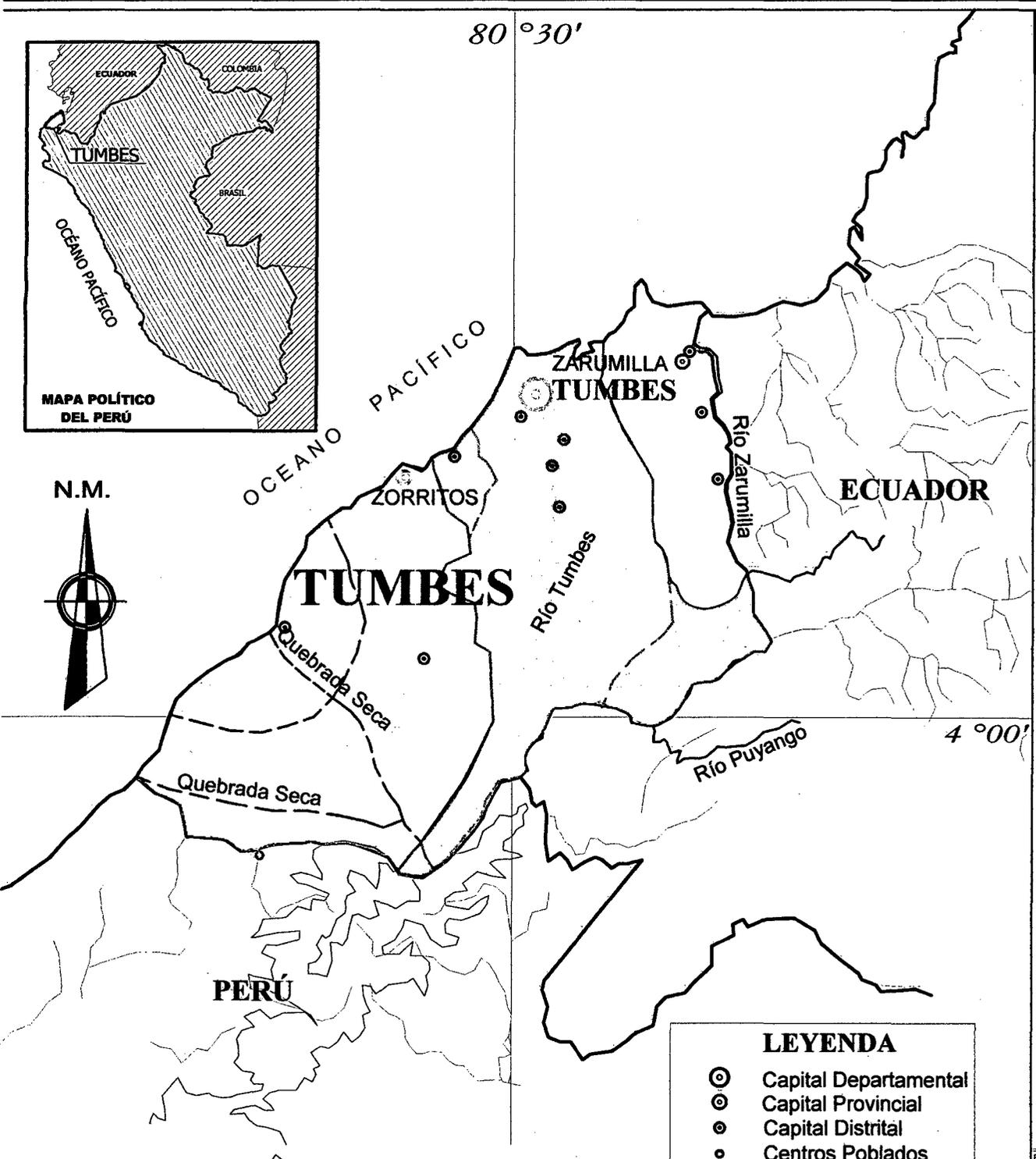
PLANO:
MAPA FÍSICO POLÍTICO A NIVEL PROV. Y DIST.

ESCALA: Gráfica
FECHA: Abril - 2011

LAMINA:
A - 01



80° 30'



CUENCA HIDROGRÁFICA
 [Symbol: thick line] Cuenca del Río Puyango-Tumbes

- LEYENDA**
- ⊙ Capital Departamental
 - ⊙ Capital Provincial
 - ⊙ Capital Distrital
 - ⊙ Centros Poblados
 - Limite Internacional
 - Limite Departamental
 - Limite Cuencas
 - Curvas de Nivel
 - Ríos Principales
 - Otros Ríos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

AUTOR:
Bach. Ing. Civil
Andrés Jorge Huamán Caragobay

ASESOR:
Dr. Julio Kurokawa Zavallón

REVISADO:
Ing. Julio Kurokawa Horuchi

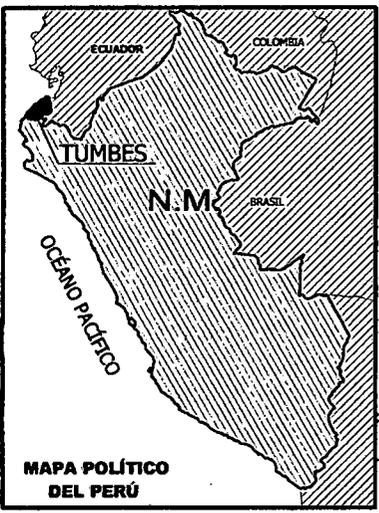
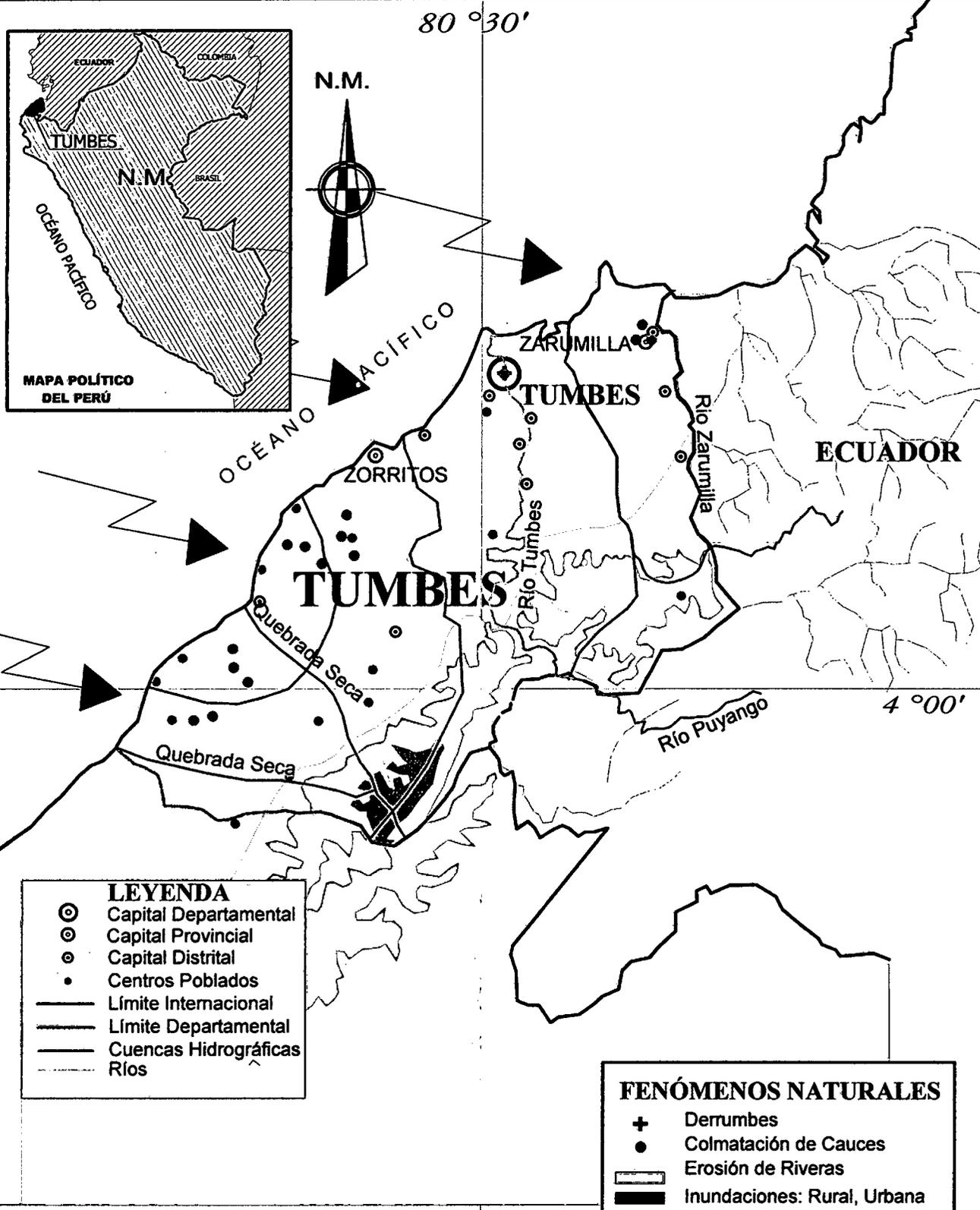
"ESTUDIOS DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO DE "EL NIÑO" EN SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA CIUDADES DEL NOROESTE EL PERÚ"

TESIS:

PLANO:
SUB CUENCAS HIDROGRÁFICAS

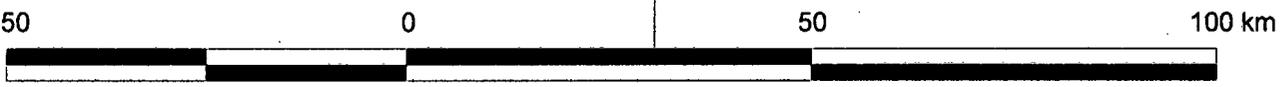
ESCALA: Gráfica
FECHA: Abril - 2011

LAMINA:
A - 02



- LEYENDA**
- ⊙ Capital Departamental
 - ⊖ Capital Provincial
 - ⊙ Capital Distrital
 - Centros Poblados
 - Límite Internacional
 - Límite Departamental
 - Cuencas Hidrográficas
 - Ríos

- FENÓMENOS NATURALES**
- + Derrumbes
 - Colmatación de Cauces
 - Erosión de Riberas
 - Inundaciones: Rural, Urbana
 - ⚡ Tsunamis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

AUTOR:
Bach. Arq. Ché Andrés Jorge Huamán Carguay
ASESOR:
Dr. Julio Karolyn Zorritos
REVISADO:
Ing. Julio Karolyn Horvath

"ESTUDIOS DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO DE "EL NIÑO" EN SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA CIUDADES DEL NOROESTE DEL PERÚ"

TESIS:

PLANO:
RIESGOS DE FENÓMENOS NATURALES TUMBES

ESCALA: Gráfica
FECHA: Abril - 2011

LAMINA:
A - 03

ANEXO 02

FUENTE: Indicada para cada ítem.

PROCESOS DE DEGRADACIÓN

A. REMOCIÓN EN MASA

Los fenómenos de remoción en masa (procesos que en la actualidad tienden a ser identificados como movimientos en masa), comprenden una gran variedad y complejidad de movimientos ladera abajo de material geológico debidos a la fuerza de la gravedad. En un concepto amplio, se puede aceptar que los fenómenos de remoción en masa incluyen la pérdida de materiales por deslizamiento de taludes y por erosión de laderas. El término deslizamiento puede incluir movimientos en masa tan diferentes en su mecanismo como caída de rocas, flujo de lodos o subsidencia del terreno. En el caso de la erosión, existe un agente externo (agua, hielo, viento, variaciones térmicas, organismos vivos o el hombre) capaz de arrancar y transportar materiales de una ladera o de las bancas de un cauce.

La Figura 1.1 ilustra diferentes tipos de movimientos en masa.

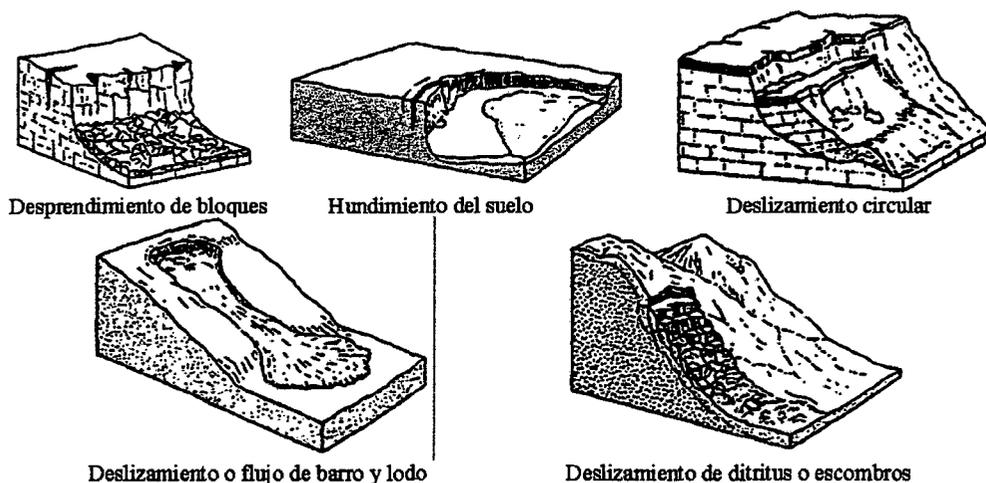


Figura 1.1 Tipos de movimientos en masa. HEC-21. 2001.

B. MIGRACIÓN Y DIVAGACIÓN DE UN CAUCE

La migración de un cauce se presenta especialmente en curvas unidas por tramos rectos que dan origen a los meandros, caracterizados por la capacidad de arrastre de sólidos, mayor en la parte externa en donde se

origina erosión, que en la parte interna en donde existe deposición de sedimentos. La divagación de la corriente es el movimiento que ocurre eventualmente en el cauce principal dentro del plano de inundación propio de zonas bajas inundables y de piedemonte.

Las corrientes son dinámicas por el desplazamiento permanente de las bancas, en tanto que las estructuras hidráulicas tienden a ser estáticas al fijar la corriente en un lugar, en tiempo y en espacio. Por esto, la migración natural y la divagación pueden poner en peligro la estabilidad de obras civiles como viviendas, puentes, vías de comunicación y obras de control fluvial, por lo que estos procesos deben ser tenidos en cuenta en su diseño, construcción y mantenimiento.

La Figura 1.2 a) ilustra con una foto el problema causado por la socavación debida a la migración lateral de la corriente que está afectando la población.

En la Figura b) se esquematiza el movimiento de un cauce que originalmente seguía la línea sólida pero que por su movilidad tiende a ir incrementando la sinuosidad del meandro y cambiando el curso a la línea punteada.

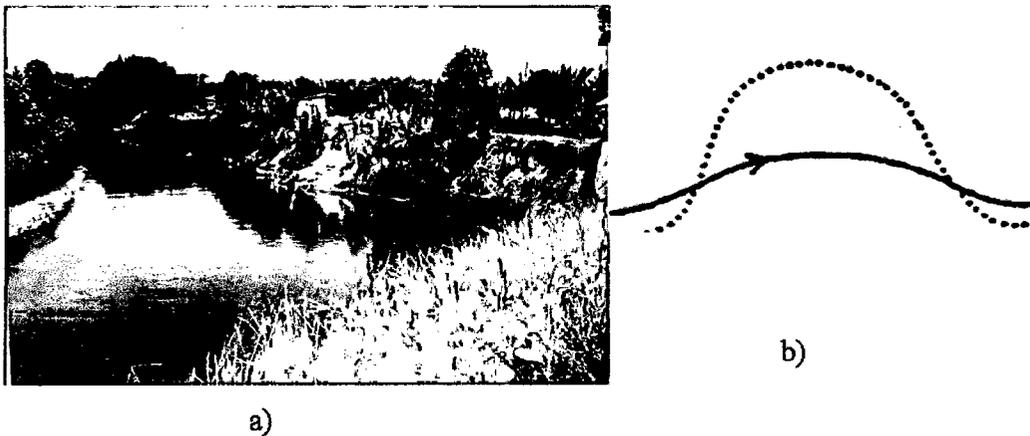
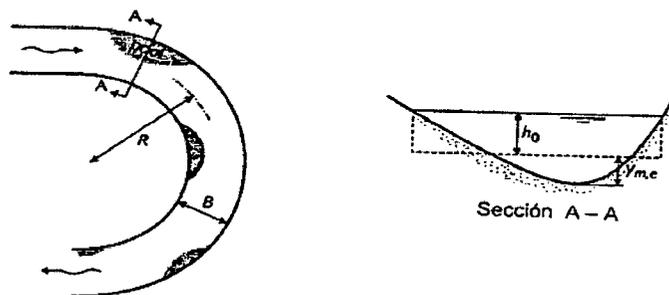


Figura 1.2 a) Tendencia a la migración lateral en tramos curvos.

b) Esquema del movimiento de un meandro. Lagasse, O. F., Schall J. D., Richardson, E. V. (2001).



FUENTE: HOFFMANS & VERHEIJ H. (1997). Scour Manual

Figura 1.3 Profundización del lecho en la curva de un río

El transporte y la acumulación de sedimentos durante una crecida dependen de la duración de ésta y de la calidad y cantidad de sedimentos disponibles. Los riesgos directos sobrevienen cuando se llevan a cabo obras dentro del lecho del río o en las riberas adyacentes, que pueden ser parcial o totalmente dañadas. Los riesgos indirectos se relacionan con el incremento de la inestabilidad y movilidad del cauce a consecuencia de la descarga de sedimentos en el lecho y en la llanura baja de desbordes del río. En general, los factores que afectan la migración y la divagación de un cauce son:

- Geomorfología de la corriente.
- Localización de las obras hidráulicas en la zona.
- Características del flujo.
- Características del material del lecho y las bancas.

B.1. CORTE DE MEANDROS:

Otro problema se presenta cuando el flujo tiende a cortar el meandro lo cual puede ocurrir por procesos naturales o antrópicos. La inestabilidad del cauce significa cambios en la geometría, que ocurren para intentar restablecer condiciones de equilibrio que se pierden durante crecientes. En el terreno, esto se refleja en un desplazamiento, captura o modificación de los meandros, que en algunos casos generan rectificación del cauce y aparición de madres viejas, que con el tiempo empiezan a ser utilizadas para diferentes fines como agrícolas, habitacionales, recreacionales, etc. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en condiciones de crecida, el río puede reactivar cauces abandonados y modificar o remodelar su trazado, causando problemas si es que estas zonas han sido ocupadas, olvidando la gente lo que es la memoria del agua, al tender los ríos a recuperar sus antiguos cauces.



**Figura 1.4 Río
Tumbes con Corte
natural**

C. SOCAVACIÓN A LARGO PLAZO Y AGRADACIÓN

La socavación del cauce a largo plazo se refiere a la tendencia a la degradación que el lecho presenta a lo largo del tiempo debido a causas externas, ya sean naturales o inducidas por el hombre, pero sin tenerse en cuenta eventos extremos o crecientes. Por no ser de naturaleza transitoria, o sea que no se presenta durante crecientes, la socavación a largo plazo se considera de tipo permanente. Algunos autores la llaman socavación general a largo plazo pues se manifiesta en grandes extensiones a lo largo del cauce. El fenómeno contrario es la agradación.

La elevación del lecho del cauce cambia a través del tiempo debido a causas naturales o artificiales como son: construcción de presas, corte natural o artificial de meandros, canalizaciones, cambios en el control aguas abajo (presas, formaciones rocosas, tributarios o confluencias), extracción de materiales, desviación de agua desde o hacia el cauce, movimientos naturales del cauce, modificaciones en el uso del suelo de la cuenca de drenaje (urbanización, deforestación, etc.).

La Figura 1.5 a) esquematiza el efecto de la extracción de materiales de un cauce que produce discontinuidad y descenso del lecho, intersección de sedimentos provenientes de aguas arriba, aumento de la pendiente del cauce hacia aguas arriba al tratar de empatar el fondo del hueco dragado con el lecho original, disminución de la pendiente del cauce hacia aguas abajo al tratar de empatar el fondo del hueco dragado con el lecho original. Figura 1.5 b) es una foto correspondiente a la explotación de materiales que se realiza en un río.

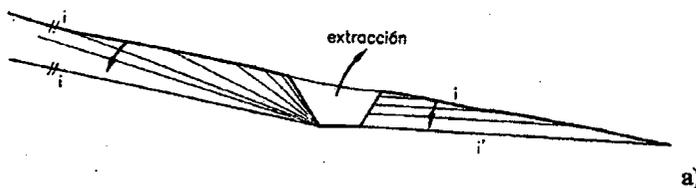


Figura 1.5 a) Efecto de la extracción de sedimentos en un río.

c) Extracción de sedimentos
Lagasse, O. F., Schall J. D., Richardson, E. V.
(2001).

La degradación del cauce hace que el fondo se profundice, a lo que también se llama incisión. Este proceso puede llevar a cambios en el ancho de la sección transversal que usualmente se amplía en cauces aluviales, tal como se ilustra en la siguiente Figura 1.6.

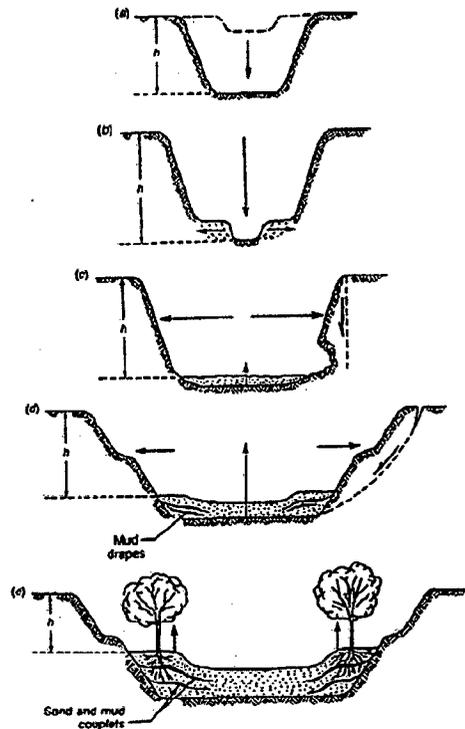


Figura 1.6. Evolución de los cauces incisados.
Lagasse, O. F., Schall J. D., Richardson, E. V. (2001).

D. SOCAVACIÓN GENERAL

La socavación general es el descenso generalizado del fondo del río como consecuencia de una mayor capacidad de la corriente para arrastrar y transportar sedimentos del lecho durante crecientes. Ocurre a todo lo largo del río y no necesariamente se debe a factores humanos como la construcción de un puente o de otra estructura. La socavación general difiere de la socavación a largo plazo, que es permanente, puesto que al ocurrir durante crecientes se considera de carácter transitorio o cíclico.

El descenso del lecho puede ser uniforme o no uniforme a través de la sección transversal. El fenómeno es todavía poco conocido siendo lo único seguro las medidas de campo pues los métodos de cálculo son apenas una lejana representación del comportamiento físico que ocurre en la realidad.

La socavación general es debida principalmente a la contracción del flujo ya sea en sentido vertical y horizontal, que ocasiona la remoción de material a través de todo o casi todo el ancho del cauce. La socavación general es causada principalmente por la disminución del ancho del flujo ya sea por causas naturales o artificiales (puentes) o por el cambio en el control aguas abajo de la elevación de la superficie del agua.

La causa más común de socavación por contracción es la reducción de la sección del flujo por los terraplenes de acceso a un puente y en menor grado por las pilas que bloquean parte de la sección recta. Diques para control de inundaciones o estructuras transversales como espolones construidos en el cauce, también son causantes de contracción lateral. La obstrucción es grande si las estructuras se proyectan hasta el cauce principal o si interceptan amplias zonas de inundación. La disminución en la sección mojada implica aumento de la velocidad media del agua y del esfuerzo cortante. Por lo tanto, se presenta aumento en las fuerzas erosivas en la contracción ocasionando que la cantidad de material del lecho que es removido supere al que es transportado hacia el sitio. El aumento en velocidad produce el incremento en el transporte de material haciendo que el nivel del lecho descienda, que la sección mojada aumente, por lo que la velocidad y el esfuerzo cortante nuevamente disminuyen, haciendo que el equilibrio del río se vaya restableciendo con el tiempo. Esta situación de equilibrio se da cuando el material que es removido es igual al material que es transportado hasta el sitio en consideración.

La Figura 1.6 a) ilustra el efecto de la contracción de un cauce debido a los estribos de un puente pues parte del agua, que sin puente pasaría por las laderas de inundación, con puente se concentra para pasar solo por su abertura.

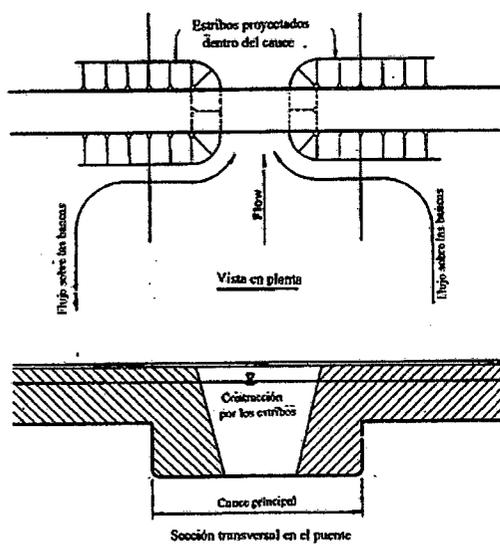


Figura 1.6 a) Contracción debido a estribos que se proyectan dentro del cauce principal.

Algunas condiciones que producen socavación general están asociadas con particularidades de la morfología del cauce como cauces trenzados que tendrán huecos de socavación mas profundos cuando dos cauces se unen aguas abajo de una isla. Otros factores que causan socavación por contracción son:

- Contracciones naturales de la corriente.
- Islas o barras de sedimentos en el puente, aguas arriba o aguas abajo.
- Acumulación de basuras o hielo.
- Crecimiento de vegetación en el cauce, en las bancas, o en la zona de inundación.

E. SOCAVACIÓN LOCAL

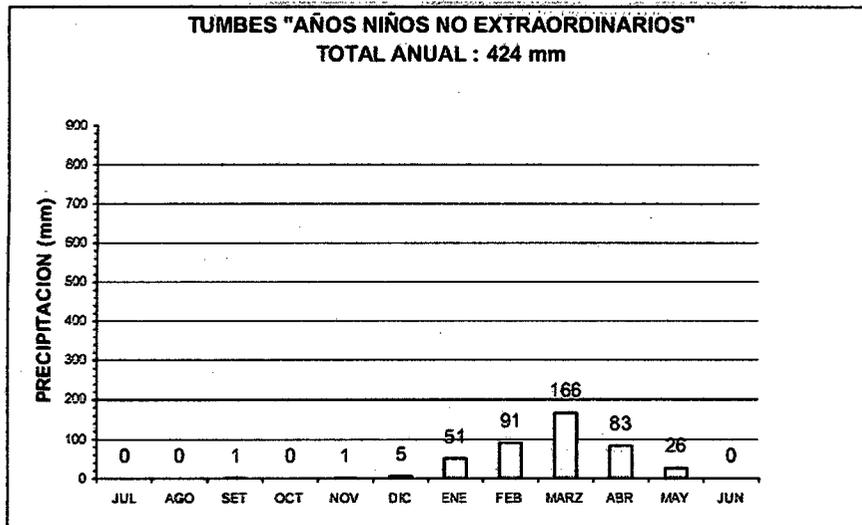
La socavación local se refiere a la remoción del material que circunda pilas y estribos de un puente, o que se presenta aguas abajo de presas vertedoras y alcantarillas. Es causada por el cambio de dirección de las líneas de corriente, la turbulencia, la aceleración del flujo y los vórtices resultantes inducidos por la obstrucción al flujo.

ANEXO 03

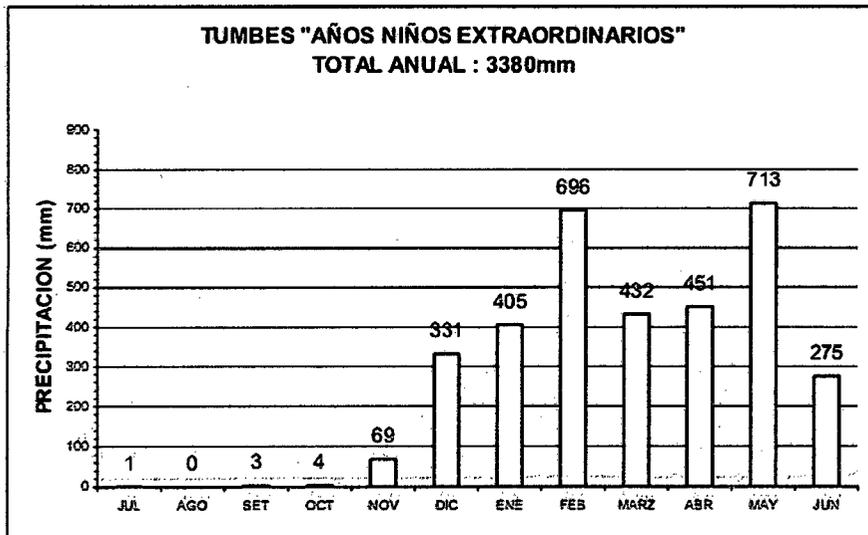
FUENTE: Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango - Tumbes

PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA TUMBES DURANTE EL FENÓMENO EL NIÑO

Jun 2000 – Jul 2001 “Niño no extraordinario”, datos de la precipitación total mensual en mm:



Jun 1997 – Jul 1998 “Niño extraordinario”, datos de la precipitación total mensual en mm:



ANEXO 04

FUENTE: Dirección Regional de Salud Tumbes

EFFECTOS DE EL NIÑO EN LA SALUD AÑOS 1997 -98

CONSECUENCIA DEL COLAPSO DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO – CIUDAD DE TUMBES

En este estudio se considera como principal efecto secundario del colapso de los S A y A, aquel referido a la salud de la población. El desabastecimiento de agua, falta de servicio de alcantarillado, la generación de pozas y lagunas a causa de las inundaciones y colapso de S A y A, entre otras razones se ven reflejadas en el número de casos atendidos por problemas de salud en la ciudad de Tumbes.

I PRINCIPALES DAÑOS A LA SALUD (POTENCIAL EPIDÉMICO)

1. MALARIA

La precipitaciones pluviales ocasionan desbordes de ríos y quebradas, inundación de localidades ubicadas en zonas bajas. Esta situación determina la formación de acumulaciones temporales de grandes espejos de agua así como el crecimiento de vegetación abundante que se constituirán en criaderos y hábitat del zancudo anópheles, el vector transmisor de la malaria.

El incremento del vector y la presencia de casos de malaria potencialmente pueden desencadenar transmisión en áreas de mayor proliferación del vector como Aguas Verdes, Zarumilla, TUMBES, Corrales, San Juan de la Virgen, entre otras. Se esperaría el incremento de casos luego de 3 semanas de producido el Fenómeno El Niño.

El riesgo epidémico es alto dadas las condiciones antes descritas. En 1998 luego del FEN la casuística de malaria se incrementó exponencialmente pasando de 561 casos en el año 1,997 a 32,982 en el año 1998.

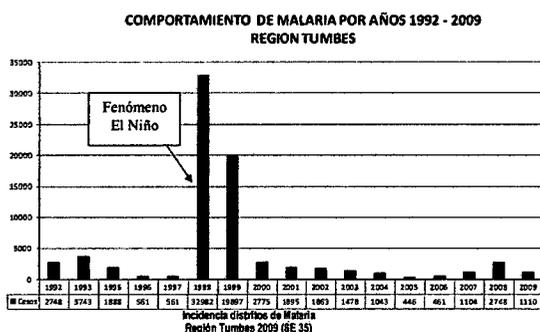


Figura N 1 Casos de Malaria por años desde 1992 – 2009. Se puede observar el aumento de casos en los años del Niño 97-98.

La edad promedio de los casos de malaria es de 29 años con una desviación estándar de +/-16 años. El 63% de los casos corresponden al grupo etáreo comprendido entre los 20 a 64 años y el grupo de 10 a 19 años aporta el 25% de los casos. El 58 % de los casos corresponden al sexo masculino.

2. DENGUE

Las precipitaciones pluviales activan criaderos potenciales de *Aedes aegypti* representados por cualquier recipiente que puede almacenar agua de lluvias.

La interrupción temporal del servicio de agua domiciliaria asociado a que en toda la región el servicio de agua potable es restringido y por un máximo de dos horas diarias en algunas localidades, obliga a almacenar agua en mayor número de recipientes por más tiempo, los cuales al no ser lavados o tapados adecuadamente también se constituyen en criaderos de *Aedes*.

Durante todo el año existe transmisión de dengue en áreas fronterizas del país vecino hacia el cual migran por razones diversas gran cantidad de pobladores de Tumbes y tienen riesgo de enfermar y diseminar (al convertirse en reservorios) el dengue a diferentes ámbitos de la región al estar presente el vector en altas densidades.

El riesgo epidémico de dengue es alto, al estar presente el vector en casi toda la región y haberse confirmado la presencia de casos de dengue, además que en la región han circulado los cuatro serotipos de dengue, siendo esto factor preponderante para la presentación de casos de dengue hemorrágico. Las características socioeconómicas propias de la región favorecen el riesgo.

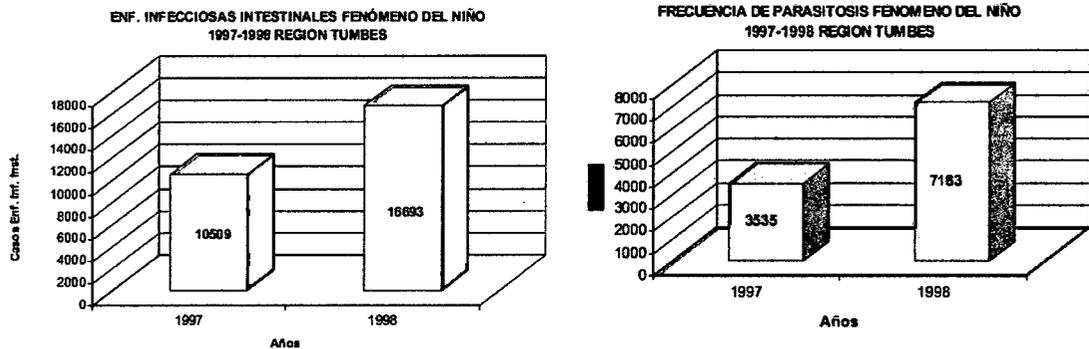
3. ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA

Los eventos lluviosos intensos como los que se presentan en un FEN origina restricciones en el abastecimiento del agua intra-domiciliaria. Así mismo en diferentes puntos de la región colapsa el sistema de desagüe produciéndose roturas y contaminación del ambiente en general y en particular en los lugares donde se expenden alimentos crudos y preparados.

Las altas temperaturas y humedad que se presentan, generan condiciones para el rápido deterioro de alimentos como quesos, comidas, refrescos y

otros alimentos preparados que se expenden ambulatoriamente y que por la estación tienen mayor demanda.

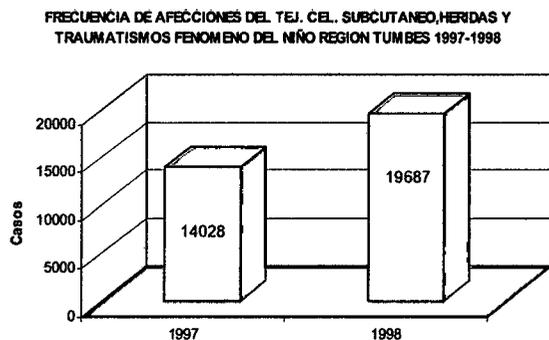
Durante el fenómeno El Niño 1997-1998 las enfermedades infecciosas intestinales se incrementaron en un 58,84% y las parasitosis en un 103%.



El riesgo epidémico de EDAS e intoxicaciones alimentarias es alta, al deteriorarse las ya deficientes condiciones de saneamiento básico.

4. TRASTORNOS DERMATOLÓGICOS – CONJUNTIVITIS

Los trastornos dermatológicos de etiología infecciosa o atópica constituyen eventos de relativa importancia en la población. Los eventos lluviosos intensos e inundaciones generan condiciones de insalubridad, deterioro de los sistemas de agua y alcantarillado, condiciones que potencialmente pueden relacionarse con trastornos dermatológicos y oftalmológicos principalmente de tipo infeccioso. Las heridas y traumatismos también constituyen eventos de importancia durante un Fenómeno del Niño.



Durante el fenómeno del niño de 1997-1998 las afecciones de TCSC, heridas y traumatismos se incrementaron en un 40,34 %.

El potencial epidémico por las condiciones antes señaladas es moderado a alto, dependerá de la magnitud del evento y su impacto en la comunidad y los servicios básicos.

ANEXO 05

PANEL FOTOGRÁFICO TUMBES ABRIL-JULIO 2010

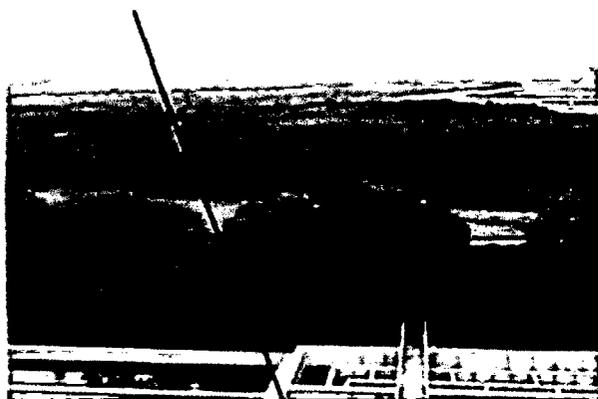


Figura N° 1 La colmatación de la cuenca baja del río Tumbes ha alejado la bocatomía de la PTAP. Se usa un canal para transportar el agua.

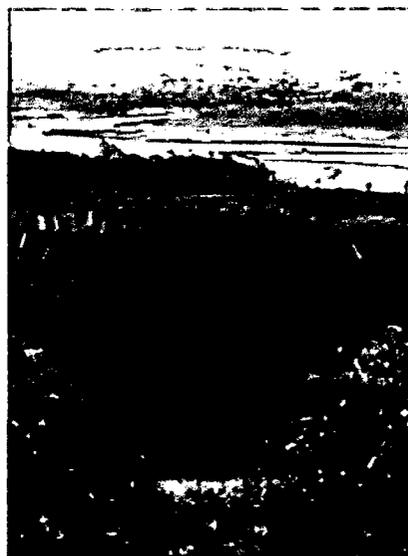


Figura N° 2 Otra vista del río Tumbes desde la PTAP de Tumbes.

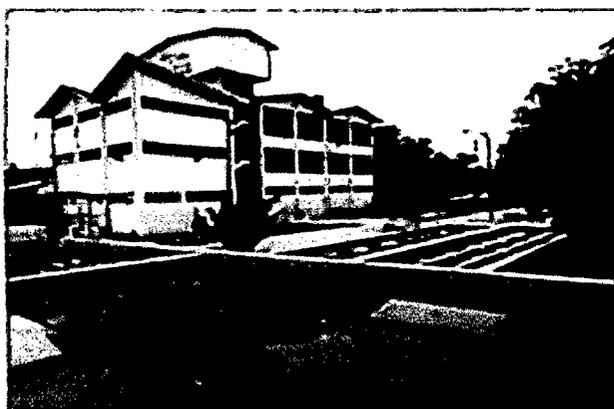


Figura N° 3 PTAP de Tumbes.



Figura N° 4 En la PTAP de Tumbes.



Figura N° 5 Edificio de la PTAP de Tumbes.



Figura N° 6 Bombas en la PTAP de Tumbes



Figura N° 7 Quebrada de Tumpis en Tumbes: Durante el Niño 1982-83, la severa inundación desenterró las tuberías de agua y desagüe. El canal vía de concreto protege en 2010 las tuberías de la erosión. Vista oeste-este.



Figura N° 8 Quebrada Tumpis en su extremo; aguas arriba donde el terreno es plano y la amenaza de erosión es mínima.



Figura N° 9 Quebrada cubierta de vegetación: Sector norte de Tumbes



Figura N° 10 Acantilados que pueden deslizarse si se humedece por lluvias.

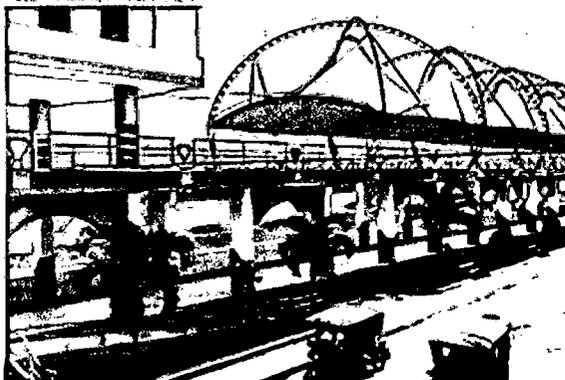


Figura N° 11 Malecón sobre el río Tumbes que estaba amenazado por erosión en su base. La colmatación del río ha depositado material que lo defiende de erosión.



Figura N° 12 Tanque elevado en edificio de departamentos apoyado directamente sobre muros de concreto armado.

ANEXO 06

FUENTE: Aguas de Tumbes S.A. – ATUSA

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS Y EVALUACIÓN REALIZADA – 2007- EN LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN

El Sistema de Tratamiento de aguas residuales no es óptimo y se encuentran en mal estado de funcionamiento, así lo demuestran los resultados de los mostrados en el siguiente cuadro:

PARAMETROS	UNIDAD	ENTRADA AFLUENTE	SALIDA EFLUENTE	EFICIENCIA (%)
DBO ₅	mg/l	105	80	23.8
DQO	mg/l	159	132	17
SST	mg/l	70	28	60
Sólidos sedimentables	ml / l / h	1.5	0.1	93.3
Coliformes Totales	NMP/100 ml	49x10 ⁶	13x10 ⁷	0
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	14x10 ⁶	49x10 ⁶	0
T° temperatura	°C	26	26	—
pH	—	7.3	7.4	—
Fósforo Total	mg/l	4.49	5.96	—
DQO/DBO		1.51	1.65	—
Aceites y grasas	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.

Los resultados de la eficiencia de remoción no son óptimos, ya que la eficiencia de remoción de DBO, llega al 24% a la salida de la planta, y una eficiencia a la salida de una laguna primaria debe estar entre el 25% a 30 % de remoción según el RNC OS.090.

Los coliformes fecales a la salida de la planta se encuentran bastante elevados. No se tiene ninguna remoción de estos organismos patógenos a pesar de contar con un tratamiento secundario, por lo cual el efluente no puede ser utilizado.

El cuerpo receptor del agua residual tratada es un canal de regadío (aguas abajo), el cual desemboca en el dren denominado Puerto Rico, y éste desemboca en el mar.

Los análisis realizados en el año 2007 indican que la calidad del agua del cuerpo receptor no se encuentra apta para el riego, ya que la concentración de coliformes totales y fecales sobrepasa los límites máximos permisibles. Esto según la OMS, que en el año 2006 reafirmó la normativa siguiente. Tabla 1 y Tabla 2:

Tabla 1. Recomendaciones de la OMS para reutilización de aguas residuales en riego agrícola.

Indicadores microbiológicos.	Hortalizas y frutas crudas.	Cereales y cultivos para conservas.
Nemátodos intestinales (media aritmética huevos/L).	< 1	< 1
Coliformes fecales (media geométrica/100 mL).	< 1 000	
Tratamiento orientativo.	Estanques de estabilización ¹ o equivalente.	Estanques de estabilización ¹ o equivalente.
Grupo expuesto.	Trabajador, consumidor.	Trabajador.

1. Cuatro a seis estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 días a temperatura > 20 °C.

Tabla 2. Normativa de la Agencia de protección ambiental (EE. UU) sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola.

Tipo de reutilización	Tratamiento	Calidad	Distancia de seguridad
Riegos de cultivos comestibles no procesados comercialmente.	Secundario Filtración Desinfección	pH = 6 - 9 < 10 mg/L DBO < 2 UNT 0 CF/100 mL 1 mg/L ClO ₂	15 m a fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.
Riego de cultivos que se consumen procesados.	Secundario Desinfección	pH = 6 - 9 < 30 mg/L DBO < 30 mg/L SS 200 CF/100 mL 1 mg/L ClO ₂	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.
Riego de pastos de animales productores de leche y cultivos industriales.	Secundario Desinfección	pH = 6 - 9 < 30 mg/L DBO < 30 mg/L SS 200 CF/100 mL 1 mg/L ClO ₂	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.

DBO Demanda bioquímica de oxígeno. UNT Unidades nefelométricas de turbiedad. SS Sólidos suspendidos. CF Coliformes fecales.

Si el funcionamiento de las lagunas se optimiza a un sistema en paralelo, se incrementaría la capacidad de tratamiento para la descarga que actualmente recibe.

Actualmente las lagunas reciben mucha carga, dado que el suministro de agua potable se ha incrementado. Además, éstas no son operadas ni reciben mantenimiento alguno, trayendo como consecuencia el desarrollo de vegetación en todo su perímetro.

ANEXO 07

FUENTE: Proyecto Especial Binacional Puyango - Tumbes

REGISTRO DE CAUDALES MEDIOS EN EL RÍO TUMBES, ESTACIÓN EL TIGRE. AÑOS 1963 – 2010

Estación: El Tigre	Departamento: Tumbes	Longitud 80°27' W
Cuenca: Río Tumbes	Provincia: Tumbes	Latitud 3°46' S
	Distrito: San Jacinto	Altitud: 40msnm

AÑO	DESCARGAS MEDIAS MENSUALES (m ³)												DESCARGA MEDIA ANUAL (m ³)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1963	63.2	173.8	310.0	165.0	63.3	31.7	21.2	16.1	14.1	13.4	12.9	17.3	75.17
1964	52.0	72.9	113.0	279.0	137.0	55.9	31.8	22.8	20.3	20.4	19.1	19.4	70.30
1965	23.5	43.9	191.5	379.5	242.9	54.5	36.1	35.0	29.4	26.7	32.6	37.8	94.45
1966	140.7	193.6	185.7	195.3	141.7	57.3	33.8	23.1	17.5	20.3	16.7	16.3	86.83
1967	59.2	258.7	229.0	108.1	61.0	38.6	27.2	19.6	12.8	11.8	10.8	8.7	70.46
1968	25.6	50.5	152.4	87.1	48.3	35.6	14.2	9.7	8.8	10.7	7.7	8.7	38.28
1969	36.6	109.8	227.3	432.0	141.3	64.0	44.2	34.6	22.1	18.6	17.3	18.9	97.23
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0	85.64
1971	120.2	283.3	497.5	366.3	136.2	77.7	49.3	32.8	27.2	23.0	19.9	39.2	139.38
1972	92.3	184.9	626.9	474.5	229.2	137.6	70.1	42.7	34.2	30.5	27.0	77.7	168.97
1973	151.6	353.7	459.1	352.9	187.8	111.1	57.7	35.6	26.4	19.3	17.5	28.1	150.07
1974	60.5	208.2	256.0	126.7	130.4	63.1	41.3	23.7	18.4	23.8	21.2	51.9	85.43
1975	73.9	250.9	546.6	413.0	204.2	108.2	57.5	35.2	31.4	35.7	30.8	28.5	151.33
1976	96.5	340.6	420.6	288.8	172.1	77.5	41.1	33.7	24.3	18.4	17.2	22.1	129.41
1977	71.2	205.9	181.9	202.0	106.8	43.1	33.6	23.9	21.2	15.5	13.1	16.9	77.93
1978	44.9	50.5	82.8	130.4	77.2	43.8	25.0	17.0	14.3	12.4	11.7	18.2	44.02
1979	42.1	104.3	295.9	172.5	78.4	55.3	31.2	23.3	20.7	15.0	14.8	15.6	72.43
1980	25.4	150.4	95.8	168.2	83.9	44.4	28.6	20.3	16.2	15.8	15.6	37.8	58.53
1981	53.4	194.6	386.6	176.1	85.5	41.0	29.6	18.8	17.2	14.6	13.8	30.9	88.51
<u>1982</u>	<u>55.6</u>	<u>160.6</u>	<u>120.0</u>	<u>156.2</u>	<u>73.8</u>	<u>49.7</u>	<u>28.0</u>	<u>19.4</u>	<u>16.2</u>	<u>29.3</u>	<u>98.4</u>	<u>402.5</u>	<u>100.81</u>

 Datos de año – “Niño extraordinario”

AÑO	DESCARGAS MEDIAS MENSUALES (m ³)												DESCARGA MEDIA ANUAL (m ³)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1983	1053.0	951.5	1244.2	955.9	925.6	615.7	223.6	58.7	46.0	43.5	35.8	86.7	520.02
1984	106.4	423.6	430.2	395.0	175.1	79.8	51.5	35.7	29.9	33.2	28.5	50.4	153.28
1985	113.4	108.9	155.1	100.0	52.8	32.8	22.7	17.4	15.0	12.4	11.7	35.7	56.49
1986	138.2	254.6	155.4	317.2	124.5	52.6	33.0	22.3	16.5	13.1	26.1	25.6	98.26
1987	391.0	613.9	693.4	611.3	493.1	136.1	78.2	57.5	40.5	39.0	28.4	21.5	266.99
1988	95.6	244.2	133.0	127.0	84.3	45.3	23.8	17.6	17.7	15.3	17.4	26.1	70.61
1989	151.6	549.4	519.2	299.8	101.6	60.1	36.7	24.4	19.2	21.0	14.6	16.4	151.17
1990	33.6	102.9	71.9	156.5	100.2	45.5	26.6	18.6	14.4	14.7	13.4	14.7	51.08
1991	36.4	89.1	219.9	134.0	74.1	40.8	26.0	17.6	13.2	11.6	12.0	22.9	58.13
1992	52.6	152.4	517.8	470.6	253.4	88.0	42.5	26.0	20.0	14.6	13.6	15.3	138.90
1993	43.7	291.9	476.4	495.2	197.2	74.0	44.3	28.2	21.3	18.8	22.9	50.7	147.05
1994	194.0	347.9	320.0	324.4	159.1	73.7	42.0	26.3	20.7	17.3	16.8	31.6	131.15
1995	55.6	141.7	192.7	145.0	87.3	48.4	30.0	18.8	13.2	11.3	16.2	22.7	65.24
1996	114.0	184.4	273.4	148.0	74.1	42.5	26.8	16.8	11.7	11.1	8.2	9.3	76.69
1997	17.3								18.3	23.4	88.3	299.9	
1998	381.7	573.2	587.1	622.3	269.2	112.6	53.0	34.3	26.2	20.0	19.5	16.6	226.31
1999	48.3	333.0	459.4	221.0	181.3	71.7	48.1	31.9	25.4	20.7	18.7	113.2	131.06
2000	90.2	227.4	396.6	374.1	210.7	68.3	52.7	38.8	29.7	23.8	15.2	19.7	128.93
2001	109.8	136.5	410.0	286.3	95.3	53.9	39.4	25.9	17.3	14.1	16.5	19.1	102.02
2002	43.8	127.3	501.5	449.9	121.7	57.9	35.4	24.0	16.7	16.4	19.5	33.3	120.62
2003	46.5	122.2	142.5	157.3	77.4	45.7	30.1	19.9	14.6	12.6	12.5	26.9	59.00
2004	46.1	145.7	119.5	174.9	77.0	46.5	27.5	17.8	14.9	16.0	16.6	25.6	60.68
2005	30.3	90.7	265.0	141.6	74.2	40.1	25.9	17.6	13.4	11.9	11.0	17.3	61.58
2006	47.1	256.2	388.8	294.8	74.0	42.6	27.5	18.3	14.6	11.6	23.2	86.6	107.11
2007	94.9	120.3	255.8	232.6	101.0	60.6	37.4	24.0	17.0	14.2	14.8	17.6	82.51
2008	112.0	491.2	534.2	399.8	208.9	79.9	49.8	35.0	23.5	21.6	22.3	28.5	167.23
2009	208.1	415.0	384.5	223.8	160.9	65.7	40.7	29.8	21.4	16.1	13.8	23.8	133.63
2010	72.4	184.5	357.8										

Datos de año – “Niño extraordinario”